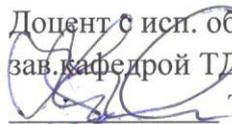


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Доцент с исп. обязанностей
зав. кафедрой ТД


Т.О. Сошина
«28» 02 2023 г

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
обучающихся по учебной дисциплине**

Приложение к рабочей программе учебной дисциплины

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

основной профессиональной образовательной программы
подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений
(базовая подготовка)

Фонд оценочных средств разработан на основе:

- - Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «10» января 2018 г. № 2 по специальности 08.02.01 *Строительство и эксплуатация зданий и сооружений*;

- рабочей программы учебной дисциплины «Техническая механика», утвержденной 28.02.2023 г.;

Разработчик:

преподаватель А.И. Жалко

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании предметной (цикловой) комиссии *Технических дисциплин* (ПЦК ТД) «17» февраля 2023 г., протокол № 6.

Председатель ПЦК ТД



Л.Н. Гусельникова

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

В результате освоения учебной дисциплины **Техническая механика** обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС по специальности СПО *08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений базовой* подготовки следующими результатами обучения: знаниями, умениями, которые формируют общие и профессиональные компетенции.

Код ОК¹, ПК, ЛР	Умения	Знания
ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 04 ПК 1.1 ПК 1.2 ЛР 6 ЛР 7 ЛР 9 ЛР 10 ЛР 13 ЛР 16 ЛР 19	– выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений; – определять аналитическим и графическим способами усилия, опорные реакции балок, ферм, рам; – определять усилия в стержнях ферм; – строить эпюры нормальных напряжений, изгибающих моментов и др.	– законы механики деформируемого твердого тела, виды деформаций, основные расчеты; – определение направления реакции связи; – определение момента силы относительно точки, его свойства; – типы нагрузок и виды опор балок, ферм, рам; – напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой; – моменты инерции простых сечений элементов и др.

Перечень общих компетенций элементы, которых формируются в рамках учебной дисциплины:

Код ОК	Наименование ОК
ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по правовой и финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях
ОК 04	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде

Перечень профессиональных компетенций элементы, которых формируются в рамках учебной дисциплины:

Код ПК	Наименование ПК
ПК 1.1	Подбирать наиболее оптимальные решения из строительных конструкций и материалов, разрабатывать узлы и детали конструктивных элементов зданий и сооружений в соответствии с условиями эксплуатации и назначениями

¹Внесены изменения в формулировки общих компетенций на основании приказа Минпросвещения России от 03.07.2024 № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты среднего профессионального образования»

ПК 1.2	Выполнять расчеты и конструирование строительных конструкций
---------------	--

После изучения учебной дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие личностные результаты:

Код ЛР	Характеристика ЛР
ЛР 6	Способный ставить перед собой цели под для решения возникающих профессиональных задач, подбирать способы решения и средства развития, в том числе с использованием информационных технологий
ЛР 7	Содействующий формированию положительного образа и поддержанию престижа своей профессии
ЛР 9	Способный выдвигать альтернативные варианты действий с целью выработки новых оптимальных алгоритмов; позиционирующий себя в сети как результативный и привлекательный участник трудовых отношений
ЛР 10	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ЛР 13	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие в условиях развития информационных технологий, применяемых в различных отраслях народного хозяйства
ЛР 16	работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами
ЛР 19	проявлять доброжелательность к окружающим, деликатность, чувство такта и готовность оказать услугу каждому кто в ней нуждается

1 МЕТОДЫ И ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1 Для текущего и рубежного контроля освоения дисциплинарных компетенций используются следующие методы:

- Устный опрос
- Тестирование
- Наблюдение и оценка результатов практических занятий
- Экспертная оценка результатов самостоятельной работы
- Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины

2 Формой промежуточной аттестации по учебной дисциплине является экзамен, который проводится в сроки, установленные учебным планом и определяемые календарным учебным графиком образовательного процесса.

Таблица 1 – Методы и формы контроля и оценивания элементов учебной дисциплины

Элемент учебной дисциплины	Методы и формы контроля и оценивания		
	Текущий контроль	Рубежный контроль	Промежуточная аттестация
Раздел 1 Теоретическая механика			
Тема 1.1 Основные понятия	Устный опрос Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Тестирование	
Тема 1.2 Пара сил. Момент пары сил, величина, знак. Плоская система произвольно расположенных сил.	Устный опрос Наблюдение и оценка результатов практических занятий Экспертная оценка результатов самостоятельной работы Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Защита отчетов по практическим занятиям	
Тема 1.3 Пространственная система сил	Устный опрос Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Тестирование	
Тема 1.4 Центр тяжести тела	Устный опрос Наблюдение и оценка результатов практических занятий	Защита отчетов по практическим занятиям	

	Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины		
Тема 1.5 Устойчивость равновесия	Устный опрос Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Тестирование	
Раздел 2 Сопротивление материалов			
Тема 2.1 Основные положения	Устный опрос Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Тестирование	
Тема 2.2 Растяжение и сжатие	Устный опрос Наблюдение и оценка результатов практических занятий Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Защита отчетов по практическим занятиям	
Тема 2.3 Практические расчёты на срез и смятие	Устный опрос Наблюдение и оценка результатов практических занятий Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Защита отчетов по практическим занятиям	
Тема 2.4 Геометрические характеристики плоских сечений	Устный опрос Наблюдение и оценка результатов практических занятий Экспертная оценка результатов самостоятельной работы Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Защита отчетов по практическим занятиям	
Тема 2.5 Поперечный изгиб прямого бруса	Устный опрос Наблюдение и оценка результатов практических занятий	Защита отчетов по практическим занятиям	

	<p>Экспертная оценка результатов самостоятельной работы</p> <p>Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины</p>		
<p>Тема 2.6</p> <p>Сдвиг и кручение бруса круглого сечения</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Наблюдение и оценка результатов практических занятий</p> <p>Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины</p>	<p>Защита отчетов по практическим занятиям</p>	
<p>Тема 2.7</p> <p>Устойчивость центрально сжатых стержней</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Наблюдение и оценка результатов практических занятий</p> <p>Экспертная оценка результатов самостоятельной работы</p> <p>Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины</p>	<p>Защита отчетов по практическим занятиям</p>	
<p>Раздел 3 Статика сооружений</p>			
<p>Тема 3.1</p> <p>Основные положения</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины</p>	<p>Тестирование</p>	
<p>Тема 3.2</p> <p>Статически определимые плоские рамы</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Наблюдение и оценка результатов практических занятий</p> <p>Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины</p>	<p>Защита отчетов по практическим занятиям</p>	
<p>Тема 3.3</p> <p>Трехшарнирные арки</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины</p>	<p>Тестирование</p>	

Тема 3.4 Статически определимые плоские фермы	Устный опрос Наблюдение и оценка результатов практических занятий Экспертная оценка результатов самостоятельной работы Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Защита отчетов по практическим занятиям	
Тема 3.5 Определение перемещений в статически определимых плоских системах	Устный опрос Наблюдение и оценка результатов практических занятий Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины	Защита отчетов по практическим занятиям	
Форма контроля			Экзамен

Текущий контроль

Текущий контроль усвоения материала проводится в форме устного опроса обучающихся по темам учебной дисциплины.

Наблюдение и оценка результатов практических занятий

Типовые темы практических занятий приведены в РПД. Комплект заданий на практические занятия приведены в МУ по ПЗ по учебной дисциплине.

Защита отчетов по практическим занятиям проводится индивидуально каждым обучающимся в форме собеседования.

Экспертная оценка результатов самостоятельной работы

Задания для самостоятельной работы приведены в МУ по СРС по учебной дисциплине.

Качественная оценка определения научного кругозора, степенью овладения методами теоретического исследования и развития самостоятельности мышления обучающегося.

Способом проверки качества организации самостоятельной работы обучающихся является контроль:

— корректирующий (может осуществляться во время индивидуальных консультаций по поводу выполнения формы самостоятельной работы);

— констатирующий (по результатам выполнения специальных форм самостоятельной работы);

- самоконтроль (осуществляется самим обучающимся);
- текущий (в ходе выполнения различных форм самостоятельной работы, установленных рабочей программой);
- промежуточный (оценка результата обучения как итога выполнения обучающимся всех форм самостоятельной работы).

Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины

Осуществляется как наблюдение за процессом деятельности обучающегося в режиме реального времени. Является качественной оценкой освоения учебной дисциплины, учитываемой при промежуточной аттестации.

Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений проводится в формах защиты отчетов по практическим занятиям, тестирования после изучения разделов и тем учебной дисциплины.

2 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ПРОВЕРКЕ ПРИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

В результате промежуточной аттестации по учебной дисциплине осуществляется комплексная проверка следующих умений и знаний:

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Показатели оценки результатов
Уметь:	
– выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений;	– выполняет расчеты элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость
– определять аналитическим и графическим способами усилия, опорные реакции балок, ферм, рам;	– определяет усилия и опорные реакции балок, ферм и рам, как аналитическим, так и графическим способами
– определять усилия в стержнях ферм;	– определяет усилия в стержнях ферм
– строить эпюры нормальных напряжений, изгибающих моментов и др.	– строит эпюры нормальных напряжений и изгибающих моментов по результатам расчетов
Знать:	
– законы механики деформируемого твердого тела, виды деформаций, основные расчеты;	– перечисляет законы механики деформируемого твердого тела; – объясняет происхождение деформации и перечисляет их виды
– определение направления реакции связи;	– определяет напряжения реакций и связи
– определение момента силы относительно точки, его свойства;	– определяет момент силы относительно точки на примерах и перечисляет их свойства
– типы нагрузок и виды опор балок, ферм, рам;	– перечисляет типы нагрузок и виды опор балок, ферм и рам
– напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой;	– определяет напряжения реакции и связи
– моменты инерции простых сечений элементов и др.	– вычисляет моменты инерции в простых строительных элементах

3 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Критерии оценки устного ответа

Критерии оценки	Оценка
обучающийся полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка	Отлично
обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого	Хорошо
обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, 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 в языковом оформлении излагаемого	Удовлетворительно
обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «2» отмечает такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом	Неудовлетворительно

Критерии оценки практических занятий

1 активность работы на практическом занятии (выполнение всех заданий, предложенных преподавателем);

2 правильность ответов на вопросы (верное, четкое и достаточно глубокое изложение понятий, идей, и т.д.);

3 полнота и одновременно лаконичность ответа (ответ должен отражать основные теории и концепции по раскрываемому вопросу, содержать их критический анализ и сопоставление);

4 умение формулировать собственную точку зрения, грамотно аргументировать свою позицию по раскрываемому вопросу;

5 культура речи (материал должен быть изложен хорошим профессиональным языком, с грамотным использованием соответствующей системы понятий и терминов)

