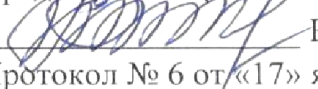


ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Методические указания и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения
образовательных учреждений
среднего профессионального образования
по специальностям укрупненных групп:
15.02.08 Технология машиностроения,
13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Рассмотрена и одобрена цикловой комиссией Утверждена заместителем директора
специальности «Монтаж и техническая по учебной работе
эксплуатация промышленного оборудования
(по отраслям)»

Председатель ЦК:

 Караваяев В.М.
Протокол № 6 от «17» января 2019г.



 А. А. Турова

 2019г.

Методические указания и контрольные задания по учебной дисциплины «Техническая механика» для студентов заочной формы обучения разработаны на основе рабочих программ специальностей среднего профессионального образования.
по специальностям: 15.02.08, 13.02.02

Разработчик: Газеева Р.Р. преподаватель ГАПОУ СО «НТГМК»

Содержание

1. Введение.	4 стр.
2. Общие методические указания.	5 стр.
3. Тематический план и содержание учебной дисциплины	7 стр.
4. Содержание учебной дисциплины.	14 стр.
5. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену	22 стр.
6. Методические указания к выполнению контрольной работы 1.	25 стр.
7. Методические указания к выполнению контрольной работы 2.	37 стр.
8. Информационное обеспечение реализации программы дисциплины Техническая механика.	64 стр.

Введение

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования - "подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности". Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Чтобы овладеть своей специальностью и не отставать от технического прогресса, технику, занятому в любой отрасли народного хозяйства, необходимо иметь хорошую физико-математическую и общетехническую подготовку.

«Техническая механика» - общетехническая дисциплина, назначение которой – дать будущим техникам основные сведения о законах равновесия и движения материальных тел; о методах расчета элементов машин и сооружений на прочность, жесткость и устойчивость; об устройстве, области применения и основах проектирования деталей механизмов и машин общего назначения. Изучение технической механики способствует развитию у обучающихся диалектико-материалистического мировоззрения. Знания и навыки, полученные при изучении этого предмета, являются основой для освоения сложных специальных дисциплин.

Настоящее пособие содержит программу предмета, перечни учебной литературы, методические указания к изучению разделов предмета с вопросами для самопроверки, задания на контрольные работы и методические указания по их выполнению.

Общие методические указания

Количество контрольных работ и их объем по учебной дисциплине «Техническая механика» для студентов заочной формы обучения разработан на основе рабочих программ по специальностям:

специальность	Контрольная работа №1				Контрольная работа №2			
	Задача №				Задача №			
13.02.02. Теплоснабжение и теплотехническое оборудование	2	3	4	–	5	6	7	8
15.02.08 Технология машиностроения	1	2	3	4	5	6	7	8

Программа дисциплины «Техническая механика» разделена на три раздела:

1. Теоретическая механика;
2. Сопротивление материалов;
3. Детали машин.

Изучение учебного материала должно предшествовать выполнению контрольной работы. Следует придерживаться такой последовательности изучением программы и подобрать рекомендованную литературу; изучить материал каждой темы задания в такой последовательности: сначала внимательно и вдумчиво прочитать материал всей темы (не производя выводов и доказательств), разобраться в основных понятиях, определениях, законах, правилах, следствиях и в их логической взаимосвязи; затем тщательно и подробно изучить материал, конспектируя основные положения, определения доказательства и правила; ответить на вопросы для самопроверки. При затруднении с ответами снова вернуться к учебнику и разобраться в сопутствующем материале; закрепить усвоение материала путем разбора решенных задач, приведенных в учебной литературе и в настоящем пособии, а также самостоятельным решением возможно большего числа задач.

Выполнение контрольной работы. После того как материал задания изучен, можно

приступать к выполнению соответствующей контрольной работы. Задачи контрольных работ даны в последовательности тем программы и потому должны решаться постепенно, по мере изучения материала.

Обучающийся должен выполнить 1-2 контрольные работы.

Вариант контрольного задания определяется по двум последним цифрам шифра (номера личного дела) учащегося. Например, учащийся, имеющий шифр 0485, выполняет вариант 85, имеющий шифр 0600 – вариант 00 и т.д.

Номера задач, которые должен решать учащийся в соответствии со своим вариантом, приведены в таблице.

Требования к оформлению и выполнению контрольной работы

Каждая контрольная работа выполняется в отдельной ученической тетради в клетку. Каждую задачу начинают решать с новой страницы, между строками оставляют достаточный интервал (через одну клеточку). Для замечаний преподавателя на страницах оставляют поля шириной не менее 40 мм, а в конце тетради две-три страницы для рецензии. Должны быть выделены в отдельную строку и подчеркнуты заголовки: номер задачи «Условие задачи» «Решение»; «Вывод».