Критерии оценки практического задания

Критерии оценки	Оценка
<ul style="list-style-type: none"> – практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя – показан высокий уровень знания изученного материала по заданной теме – проявлен творческий подход – умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие практико-ориентированные выводы – работа выполнена без ошибок и недочетов или допущено не более одного недочета 	Отлично
<ul style="list-style-type: none"> – практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя – показан хороший уровень владения изученным материалом по заданной теме – работа выполнена полностью, но допущено в ней: <ul style="list-style-type: none"> а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов 	Хорошо
<ul style="list-style-type: none"> – практическое задание выполнено в установленный срок с частичным использованием рекомендаций преподавателя – продемонстрированы минимальные знания по основным темам изученного материала – выполнено не менее половины работы или допущены в ней: <ul style="list-style-type: none"> а) не более двух грубых ошибок; б) не более одной грубой ошибки и одного недочета; в) не более двух-трех негрубых ошибок; г) одна негрубая ошибка и три недочета; д) при отсутствии ошибок, 4-5 недочетов 	Удовлетворительно
<ul style="list-style-type: none"> – число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «удовлетворительно» или если правильно выполнено менее половины задания – если обучающийся не приступал к выполнению задания или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий 	Неудовлетворительно

Критерии оценивания тестов

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
100 - 90	89 - 75	74 - 51	50 и менее

Критерии оценивания результатов самостоятельной работы

При экспертной оценке результатов самостоятельной работы учитываются такие критерии:

- Глубина освоения знаний
- Источники информации
- Качество выполнения работы
- Самостоятельность изложения
- Творчество и личный вклад

– Соблюдение правил оформления

Экспертная оценка по результатам наблюдения за деятельностью обучающегося в процессе освоения учебной дисциплины

Интегральная качественная оценка освоения учебной дисциплины, учитываемая при промежуточной аттестации.

Критерии оценки промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме *экзамена*.

Экзамен проводится по завершению курса изучения учебной дисциплины в форме экзаменационных билетов. Каждый билет включает в себя 2 теоретических вопроса и 1 задачи.

К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все отчетные работы и получившие по результатам текущей аттестации оценки не ниже «удовлетворительно».

Экзамен оценивается по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Основой для определения оценки на экзамене служит объём и уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного рабочей программой учебной дисциплины «Техническая механика».

Критерии оценивания экзамена

Критерии оценки	Оценка
Всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполненные все предусмотренные программой задания, глубоко усвоенные основная и дополнительная литература, рекомендованная программой, активная работа на практических (лабораторных) занятиях. Обучающийся разбирается в основных научных концепциях по изучаемой учебной дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материала. Ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично	Отлично
Достаточно полное знание учебно-программного материала. Обучающийся не допускает в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических (лабораторных) занятиях, показавший систематический характер знаний по учебной дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению	Хорошо
Обучающийся показал знание основного учебно-программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, не отличавшийся активностью на практических (лабораторных) занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший	Удовлетворительно

погрешности при их выполнении и в ответе на экзамене, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей	
обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно - программного материала, не выполнивший самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустивший принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавший основные практические (лабораторные) занятия, допускающий существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей учебной дисциплине	Неудовлетворительно

Итоговая экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов текущей аттестации, если средняя оценка за текущую аттестацию выше 4,5, то освобождаются от одного теоретического вопроса по выбору обучающегося.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется как взвешенная сумма экзаменационной оценки и результирующих оценок за все модули прохождения дисциплины (результатов текущего контроля)

$$O_{\text{итоговая}} = 0,6 * O_{\text{ср.результат}} + 0,4 * O_{\text{экз.}}$$

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО И РУБЕЖНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЯ

Типовые задания для оценки освоения Раздела 1

«Теоретическая механика»

Обучающийся должен

знать:

- законы механики деформируемого твердого тела, виды деформаций, основные расчеты;
- определение направления реакции связи;
- определение момента силы относительно точки, его свойства;
- типы нагрузок и виды опор балок, ферм, рам;
- напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой;
- моменты инерции простых сечений элементов и др.

уметь:

- выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений;
- определять аналитическим и графическим способами усилия, опорные реакции балок, ферм, рам;
- определять усилия в стержнях ферм
- строить эпюры нормальных напряжений, изгибающих моментов и др.

Вопросы для устных опросов по Теме 1.1 «Основные понятия»

1. Как называют тела, ограничивающие перемещение других тел;
2. Поясните, как проецируются силы на оси координат
3. Сформулируйте аналитическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил.
4. Что такое плоская система сходящихся сил?
5. Теоретическая механика – это
6. Что называют механическим движением тела?
7. Какими тремя элементами определяется действие силы на тело?
8. Что такое абсолютно твердое тело?
9. Какие системы сил называются эквивалентными?
10. Какая система сил называется уравновешанной?

Типовой тест по Теме 1. 1 «Основные понятия»

1. Что называется линией действия силы?

2. Какие параметры характеризуют силу?

а) модуль, точка приложения, направление силы;

б) значение и время действия силы;

в) проекции силы на оси координат;

г) масса и скорость тела.

3. Какие силы называются сходящимися?

4. Что называется парой сил?

а) система двух сил, равных по модулю, действующих вдоль параллельных прямых в противоположных направлениях;

б) система двух сил, расположенных в одной плоскости, имеющие одинаковое направление;

в) система двух сил, имеющих одинаковое направление и значение;

г) система двух сил, расположенных в параллельных плоскостях и равных по модулю.

5. В каком случае проекция силы на ось равна модулю силы

6. равнодействующую двух сходящихся сил можно определить с помощью...

7. Величина проекции силы на ось равна произведению модуля силы на угла между вектором силы и положительным направлением оси

8. Сила \vec{F} направлена по оси Oy чему равна проекция силы на ось Ox ?

9. Не изменяя состояния тела к нему, можно добавить...

10. Когда величина проекции силы на ось и величина самой силы равны?

а) когда сила перпендикулярна оси

б) когда сила не совпадает с положительным направлением оси

в) когда сила параллельно оси

г) все ответы верны

Вопросы для устных опросов по Теме 1. 2 «Пара сил. Момент пары сил, величина, знак.

Плоская система произвольно расположенных сил»

1. Что называют связями тела?

2. Что называется реакцией связи?

3. Сколько существует реакций типов связей, перечислите их?

4. Что называют опорами?

5. Сколько реакций возникает в жесткой заделке?

6. Сколько реакций возникает в шарнирно-неподвижной опоре?
7. Что называют плоской фермой?
8. Что называют плоской системой произвольно расположенных сил?
9. Момент силы это?
10. Плечо это?

Вопросы для устных опросов по Теме 1.3 «Пространственная система сил»

1. Равновесие произвольной пространственной системы сил. Аналитические уравнения равновесия
2. Произвольная пространственная система сил. Момент силы относительно точки как вектор
3. Произвольная пространственная система сил. Момент силы относительно оси и способы его вычисления
4. Пара сил в пространстве.
5. Момент пары сил как вектор. Теоремы об эквивалентности пар в пространстве.
6. Сложение пар, произвольно расположенных в пространстве. Равновесие систем пар.

Типовой тест по Теме 1.3 «Пространственная система сил»

1. **Пространственная система сил — это:**
2. **Укажите графические условия равновесия произвольной пространственной системы сил**
3. **Абсолютно свободное тело в пространстве имеет**
4. **Сколько уравнений равновесия можно составить для пространственной системы произвольно расположенных сил?**
5. **Для равновесия пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы были равны нулю**
6. **Для равновесия пространственной системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы?**
7. **Сколько независимых уравнений равновесия можно записать для пространственной системы параллельных сил?**
8. **Выберите формулу для расчета главного момента. пространственной системы сил**
 - а) $\sqrt{(\sum m_{kx})^2 + (\sum m_{ky})^2}$
 - б) $\sqrt{F_{\sum x}^2 + F_{\sum y}^2 + F_{\sum z}^2}$

$$в) \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}$$

$$г) \sqrt{(\sum m_{kx})^2 + (\sum m_{ky})^2 + (\sum m_{kz})^2}$$

Вопросы для устных опросов по Теме 1. 4 «Центр параллельных сил. Центр тяжести»

1. Где находится центр тяжести параллелепипеда
2. Где находится центр тяжести треугольника?
3. Что такое статический момент?
4. Какие методы определяются центр тяжести Вы знаете?
5. Как найти центр тяжести плоской простой фигуры?
6. Как найти центр тяжести сложных составных сечений?
7. Дайте определение центра тяжести.
8. Что называется центром параллельных сил?

Вопросы для устных опросов по Теме 1. 5 «Устойчивость равновесия»

1. Виды равновесия твердого тела
2. Виды равновесия твердого тела с закрепленной осью вращения
3. Виды равновесия твердого тела, имеющие площадь опоры
4. Что называют статической устойчивостью?
5. Что называют удерживающим моментом?
6. Как определить коэффициент устойчивости?
7. Условия равновесия твёрдого тела, имеющего неподвижную точку или ось вращения
8. Дайте определение понятию «Потеря устойчивости»
9. Что называют гибкостью тела?
10. Критическая сила это?

Типовой тест по Теме 1. 5 «Устойчивость равновесия»

1. Любое покоящееся тело находится в состоянии равновесия, если ...
2. Условие устойчивого положения тела, имеющего плоскость
3. Уравновешивающая сила равна:
 - а) по величине равнодействующей силе, но лежит на другой ЛДС.
 - б) по величине равнодействующей силе, лежит на другой ЛДС, но направлена в противоположную сторону.

в) по величине равнодействующей силе, лежит с ней на одной ЛДС, но направлена в противоположную сторону.

г) по величине и направлению равнодействующей силе, лежит с ней на одной ЛДС.

4. Продолжите фразу: «Равновесие тела, имеющего точку опоры, неустойчиво, если...»

а) центр тяжести занимает самое высокое положение;

б) центр тяжести занимает самое низкое положение;

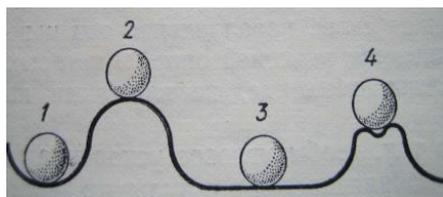
в) центр тяжести не меняет своего положения;

г) все ответы верны

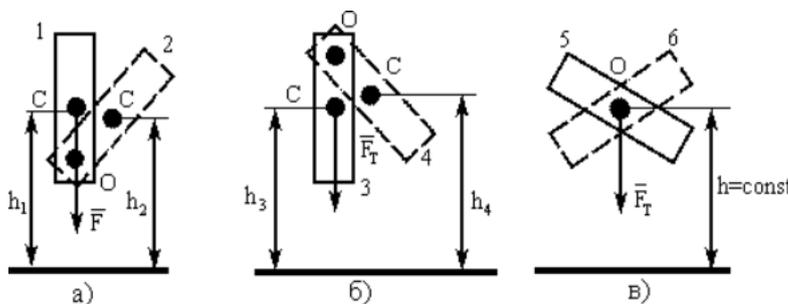
5. Одинаковую устойчивость во всех направлениях имеет следующее тело:

6. При малом отклонении тела от положения равновесия возникает сила, стремящаяся вернуть тело в положение равновесия. Такое равновесие называется:

7. Рассмотрев фотографию, отметьте, в каких положениях шарика равновесие устойчиво:



8. Укажите виды равновесия тела, если С – центр тяжести; О – ось вращения



9. Что необходимо сделать, чтобы проверить, устойчиво ли равновесие тела?

10. Укажите правильное высказывание: «Тело находится в равновесии только при условии, что...»

Типовые задания для оценки освоения Раздела 2

«Соппротивление материалов»

Обучающийся должен

знать:

- законы механики деформируемого твердого тела, виды деформаций, основные расчеты;
- определение направления реакции связи;
- определение момента силы относительно точки, его свойства;
- типы нагрузок и виды опор балок, ферм, рам;
- напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой;
- моменты инерции простых сечений элементов и др.

уметь:

- выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений;
- определять аналитическим и графическим способами усилия, опорные реакции балок, ферм, рам;
- определять усилия в стержнях ферм
- строить эпюры нормальных напряжений, изгибающих моментов и др.

Вопросы для устных опросов по Теме 2.1 «Основные положения»

1. Деформация – это
2. Какая деформация называется упругой
3. Перечислите основные гипотезы и допущения, связанные с характером деформаций
4. Перечислите Внутренние силовые факторы
5. В чем заключается метод сечений
6. Назовите виды основные деформации твердых тел
7. Какие напряжения называют допускаемыми
8. Какие нагрузки называют Статическими
9. Дайте определение прочности, жесткости и устойчивости
10. Классификация внешних сил

Типовой тест по Теме 2.1 «Основные положения»

1. Следствие деформации?

- а) возникновение силы тяготения
- б) возникновение силы упругости
- в) возникновение силы трения

г) возникновение механической силы

2. Какие деформации испытывают тросы, балки строительных ферм?

а) растяжение

б) изгиб

в) сдвиг

г) кручение

3. Для чего предназначен метод сечений (РОЗУ)

4. Как называется способность материала восстанавливать свою форму и размеры после снятия нагрузки?

5. Как называются напряжения, при которых конструкция разрушается

6. Способность материала сопротивляться разрушению?

7. Что понимается под прочностью?

8. Способность твёрдого тела, конструкции или её элементов сопротивляться деформации

9. Позволяет определить величину внутреннего силового фактора в сечении, но не даёт возможности установить закон распределения внутренних сил по сечению

10. Сила – это:

а) векторная величина, характеризующая механическое взаимодействие тел между собой.

б) векторная величина, характеризующая механическое взаимодействие сил между собой.

в) векторная величина, характеризующая динамическое взаимодействие сил между собой.

г) скалярная величина, характеризующая динамическое взаимодействие сил между собой.

Вопросы для устных опросов по Теме 2.2

«Растяжение и сжатие»

1. Дайте определение понятию Эпюра

2. Продольная сила – это

3. Правила знаков продольных сил

4. Алгоритм построения эпюр продольных сил

5. Нормальные напряжения – это

6. Определение перемещений поперечных сечений стержня

7. Что такое статически неопределимые системы

8. Назовите уравнения статики, перемещений

9. Закон Гука

10. Модуль продольной упругости – это

Вопросы для устных опросов по Теме 2. 3

«Практические расчёты на срез и смятие»

1. Какие напряжения возникают при смятии?
2. Что называют срезом?
3. Что называют смятием?
4. Какие расчеты можно выполнить из условия прочности на срез
5. Какие расчеты можно выполнить из условия прочности на смятие
6. Какая площадь принимается за расчетную при смятии
7. Что такое коэффициент пропорциональности G
8. Что называют Чистым сдвигом
9. Какой вид имеет условие прочности на смятие
10. Проверка прочности при смятии

Вопросы для устных опросов по Теме 2. 4

«Геометрические характеристики плоских сечений»

1. Осевые моменты инерции – это
2. Что такое статический момент площади поперечного сечения?
3. Чему равна сумма осевых моментов инерции сечения относительно двух взаимно перпендикулярных осей
4. Чему равен полярный момент инерции круга относительно его центра
5. Чему равен осевой момент инерции круга относительно оси, проходящей через его центр тяжести
6. Дайте определению понятию Осевой момент инерции
7. Дайте определению понятию Полярный момент инерции
8. Дайте определению понятию Центробежный момент инерции
9. Главные оси и главные центральные моменты инерции
10. Как определяются моменты инерции сложных сечений

Вопросы для устных опросов по Теме 2. 5

«Поперечный изгиб прямого бруса»

1. Какие конструкции не рассчитывают на изгиб и почему
2. Когда изгибающий момент считается положительным и почему
3. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечном сечении бруса
4. Дайте определению понятию Поперечная сила

5. Когда возникает Изгибающий момент
6. Основные принципы построения эпюр поперечных сил
7. Основные принципы построения эпюр изгибающих моментов
9. Что такое касательные напряжения
10. Основные принципы построения эпюр нормальных напряжений

Вопросы для устных опросов по Теме 2. 6

«Сдвиг и кручение бруса круглого сечения»

1. Какое из напряженных состояний называют "чистым сдвигом"?
2. Что происходит с поперечным сечением бруса при кручении?
3. При кручении стержня круглого сечения его диаметр...
4. Что обеспечивает расчет на жесткость?
5. Характеристики пластичности материала
6. Когда возникает деформация сдвига
7. Закон Гука для сдвига
8. Дайте определение понятию Модуль сдвига
9. Когда возникает крутящий момент
10. Условия прочности и жесткости при кручении

Вопросы для устных опросов по Теме 2. 7

«Устойчивость центрально сжатых стержней»

1. Что называют устойчивостью сжатого стержня?
2. Какая сила называется критической?
3. Какая форма упругого равновесия называется критической?
4. Неустойчивые формы равновесия
5. Дайте определение понятию Продольный изгиб
6. Дайте определение понятию Критическая сила, когда она возникает
7. Дайте определение понятию Критическое напряжение
8. Что называется устойчивостью сжатого стержня?
9. Чем определяются пределы применения формулы Эйлера?
10. На что необходимо проводить дополнительно расчет при наличии местных ослаблений в продольно сжимаемой стойке?

Типовые задания для оценки освоения Раздела 3

«Статика сооружений»

Обучающийся должен

знать:

- законы механики деформируемого твердого тела, виды деформаций, основные расчеты;
- определение направления реакции связи;
- определение момента силы относительно точки, его свойства;
- типы нагрузок и виды опор балок, ферм, рам;
- напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой;
- моменты инерции простых сечений элементов и др.

уметь:

- выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений;
- определять аналитическим и графическим способами усилия, опорные реакции балок, ферм, рам;
- определять усилия в стержнях ферм
- строить эпюры нормальных напряжений, изгибающих моментов и др.

Вопросы для устных опросов по Теме 3.1

«Основные положения»

1. Что изучает раздел теоретической механики "Статика"?
2. Неизменяемыми системы это
3. Изменяемые системы это
4. Статические определимые системы это
5. Статически неопределимые системы
6. Дайте определение степеням свободы
7. Изменяемые системы ($W > 0$, $W^* = 0$) подразделяются на
8. Правило знаков для момента M
9. В зависимости от расположения осей элементов и нагрузкой, сооружения подразделяют на...
10. Перечислите необходимые условия геометрической неизменяемости.

Типовой тест по Теме 3. 1 «Основные положения»

1. Что изучает раздел теоретической механики "Статика"?

- а) Равновесие тел
- б) Движение тел
- в) Свойства тел

2. Что такое геометрическая неизменяемость плоских стержневых систем?

- а) Свойство системы оставаться неизменной при изменении внешних нагрузок.
- б) Свойство стержней иметь постоянные размеры и форму.
- в) Свойство прочности и устойчивости системы.

3. Какие основные классификации сооружений существуют?

- а) По материалу изготовления и конструктивной особенности.
- б) По целевому назначению и месту установки.
- в) По геометрическим параметрам и назначению.

5. Пятая аксиома статики (формулировка)

4. Какие методы можно использовать для исследования геометрической неизменяемости плоских стержневых систем?

5. Какие сооружения можно классифицировать по их расчетной схеме?

6. Какие основные характеристики сооружения нужно учитывать при расчете его схемы?

7. Какие принципы классификации сооружений по расчетной схеме существуют?

8. Какие методы можно применить для расчета статической неопределенной системы?

9. Что называют геометрически неизменяемыми системами

10. Что называют геометрически изменяемыми системами

Вопросы для устных опросов по Теме 3.2

«Статически определимые плоские рамы»

1. Что такое статически определимая плоская рама?

2. Как определить количество неизвестных усилий в статически определимой плоской раме?

3. Какие условия необходимы для статической определенности плоской рамы?

4. Сколько уравнений равновесия необходимо для определения всех усилий в статически определимой плоской раме?

5. Какие методы можно использовать для анализа статически определимых плоских рам?

6. Какие ошибки могут возникнуть при расчете статически определенной плоской рамы и как их можно избежать?

7. В чем основное отличие между статически определяемой и статически неопределяемой плоской рамой?
8. Какие методы можно использовать для оптимизации конструкции статически определенной плоской рамы?
9. Какие виды нагрузок могут возникнуть на статически определенной плоской раме?
10. Правила построения эпюр поперечных сил, изгибающих моментов и продольных сил.

Вопросы для устных опросов по Теме 3.3 «Трехшарнирные арки»

1. Перечислите типы арок и их элементы
2. Опишите принцип определения опорных реакций
3. Аналитический способ расчета трехшарнирной арки
4. Перечислите внутренние силовые факторы
5. Что такое трехшарнирная арка и какие основные элементы ее конструкции?
6. Как происходит расчет реакций опор для трехшарнирной арки?
7. Какие методы используются для определения напряженно-деформированного состояния трехшарнирной арки?
8. Какие факторы влияют на устойчивость трехшарнирной арки и каким образом их можно учитывать при проектировании?
9. Какие методы используются для увеличения прочности и долговечности трехшарнирных арок?
10. Какие основные типы деформаций могут возникнуть в трехшарнирных арках

Типовой тест по Теме 3.3 «Трехшарнирные арки»

1. Что представляет собой трехшарнирная арка?

- а) Конструкция с тремя шарнирами
- б) Сложная система упругих элементов
- в) Ключевой элемент строительства мостов и аэродромов
- г) Все вышеперечисленное

2. Какие уравнения используются для расчета трехшарнирных арок?

- а) Уравнение равновесия
- б) Уравнение реакций опор
- в) Уравнение изгиба
- г) Все вышеперечисленное

3. Что такое трехшарнирная арка и каковы её основные элементы?

4. Какие условия должны быть выполнены для равновесия трехшарнирной арки?

- 5. Каковы основные методы расчёта трехшарнирных арок?**
- 6. Как определить реакции опор трехшарнирной арки?**
- 7. Каковы основные виды нагрузок, действующие на трехшарнирную арку?**
- 8. Какие факторы влияют на расчет трехшарнирных арок?**
 - а) Нагрузка, приложенная к конструкции
 - б) Материал, из которого изготовлена арка
 - в) Геометрические параметры конструкции
 - г) Все вышеперечисленное
- 9. Каким образом можно увеличить прочность и надежность трехшарнирной арки?**
- 10. Перечислите типы арок**

Вопросы для устных опросов по Теме 3.4 «Статически определимые плоские фермы»

1. Классификация ферм
2. Условия геометрической неизменяемости и статической определимости ферм
3. Анализ геометрической структуры
4. 1. Какие основные принципы статического равновесия применяются при анализе статически определимых плоских ферм?
5. Как определить число реакций опор в плоской ферме?
6. Какие методы применяются для определения внутренних сил в элементах плоской фермы?
7. Как определить величину реакций опор и внутренние силы в выбранной балке плоской фермы, используя метод сечений?
8. Какие факторы необходимо учитывать при выборе оптимального типа сечения элементов плоской фермы? Как влияют эти факторы на прочностные характеристики фермы?
9. Как определить деформации элементов плоской фермы под воздействием нагрузки?
10. Какие допущения и упрощения делаются при анализе статически определимых плоских ферм?

Вопросы для устных опросов по Теме 3.5 «Определение перемещений в статически определимых плоских системах»

1. Какое определение можно дать для "перемещения" в статически определимых плоских системах?
2. Как связаны перемещения в различных точках статически определимой плоской системы?
3. Каковы основные способы определения перемещений в статически определимых плоских системах?

4. Какие факторы необходимо учесть при определении перемещений в статически определимых плоских системах?
5. Какие методы используются для определения перемещений при применении метода силовых коэффициентов?
6. Какие методы можно использовать для определения перемещений в статически определимых плоских системах, кроме метода силовых коэффициентов?
7. Какие основные принципы следует учитывать при определении перемещений в статически определимых плоских системах?

5 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточная аттестация проводится в форме *экзамена*.

Экзамен проводится по завершению курса изучения учебной дисциплины в форме экзаменационных билетов. Каждый билет включает в себя 2 теоретических вопроса и задачу.

Вопросы для подготовки к экзамену

Перечень вопросов для оценки усвоенных знаний

1. Модель абсолютного твердого тела
2. Сила и проекция силы на ось
3. Аксиомы статики о действии сил на твёрдое тело
4. Момент силы относительно точки. Пара сил
5. Свободные и несвободные тела. Связи и их реакции
6. Системы сходящихся сил
7. Плоская система произвольно расположенных сил
8. Статически определимые балки на двух опорах
9. Понятие о статически неопределимых балках
10. Устойчивость положения равновесия
11. Определение центра тяжести сечения
12. Общие сведения о растяжении
13. Проекция силы на ось, правило знаков.
14. Момент силы
15. Продольная сила
16. Определение перемещений в простейших рамных системах
17. Анализ статической определимости балок.
18. Общие сведения о фермах. Классификация ферм.
19. Условие прочности при растяжении-сжатии, при изгибе
20. Определение радиуса инерции относительно главных центральных осей
21. Расчет центрально сжатых стержней на устойчивость
22. Каноническое уравнение метода сил
23. Порядок построения грузовой эпюры моментов и поперечных сил.

24. Момент инерции. Главные оси и главные центральные моменты инерции, моменты инерций простых сечений

25. Внутренние силовые факторы в поперечном сечении бруса: поперечная сила и изгибающий момент

26. Условия прочности и жесткости при кручении

27. Типы арок и их элементы.

28. Общие сведения о рамных конструкциях.

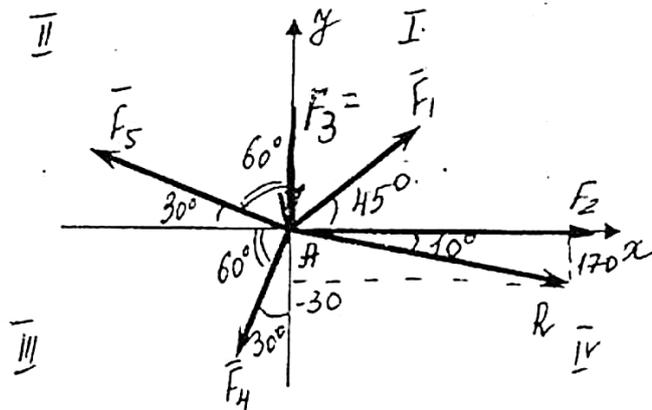
29. Классификация нагрузок определение опорных реакций балок

30. Основные виды деформации брусков

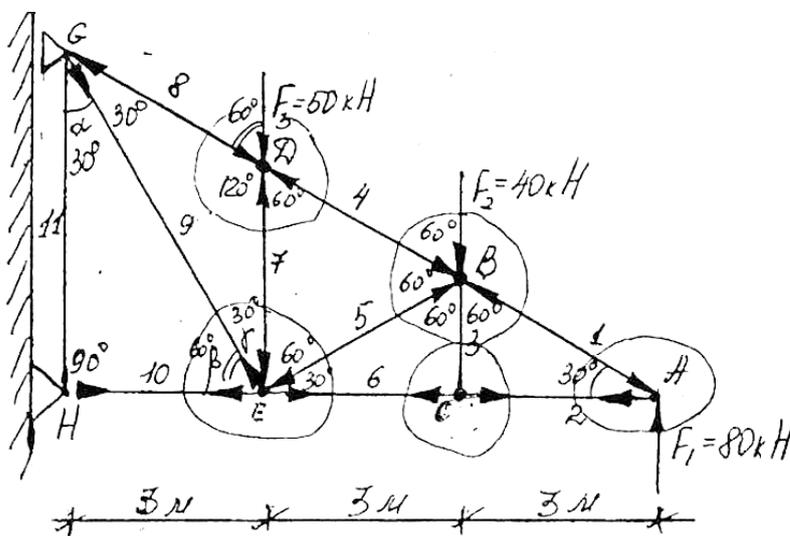
Перечень заданий для оценивания освоенных умений

1. На тело А действует плоская система сходящихся сил $F_1 = 120$ кН, $F_2 = 300$ кН, $F_3 = 150$ кН, $F_4 = 80$ кН, $F_5 = 200$ кН

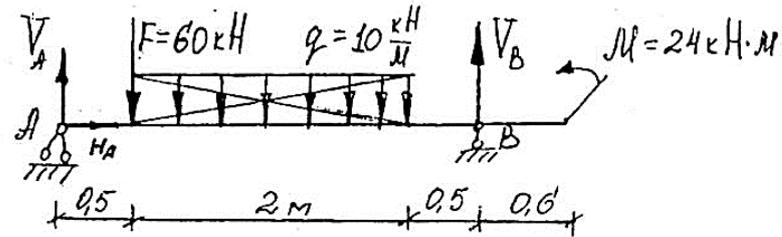
Определить: R и угол между осью X и R .



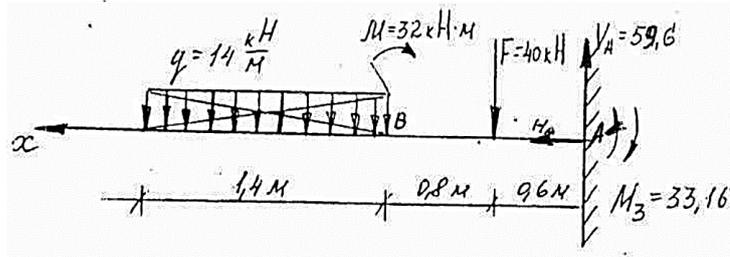
2. Определить усилия в стержнях фермы аналитическим и графическим способами



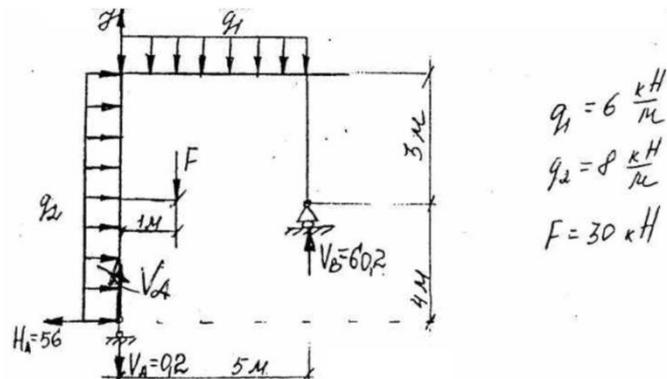
3. Определить опорные реакции в балке



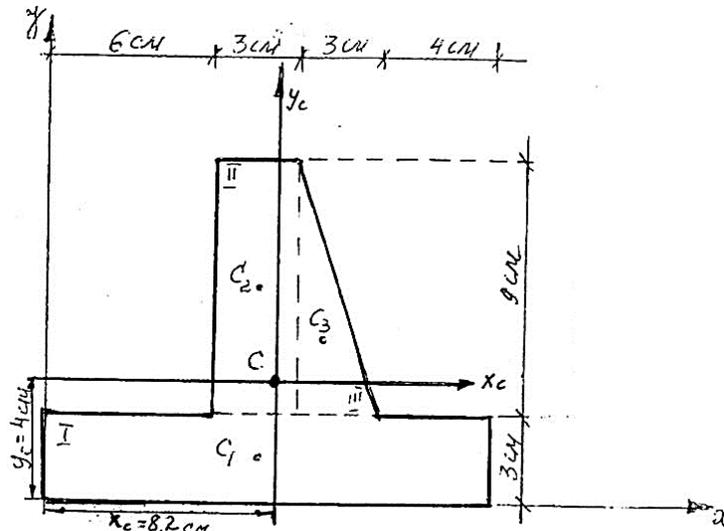
4. Определить реакции в жёсткой заделке



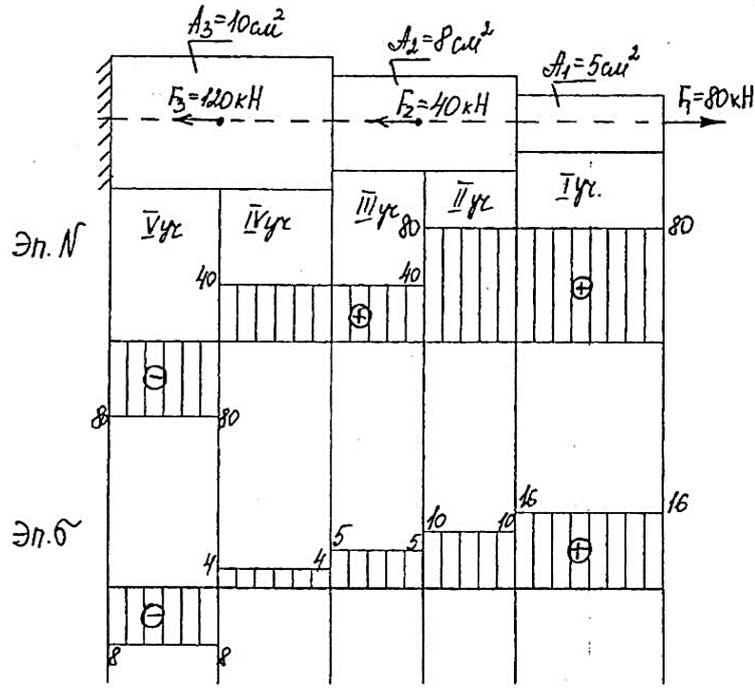
5. Определить опорные реакции в рамной конструкции



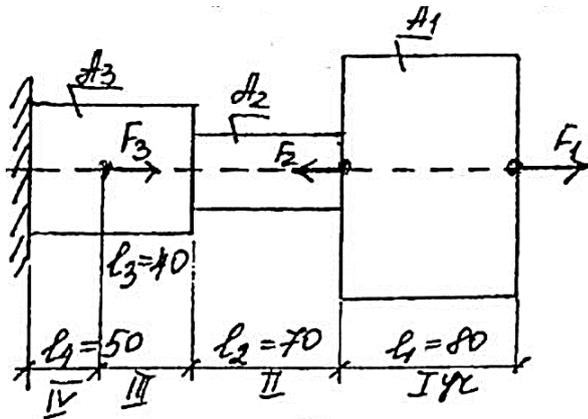
6. Определить координаты центра тяжести сложного сечения



7. Определить продольные силы и нормальные напряжения в стержне, построить эпюры



8. Определить абсолютное удлинение стержня Δl при действии заданной нагрузки



Дано:

$$F_1 = 70 \text{ кН}$$

$$F_2 = 130 \text{ кН}$$

$$F_3 = 90 \text{ кН}$$

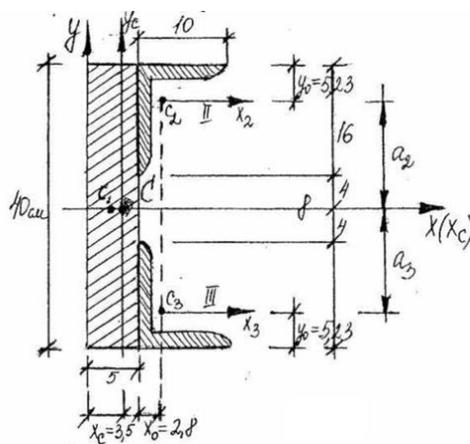
$$A_1 = 20 \text{ см}^2$$

$$A_2 = 10 \text{ см}^2$$

$$A_3 = 15 \text{ см}^2$$

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ Мпа} = 2 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$$

9. Определить главные осевые моменты инерции сечения

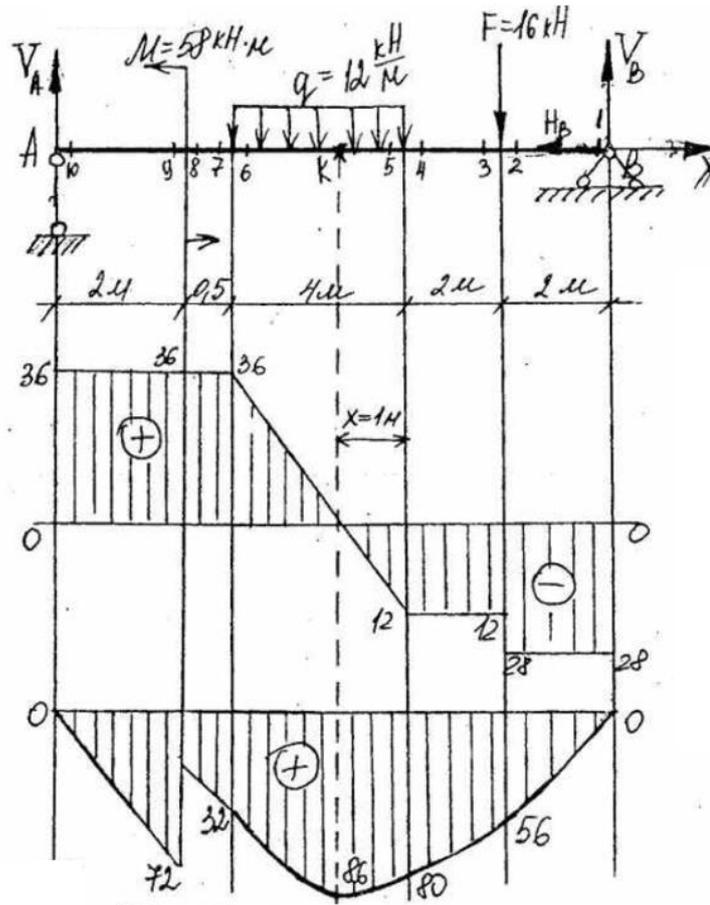


$$y_{xc} = ? \quad y_{yc} = ?$$

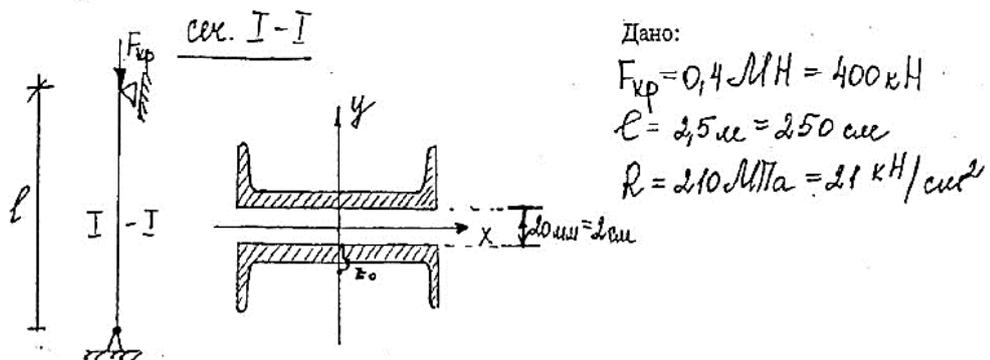
(размеры в см)

$$L N^{\circ} = 16/10 \quad (d = 10 \text{ мм})$$

10. От действия заданной нагрузки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов



11. Подобрать сечение центрально-сжатой стойки



Ключи

к тестам по Разделу 1 «Теоретическая механика»

Тема 1.1		Тема 1.3		Тема 1.5	
1.	Прямая, по которой направлен вектор силы	1.	а	1.	равны нулю суммы сил и моментов сил, действующих на тело
2.	а	2.	Многоугольники, построенные на силах данной системы и на векторах-моментах сил, замкнуты	2.	если при отклонении тела происходит повышение центра тяжести
3.	силы, пересекающиеся в одной точке	3.	шесть степеней свободы.	3.	в
4.	а	4.	три	4.	б
5.	если сила перпендикулярна к оси	5.	чтобы сумма проекций всех сил на ось, параллельную силам, и суммы их моментов относительно двух других координатных осей были равны нулю	5.	конус
6.	параллелограмма сил, треугольника сил, параллелепипеда сил	6.	чтобы алгебраические суммы проекций всех сил на каждую из трех выбранных любым образом координатных осей равнялись нулю	6.	устойчивое
7.	косинус	7.	три	7.	3
8.	0	8.	г	8.	а) неустойчивое б) устойчивое
9.	уравновешенную систему сил			9.	Несколько отклонить тело от положения равновесия
10.	в			10.	Равнодействующая всех внешних сил равна нулю

к тестам по Разделу 2 «Сопроотивление материалов»

Тема 2.1

1.	б
2.	а
3.	Служит для определения внутренних сил упругости, возникающих в результате действия приложенных к деталям внешних сил при расчете деталей машин на прочность
4.	Упругость
5.	Предел прочности
6.	Прочность
7.	Способность материала противостоять разрушению
8.	Жесткость
9.	Метод сечений

10.	в
-----	---

к тестам по Разделу 3 «Теоретическая механика»

Тема 3.1		Тема 3.3	
1.	а	1.	г
2.	а	2.	г
3.	а	3.	Трехшарнирная арка представляет собой конструкцию, состоящую из трех шарниров, соединяющих прутья или балки. Основными элементами такой арки являются два горизонтальных прута, расположенные на разной высоте и один вертикальный прут, соединяющий их в вершине арки.
4.	Метод перемещений, метод сил, метод сечения	4.	Для равновесия трехшарнирной арки необходимо, чтобы горизонтальные силы, приложенные к ней, были сбалансированы. Также необходимо, чтобы все шарниры были свободно подвижны, без захвата или фиксации
5.	Сооружения с шарами, сооружения с короткими балками, сооружения с длинными балками.	5.	Для расчета трехшарнирных арок применяются методы статики и принципы равновесия. Одним из основных методов является метод силовой балансировки, при котором силы и моменты, действующие на арку, сбалансированы
6.	Геометрические параметры (длина, площадь сечения), материал, условия закрепления.	6.	Реакции опор трехшарнирной арки определяются путем составления и решения уравнений равновесия, учитывая действующие на нее внешние силы. Реакции опор включают горизонтальные и вертикальные силы, а также моменты
7.	Система внутренних сил в конструкции, степень связанности элементов, условия закрепления.	7.	Основными видами нагрузок, действующих на трехшарнирную арку, являются статическая нагрузка (например, свой вес конструкции) и динамическая нагрузка (например, нагрузка от движущихся транспортных средств, ветра или сейсмических колебаний).
8.	Метод сил, метод перемещений, метод работы и энергии	8.	г
9.	Система, не изменяющая приданную ей геометрическую форму ни при каких изменениях положения ее в пространстве.	9.	- Для увеличения прочности и надежности трехшарнирных арок можно использовать различные меры, такие как усиление конструкции, выбор более прочных материалов, внедрение дополнительных элементов жесткости или использование арочных систем поддержки. Также важным моментом

			является правильное расчетное моделирование арки с учетом всех возможных нагрузок и факторов, что позволяет спроектировать конструкцию с запасом прочности
10.	Системы соединенных между собой твердых тел, допускающая конечные относительные перемещения тел без деформации материала.	10.	По статической схеме арки разделяют на трехшарнирные и двухшарнирные без ключевого шарнира. По схеме опирания их делят на арки с затяжками и на арки без затяжек. По форме оси арки делят на: треугольные, пятиугольные, сегментные, стрельчатые

РЕШЕНИЯ И КЛЮЧИ
К ЗАДАНИЯМ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

1 Определить усилия в стержневой системе если к шарнирному болту приложены силы. Задачу выполнить графически способом

Пример решения:

а) Определить сумму проекций всех сил на ось X

$$\begin{aligned}\sum F_x &= F_1 \cos 45 + F_2 - F_4 \cos 60 - F_5 \cos 30 = \\ &= 120 \cdot 0.71 + 300 - 80 \cdot 0.5 - 200 \cdot 0.87 = 171.2 \text{ кН}\end{aligned}$$

б) Определить сумму проекций всех сил на ось Y

$$\begin{aligned}\sum F_y &= -F_3 + F_1 \cos 45 - F_4 \cos 30 + F_5 \cos 60 = \\ &= -150 + 120 \cdot 0.71 - 80 \cdot 0.87 + 200 \cdot 0.5 = -34.4 \text{ кН}\end{aligned}$$

в) Определить величину равнодействующей

$$R = \sqrt{(\sum F_{ix})^2 + (\sum F_{iy})^2} = \sqrt{171.2^2 + (-34.4)^2} = 174.6 \text{ кН}$$

г) Определить величину равнодействующей (угол между осью X и R)

$$\cos X \angle R = \frac{\sum F_{ix}}{R} = \frac{171.2}{174.6} = 0.9977$$

Величину угла определить по таблице Брадиса

$$\cos X \angle R = 0.9977$$

$$\text{угол } X \angle R = 10^\circ$$

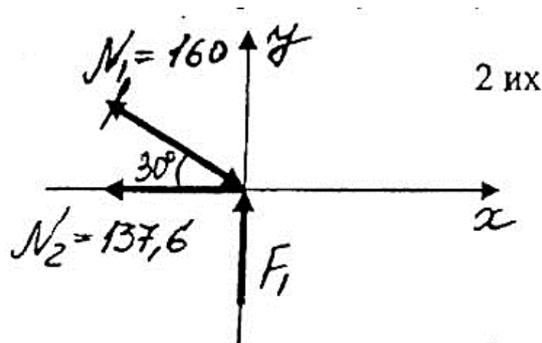
Ответ: вектор R находится в IV четверти т.к. $\sum F_y = -34.4 \text{ кН}$, $\sum F_x = 171.2 \text{ кН}$

2. Определить усилия в стержнях фермы аналитическим и графическим способами

Пример решения:

а) Вырезаем узел А (в него входят два неизвестных стержня 1 и 2 и сила F_1)

а.1) Прикладываем к узлу силу F_1 , заменяем стержни 1 и 2 их реакциями N_1 и N_2 считая их растянутыми



а.2) Выбираем оси координат X и Y

а.3) Составляем уравнения равновесия и решаем

$$\sum F_y = F_1 + N_1 \cos 60^\circ = 0$$

$$N_1 = -\frac{F_1}{\cos 60^\circ} = -\frac{80}{0,5} = -160 \text{ кН}$$

Знак « - » говорит нам о том, что необходимо поменять направление. Следовательно, стержень сжат.

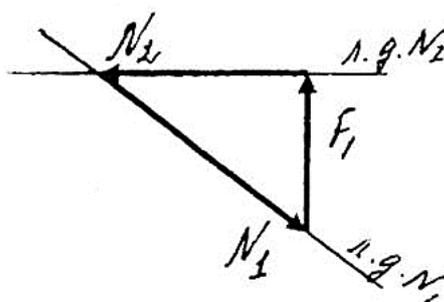
$$\sum F_x = -N_2 + N_1 \cos 30^\circ = 0$$

$$N_2 = N_1 \cos 30^\circ = 160 \cdot 0,86 = 137,6 \text{ кН}$$

Стержень растянут.

Графический метод

Строим замкнутый треугольник. Масштаб 1 см = 40 кН.



$$N_1 = 4 \text{ см}$$

$$N_1 = 40 \cdot 4 = 160 \text{ кН}$$

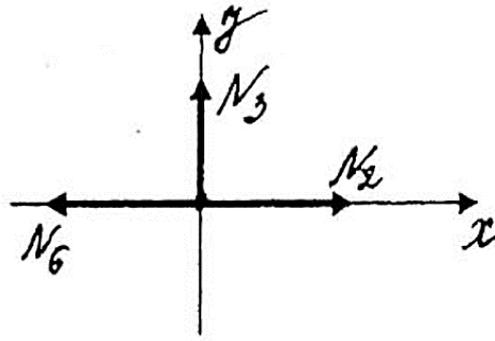
$$N_2 = 3,45$$

$$N_2 = 40 \cdot 3,45 = 138 \text{ кН}$$

Результаты, полученные аналитическим и графическим методом, совпадают, следовательно, усилия в стержнях 1 и 2 определены верно

Направления стержней показать на расчетной схеме (около узла А).

б) Вырезаем узел С (в него входят известный стержень 2 и неизвестные стержни 3 и 6)



$$\sum F_x = N_2 - N_6 = 0$$

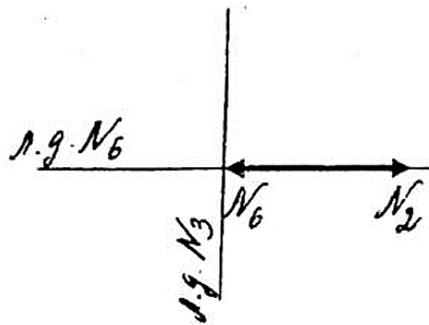
$$N_6 = N_2 = 137,6 \text{ кН}$$

$$\sum F_y = N_3 = 0$$

$$N_3 = 0$$

Графический метод

Масштаб 1 см = 40 кН



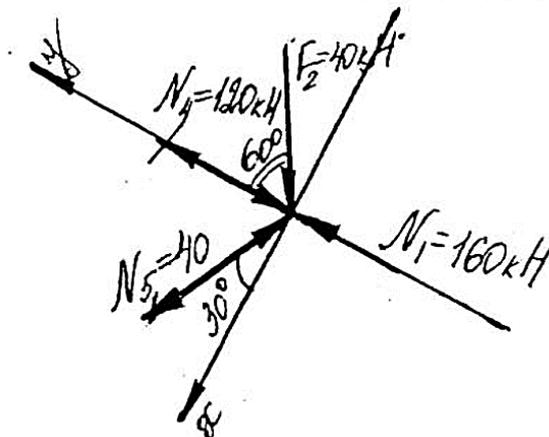
$$N_6 = N_2 = 137,6 \text{ кН}$$

$$N_3 = 0 \text{ см}$$

Стержень N_6 – растянут, стержень N_3 – конструктивный, т.к. усилие в нем равно 0

Указать направление на расчетной схеме.

в) Вырезаем узел В (в него входит сила F_2 , известный стержень 1 и неизвестный стержень 4 и 5, т.к. усилие в стержне 3 $N_3 = 0$, его не указываем)



Выбираем оси X и Y

$$\sum F_x = F_2 \cos 30^\circ + N_5 \cos 30^\circ = 0$$

$$N_5 = -\frac{F_2 \cos 30^\circ}{\cos 30^\circ} = -F_2 = -40 \text{ кН}$$

Направление необходимо поменять, стержень сжат

$$\sum F_y = N_4 - N_5 \cos 60^\circ - F_2 \cos 60^\circ + N_1 = 0$$

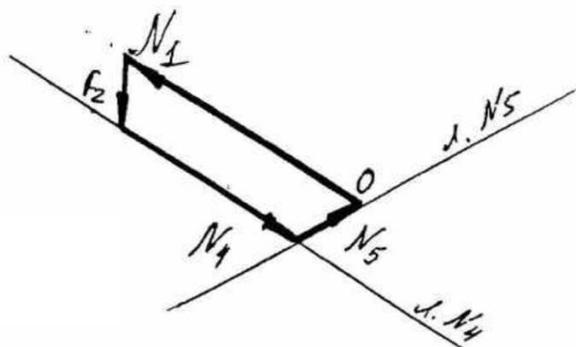
$$N_4 - 40 \cdot 0,5 - 40 \cdot 0,5 + 160 = 0$$

$$N_4 = 20 + 20 - 160 = -120 \text{ кН}$$

Направление необходимо поменять, стержень сжат

Графический метод

Масштаб 1 см = 40 кН



$$N_4 = 3 \text{ см}$$

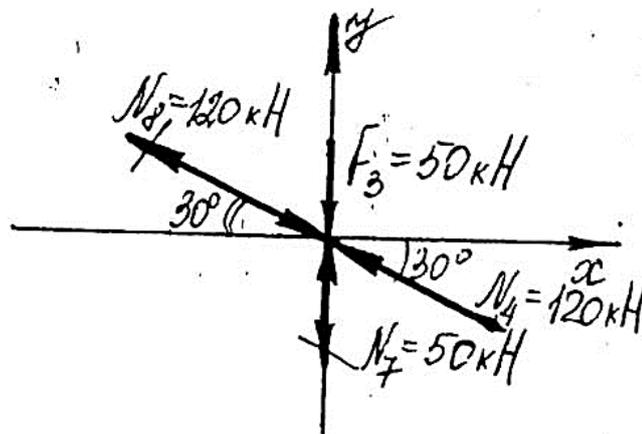
$$N_4 = 40 \cdot 3 = 120 \text{ кН}$$

$$N_5 = 1 \text{ см}$$

$$N_5 = 40 \cdot 1 = 40 \text{ кН}$$

Указать направления усилий в стержнях на расчетной схеме

г) Вырезаем узел Д (в него входит сила F_3 , известный стержень N_4 и два неизвестных 7 и 8)



Выбираем оси X и Y

$$\sum F_x = -N_4 \cos 30^\circ - N_8 \cos 30^\circ = 0$$

$$N_8 = -\frac{N_4 \cos 30^\circ}{\cos 30^\circ} = -120 \text{ кН}$$

Направление необходимо поменять, стержень сжат

$$\sum F_y = -F_3 - N_8 \cos 60^\circ + N_4 \cos 60^\circ - N_7 = 0$$

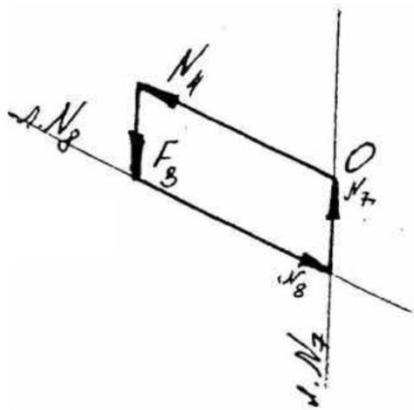
$$-50 - 120 \cdot 0,5 + 120 \cdot 0,5 - N_7 = 0$$

$$N_7 = -50 \text{ кН}$$

Направление необходимо поменять, стержень сжат

Графический метод

Масштаб 1 см = 40 кН



$$N_7 = 1,25 \text{ см}$$

$$N_7 = 40 \cdot 1,25 = 50 \text{ кН}$$

$$N_8 = 3 \text{ см}$$

$$N_8 = 40 \cdot 3 = 120 \text{ кН}$$

Указать направления усилий в стрелках на расчетной схеме

д) Оставшиеся узлы решаются аналогичными методами

3. Определить опорные реакции в балке

Пример решения:

а) Вычерчиваем расчетную схему

б) Обозначаем опоры буквами: В – шарнирно-подвижная, А – шарнирно-неподвижная;

в) Мысленно отбрасываем опоры А и В, заменив их реакциями V_A , H_A , V_B ;

г) Составляем уравнения равновесия

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum M_A = 0 \\ \sum M_B = 0 \end{cases}$$

$$\sum F_x = H_A = 0$$

$$\sum M_A = F \cdot 0.5 + (q \cdot 2) \cdot 1.5 - V_B \cdot 3 - M = 0$$

$$\sum M_B = -M - (q \cdot 2) \cdot 1.5 - F \cdot 2.5 + V_A \cdot 3 = 0$$

д) Решаем уравнения относительно неизвестных реакций

$$H_A = 0$$

$$V_B = \frac{F \cdot 0.5 + (q \cdot 2) \cdot 1.5 - M}{3} = \frac{60 \cdot 0.5 + (10 \cdot 2) \cdot 1.5 - 24}{3} = 12 \text{ кН}$$

Направление выбрано верно.

$$V_A = \frac{M + (q \cdot 2) \cdot 1.5 + F \cdot 2.5}{3} = \frac{24 + (10 \cdot 2) \cdot 1.5 + 60 \cdot 2.5}{3} = 68 \text{ кН}$$

Направление выбрано верно.

е) Проверка найденных реакций

$$\sum F_y = V_A - F - (q \cdot 2) + V_B = 68 - 60 - (10 \cdot 2) + 12 = 0$$

Ответ: величины опорных реакций определены верно.

4. Определить реакции в жёсткой заделке

Пример решения:

а) Вычерчиваем расчетную схему;

б) Мысленно отбросить заделку, заменив ее реакциями V_A , H_A , M_3 (направления выбраны произвольно);

в) Составляем уравнения равновесия

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum M_A = 0 \\ \sum F_y = 0 \end{cases}$$

$$\sum F_x = H_A = 0$$

$$\sum F_y = V_A - F - (q \cdot 1,4) = 0$$

$$\sum M_A = -M_3 - F \cdot 0,6 + M - (q \cdot 1,4) \cdot 2,1 = 0$$

г) Решаем уравнения относительно неизвестных реакций

$$H_A = 0$$

$$V_A = F + (q \cdot 1,4) = 40 + (14 \cdot 1,4) = 59,6 \text{ кН}$$

$$M_3 = -F \cdot 0,6 + M - (q \cdot 1,4) \cdot 2,1 = -40 \cdot 0,6 + 32 - (14 \cdot 1,4) \cdot 2,1 = -33,16 \text{ кН}$$

Направления момента заделки выбрано неверно, его необходимо изменить на противоположное.

д) Проверка найденных реакций

Произвольно на расчетной схеме выбираем точку В и составляем уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} \sum M_B &= -(q \cdot 1,4) \cdot 0,7 + M + F \cdot 0,8 - V_A \cdot 1,4 + M_3 = \\ &= -(14 \cdot 1,4) \cdot 0,7 + 32 + 40 \cdot 0,8 - 59,6 \cdot 1,4 + 33,16 = 0 \end{aligned}$$

Ответ: величины опорных реакций определены верно.

5. Определить опорные реакции в рамной конструкции

Пример решения:

- Вычерчиваем расчетную схему;
- Обозначаем опоры буквами
- Опоры заменяем реакциями V_A , H_A , V_B ;
- Составляем уравнения равновесия

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum M_A = 0 \\ \sum M_B = 0 \end{cases}$$

$$\sum F_x = -H_A + (q_2 \cdot 7) = 0$$

$$\sum M_A = (q_2 \cdot 7) \cdot 3,5 + (q_1 \cdot 5) \cdot 2,5 + F \cdot 1 - V_B \cdot 5 = 0$$

$$\sum M_B = -(q_1 \cdot 5) \cdot 2,5 - (q_2 \cdot 7) \left(\frac{7}{2} - 3 \right) - F(5 - 1) + H_A \cdot 4 + V_A \cdot 5 = 0$$

д) Решаем уравнения относительно неизвестных реакций

$$H_A = q_2 \cdot 7 = 8 \cdot 7 = 56 \text{ кН}$$

$$V_B = \frac{(q_2 \cdot 7) \cdot 3,5 + (q_1 \cdot 5) \cdot 2,5 + F \cdot 1}{5} = \frac{(8 \cdot 7) \cdot 3,5 + (6 \cdot 5) \cdot 2,5 + 30 \cdot 1}{5} = 60,2 \text{ кН}$$

$$\begin{aligned}
 -V_A &= \frac{(q_1 \cdot 5) \cdot 2.5 - (q_2 \cdot 7) \left(\frac{7}{2} - 3\right) - F(5 - 1) + H_A \cdot 4}{5} = \\
 &= \frac{(6 \cdot 5) \cdot 2.5 - (8 \cdot 7) \left(\frac{7}{2} - 3\right) - 30(5 - 1) + 56 \cdot 4}{5} = -0.2 \text{ кН}
 \end{aligned}$$

е) Проверка правильности определения реакций

Произвольно выбираем точку С и составляем уравнения равновесия:

$$\begin{aligned}
 \sum M_C &= -V_A \cdot 2.5 - F \cdot 1.5 - (q_2 \cdot 7) \cdot 3.5 - V_B \cdot 2.5 + H_A \cdot 7 = \\
 &= 0.2 \cdot 2.5 - 30 \cdot 1.5 - (8 \cdot 7) \cdot 3.5 - 60.2 \cdot 2.5 + 56 \cdot 7 = 0
 \end{aligned}$$

Ответ: реакции опор определены верно.

6. Определить координаты центра тяжести сложного сечения

Пример решения:

- Вычертить расчетную схему в масштабе;
- Разбиваем сложное сечение на простые фигуры – I, II, III;
- Выбираем вспомогательные оси X и Y;
- Определяем площади и координаты центров тяжести простых фигур (данные свели в таблицу);
- Определяем сумму простых фигур (данные свели в таблицу);

№	A_i см ²	X см	Y см	$A_i X_i$ см ³	$A_i Y_i$ см ³
I	$3 \cdot 16 = 48$	$\frac{16}{2} = 8$	1,5	384	72
II	$3 \cdot 9 = 27$	$6 + \frac{3}{2} = 7,5$	$3 + \frac{9}{2} = 7,5$	202,5	202,5
III	$\frac{3 \cdot 9}{2} = 13,5$	$6 + 3 + \frac{1}{3} \cdot 3 = 10$	$3 + \frac{1}{3} \cdot 9 = 6$	135	81
	$\sum A_i = 88,5$			$\sum A_i X_i = 721,5$	$\sum A_i Y_i = 355,5$

е) Найденные значения A_i , X_i , Y_i подставляем в формулы для определения центров тяжести и определяем координаты X_c и Y_c по формулам

$$X_c = \frac{\sum A_i X_i}{\sum A_i} = \frac{721.5}{88.5} = 8.2 \text{ см}$$

$$Y_c = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i} = \frac{355.5}{88.5} = 4 \text{ см}$$

ж) На расчетной схеме проводим оси X_c и Y_c

7. Определить продольные силы и нормальные напряжения в стержне, построить эпюры

Пример решения:

а) Определяем продольную силу по участкам

$$N_1 = F_1 = 80 \text{ кН};$$

$$N_2 = F_1 = 80 \text{ кН};$$

$$N_3 = F_1 - F_2 = 80 - 40 = 40 \text{ кН};$$

$$N_4 = F_1 - F_2 = 80 - 40 = 40 \text{ кН};$$

$$N_5 = F_1 - F_2 - F_3 = 80 - 40 - 120 = -80 \text{ кН}$$

б) Строим эпюру продольных сил

в) Определяем нормальное напряжение по участкам

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{80}{5} = 16 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{80}{8} = 10 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_2} = \frac{40}{8} = 5 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$\sigma_4 = \frac{N_4}{A_3} = \frac{40}{10} = 4 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$\sigma_5 = \frac{N_5}{A_3} = \frac{-80}{10} = -8 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

г) Строим эпюру нормальных напряжений

д) Определяем опасный участок

$$\sigma_{max} = 16 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 160 \text{ МПа}$$

8. Определить абсолютное удлинение стержня Δl при действии заданной нагрузки

Пример решения:

1. Определяем величину продольной силы на каждом участке стержня

$$N_1 = F_1 = 70 \text{ кН}$$

$$N_2 = F_1 - F_2 = -60 \text{ кН}$$

$$N_3 = N_2 = -60 \text{ кН}$$

$$N_4 = F_1 - F_2 + F_3 = 70 - 130 + 90 = 30 \text{ кН}$$

2. Найденные значения продольных сил подставляем в формулу и определяем величину удлинения

$$\Delta l_{\text{общ}} = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4$$

$$\Delta l = \frac{N_1 \cdot l_1}{E \cdot A_1}$$

$$\Delta l_{\text{общ}} = \frac{N_1 \cdot l_1}{E \cdot A_1} + \frac{N_1 \cdot l_2}{E \cdot A_2} + \frac{N_1 \cdot l_3}{E \cdot A_3} + \frac{N_1 \cdot l_4}{E \cdot A_4}$$

$$\begin{aligned} \Delta l_{\text{общ}} &= \frac{70 \cdot 80}{E \cdot 20} + \frac{(-60) \cdot 70}{E \cdot 10} + \frac{(-60) \cdot 40}{E \cdot 15} + \frac{30 \cdot 50}{E \cdot 15} = \frac{1}{E} (280 - 420 - 160 + 100) = \\ &= -\frac{200}{2 \cdot 10^4} = -0,01 \text{ см} \end{aligned}$$

$\Delta l_{\text{общ}} = -0,01 \text{ см}$ – укорочение, следовательно стержень сжат

9 Определить главные осевые моменты инерции сечения

Пример решения:

1. Определяем центр тяжести сечения

$$B = 160 \text{ мм} = 16 \text{ см}$$

$$b = 100 \text{ мм} = 10 \text{ см}$$

$$A = 25,3 \text{ см}^2$$

$$X_0 = 2,28 \text{ см}$$

$$Y_0 = 5,23 \text{ см}$$

$$J_x = 667 \text{ см}^4$$

$$J_y = 204 \text{ см}^4$$

N_k/n	$I_i, \text{ см}^2$	$x_i, \text{ см}$	$y_i, \text{ см}$	$J_{x_i}, \text{ см}^4$	$J_{y_i}, \text{ см}^4$
I	$5 \cdot 40 = 200$	$\frac{5}{2} = 2,5$	0	$\frac{5 \cdot 40^3}{12} = 26666$	$\frac{40 \cdot 5^3}{12} = 416,7$
II	25,3	$5 + X_0 =$ $= 5 + 2,28 =$ $= 7,28$	$4 + 16 - Y_0 =$ $= 20 - 5,23 =$ $= 14,77$	667	204
III	25,3	$5 + X_0 =$ $= 7,28$	$-(4 + 16 - Y_0) =$ $= -14,77$	667	204

2. Найденные значения подставляем в формулы для определения центров тяжести и определяем координаты X_c и Y_c по формулам (6) и (7)

$$X_c = \frac{X_1 \cdot A_1 + X_2 \cdot A_2 + X_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{2.5 \cdot 200 + 7.28 \cdot 25.3 + 7.28 \cdot 25.3}{200 + 25.3 + 25.3} = 3.5 \text{ см}$$

$$Y_c = \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2 + Y_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{0 \cdot 200 + 14.77 \cdot 25.3 - 14.77 \cdot 25.3}{200 + 25.3 + 25.3} = 0 \text{ см}$$

3. На рисунке 22 указали центр тяжести и провели оси

4. Определяем центральные осевые моменты инерции:

а) Относительно оси X_c

$$J_{X_c} = J_{X_c}^I + J_{X_c}^{II} + J_{X_c}^{III}$$

$$J_{X_c}^I = J_{X_1}^I + a_1^2 \cdot A_1 = 26666 \text{ см}^4$$

$$a_1 = 0$$

$$J_{X_c}^{II} = J_{X_2}^{II} + a_2^2 \cdot A_2 = 667 + 14.77^2 \cdot 25.3 = 6186 \text{ см}^4$$

$$a_2 = 14.77$$

$$J_{X_c}^{III} = J_{X_3}^{III} = 6186 \text{ см}^4$$

$$J_{X_c} = 26666 + 2 \cdot 6186 = 39038 \text{ см}^4$$

б) Относительно оси Y_c

$$J_{Y_c} = J_{Y_c}^I + J_{Y_c}^{II} + J_{Y_c}^{III}$$

$$J_{Y_c}^I = J_{Y_1}^I + a_{11}^2 \cdot A_1 = 616.7 \text{ см}^4$$

$$a_{11} = 1$$

$$J_{Y_c}^{II} = J_{Y_2}^{II} + a_{22}^2 \cdot A_2 = 204 + 3.78^2 \cdot 25.3 = 565 \text{ см}^4$$

$$a_{22} = 3.78$$

$$J_{Y_c}^{III} = J_{Y_3}^{III} = 565 \text{ см}^4$$

$$J_{Y_c} = 616.7 + 2 \cdot 565 = 1746.7 \text{ см}^4$$

$$J_{Y_c} = 1746.7 \text{ см}^4 ; J_{X_c} = 39038 \text{ см}^4$$

10. От действия заданной нагрузки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов

Пример решения:

1. Вычерчиваем расчетную схему (рис.24);
2. Обозначаем опоры буквами;
3. Опоры заменяем реакциями V_A , H_B , V_B ;
4. Составляем уравнения равновесия

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum M_A = 0 \\ \sum M_B = 0 \end{cases}$$

$$\sum F_x = -H_B = 0; \quad H_B = 0$$

$$\sum M_A = -M + (q \cdot 4) \cdot 4.5 + F \cdot 8.5 - V_B \cdot 10.5 = 0$$

$$V_B = \frac{-M + (q \cdot 4) \cdot 4.5 + F \cdot 8.5}{10.5} = \frac{-58 + (12 \cdot 4) \cdot 4.5 + 16 \cdot 8.5}{10.5} = 28 \text{ кН}$$

$$\sum M_B = V_A \cdot 10.5 - M - (q \cdot 4) \cdot 6 - F \cdot 2 = 0$$

$$V_A = \frac{M + (q \cdot 4) \cdot 6 + F \cdot 2}{10.5} = \frac{58 + (12 \cdot 4) \cdot 6 + 16 \cdot 2}{10.5} = 36 \text{ кН}$$

5. Проверка найденных опорных реакций

$$\sum F_y = V_A - (q \cdot 4) - F + V_B = 36 - (12 \cdot 4) - 16 + 28 = 0$$

Величины опорных реакций определены верно.

6. Балку делим на участки, определяем поперечные силы по участкам

$$Q_1 = -V_B = -28 \text{ кН}$$

$$Q_2 = -V_B = -28 \text{ кН}$$

$$Q_3 = -V_B + F = -28 + 16 = -12 \text{ кН}$$

$$Q_4 = Q_3 = -12 \text{ кН}$$

$$Q_5 = Q_4 = -12 \text{ кН}$$

$$Q_6^{\text{лев}} = V_A = 36 \text{ кН}$$

$$Q_{7,8,9,10}^{\text{лев}} = V_A = 36 \text{ кН}$$

Примечание: при построении эпюр Q и M балку на двух опорах можно рассматривать с двух сторон, при этом величины Q и M в рассматриваемых сечения будут одинаковые;

7. По найденным значениям поперечных сил строим эпюру по участкам;

8. Определяем поперечные силы по участкам балки

$$M_1 = 0$$

$$M_2 = V_B \cdot 2 = 28 \cdot 2 = 56 \text{ кНм}$$

$$M_3 = V_B \cdot 2 = 28 \cdot 2 = 56 \text{ кНм}$$

$$M_4 = V_B \cdot 4 - F \cdot 2 = 28 \cdot 4 - 16 \cdot 2 = 80 \text{ кНм}$$

$$M_5 = V_B \cdot 4 - F \cdot 2 = 28 \cdot 4 - 16 \cdot 2 = 80 \text{ кНм}$$

$$M_6^{\text{лев}} = M_7^{\text{лев}} = V_A \cdot 2.5 - M = 36 \cdot 2.5 - 58 = 32 \text{ кНм}$$

$$M_6^{\text{прав}} = V_B \cdot 8 - F \cdot 6 - q \cdot 4 \cdot 2 = 28 \cdot 8 - 16 \cdot 6 - 12 \cdot 4 \cdot 2 = 32 \text{ кНм}$$

$$M_8^{\text{лев}} = V_A \cdot 2 - M = 36 \cdot 2 - 58 = 14 \text{ кНм}$$

$$M_9^{\text{лев}} = V_A \cdot 2 = 36 \cdot 2 = 72 \text{ кНм}$$

$$M_{10} = 0$$

9. По найденным значениям изгибающих моментов строим эпюру по участкам

10. На эпюре Q на участке между сечениями 5-6 меняется знак на противоположный, следовательно, на эпюре M возникает максимум или минимум.

Находим точку на балке, в которой необходимо определить момент точки K₁, которая называется критической. Для этого определим поперечную силу в этой точке

$$Q_K = -V_B + F + q \cdot x = 0$$

$$Q_K = -28 + 16 + q \cdot x = 0$$

$$q \cdot x = 12$$

$$x = \frac{12}{12} = 1 \text{ м}$$

Момент в точке K:

$$M_K = V_B(4 + x) - F(2 + x) - (q \cdot x) \frac{x}{2} = 28 \cdot 5 - 16 \cdot 3 - 12 \cdot 1 \cdot 0.5 = 86 \text{ кНм}$$

В данном случае в точке K изгибающий момент оказался максимальным для всей балки, т.е. эта точка является критической не только для данного участка, но и для всей балки.

11. Подобрать сечение центрально-сжатой стойки

Пример решения:

1. Задаемся величиной коэффициента продольного изгиба $\varphi = 0.7$

2. Определим требуемую площадь поперечного сечения стойки:

Из условия прочности:

$$\frac{F}{\varphi A} \leq R$$

$$A \geq \frac{F}{\varphi R} = \frac{400 \text{ кН}}{0.7 \cdot 21} = 27.2 \text{ см}^2$$

т.к. стержень имеет площадь, состоящую из двух швеллеров, площадь одного швеллера:

$$A^{\text{с}} = \frac{A}{2} = \frac{27.2}{2} = 13.6 \text{ см}^2$$

По таблицам сортамента выбираем № швеллера

$$\text{№}12, A = 13.3 \text{ см}^2$$

Общая площадь сечения:

$$A_{\text{общ}} = 2 \cdot A = 26.6 \text{ см}^2$$

3. Проверяем устойчивость стержня принятого сечения

а) Определяем минимальный момент инерции сечения:

$$J_x = (J_y^{\text{таб}} + (z_0 + 1)^2 \cdot A^{\text{с}}) \cdot 2 = (31.2 + (1.54 + 1)^2 \cdot 13.3) \cdot 2 = 234 \text{ см}^4$$

$$J_y = J_x^{\text{таб}} \cdot 2 = 304 \cdot 2 = 608 \text{ см}^4$$

$$J_{\text{min}} = J_x = 234 \text{ см}^4$$

б) Определяем минимальный радиус инерции сечения:

$$i_{\text{min}} = \sqrt{\frac{J_{\text{min}}}{A_{\text{общ}}}} = \sqrt{\frac{234}{26.6}} = 2.97 \text{ см}$$

в) Определяем гибкость стержня

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{1 \cdot 250}{2.97} = 84.2$$

г) Определим коэффициент продольного изгиба φ :

По таблице коэффициентов φ имеем, для

$$\lambda = 80 \quad \varphi_{80} = 0.734$$

$$\lambda = 90 \quad \varphi_{90} = 0.666$$

Определяем φ для гибкости $\lambda = 84.2$

$$\varphi_{84.2} = \varphi_{80} - \frac{\varphi_{80} - \varphi_{90}}{10} \cdot 4.2 = 0.734 - \frac{0.734 - 0.666}{10} \cdot 4.2 = 0.706$$

4. Определим напряжение, возникающее в стержне

$$\sigma_{\text{кр}} = \frac{F}{\varphi \cdot A_{\text{общ}}} = \frac{400}{0.706 \cdot 26.6} = 21.3 > R = 21 \text{ кН/см}^2$$

5. Определим % перенапряжение δ

$$\delta = \frac{\sigma_{\text{кр}} - R}{R} 100\% = \frac{21.3 - 21}{21} 100\% = 1.4\%$$

$$\delta = 1.4\% < [\delta] = 2\% - 3\%$$

Следовательно, расчетная площадь поперечного сечения удовлетворяет условиям прочности.

Если перегрузка или недогрузка стержня получается больше чем $[\delta] = 2\% - 3\%$, необходимо повторить весь расчет заново, приняв новый коэффициент продольного изгиба.

$$\varphi'' = \frac{\varphi + \varphi'}{2}$$

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ на 2024-2025 учебный год

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания ПЦК Подпись председателя ПЦК
3	На основании Приказа Минпросвещения России от 03.07.2024 № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты среднего профессионального образования» внесены изменения в формулировки компетенций с 01.09.2024 г.	<p align="center"><u>30.08.2024</u> № <u>1</u></p> <p>Председатель ПЦК ТД</p> <p align="center"><u><i>Л.Н. Гусельникова</i></u> /Л.Н. Гусельникова</p>