Текст условия переписываются полностью; в случае его многовариантности не относящаяся к заданной задаче часть текста исключается.

Решение задачи делятся на пункты. Каждый пункт решения, должен иметь порядковый номер, заголовок с указанием, что и как определяется; теоретическое обоснование должно быть кратким и не содержать многословных пояснений.

Вычисления рекомендуется выполнять с помощью микрокалькулятора с точностью до трех значащих цифр. Перед чистовым оформлением задачи следует тщательно проверить каждое действие, правильность подстановки числовых значений величин, соблюдение их размерности (принять только единицы СИ). Выполненную работу следует своевременно выслать в колледж.

После получения проверенной работы, необходимо внимательно изучить рецензию и все замечания преподавателя. Если в рецензии содержатся указания на доработку материала, то ее следует выполнять после рецензии под заголовком «Работа над ошибками» с подзаголовками типа «К задаче ...». Не зачтенная работа выполняется заново (старая тетрадь вкладывается в новую) и высылается в колледж для повторного рецензирования.

Зачтенные контрольные работы с выполненной при необходимости работой над ошибками являются необходимым условием допуска к экзамену.

Тематический план и содержание учебной дисциплины ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические работы, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работ (проект) (если предусмотрены)	Объем часов	Уровень освоения
1	2	3	4
Введение	Содержание теоретической механики, ее роль и значение в технике. Материя и движение. Механическое движение. Основные разделы теоретической механики..	1	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Раздел 1. Теоретическая механика.		62	
<u>Статика</u>		40	
Тема 1.1. Основные понятия и аксиомы статики	Материальная точка, абсолютно твердое тело. Равнодействующая и уравнивающая силы. Аксиомы статики. Связи и реакции связей. Определение направления реакций связей основных типов.	1	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил	Плоская система сходящихся сил. Определение равнодействующей системы сил геометрическим способом. Силовой многоугольник. Условие равновесия в векторной форме. Проекция силы на ось, правило знаков. Проекция силы на две взаимно-перпендикулярные оси. Аналитическое определение равнодействующей. Условие равновесия в аналитической форме.	6	2
	Лабораторная работа №1 Знакомство с лабораторией. Техника безопасности. Тема лабораторной работы: Исследование плоской системы сходящихся сил и определение величины и направления равнодействующей силы, уравнивающей исследуемую систему.	2	
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	3	
Тема 1.3. Пара сил и момент силы относительно точки	Пара сил и момент силы относительно точки. Пара сил и её характеристики. Момент пары. Эквивалентные пары. Сложение пар. Условие равновесия системы пар сил. Момент силы относительно точки.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)			
Тема 1.4.	Плоская система произвольно расположенных сил. Приведение силы к	6	2

Плоская и пространственная система произвольно расположенных сил	данной точке.. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей. Равновесие плоской системы сил. Уравнения равновесия и их различные формы. Балочные системы. Классификация нагрузок и виды опор. Определение реакций опор и моментов защемления. Пространственная система сходящихся сил, её равновесие. Пространственная система произвольно расположенных сил, её равновесие.		
	Практические занятия №2 Определение опорных реакций двухопорной балки и балки с жесткой заделкой.	2	
	Контрольная работа Плоская система произвольно расположенных сил.	1	
	Контрольная работа Пространственная система произвольно расположенных сил.	1	
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	6	
Тема 1.5. Центр тяжести	Центр тяжести. Пространственная система параллельных сил. Центр тяжести тела. Центр тяжести составных плоских фигур. Определение центра тяжести составных плоских фигур. Определение центра тяжести составных прокатных профилей.	4	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; Работа со справочной литературой. Составление словаря технической терминологии. Определение положения центра тяжести плоского сечения, составленного из прокатных профилей (решение задач).	3	
<u>Кинематика</u>		10	
Тема 1.6. Основные понятия кинематики. Кинематика точки	Основные понятия кинематики. Траектория движения точки. Понятие расстояния и пройденного пути. Уравнение движения точки. Скорость точки при равномерном и неравномерном движении. Ускорение точки. Виды движения точки в зависимости от ускорения. Кинематические графики.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	2	
Тема 1.7. Простейшие движения твердого тела	Простейшие движения твердого тела. Поступательное движение. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси. Частные случаи вращательного движения точки. Линейные скорости и ускорения вращающегося тела.	4	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	2	
<u>Динамика</u>		12	
Тема 1.8. Основные понятия и аксиомы динамики	Закон инерции. Основной закон динамики. Масса материальной точки. Закон независимости действия сил. Закон действия и противодействия. Две основные задачи динамики.	1	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 1.9.	Свободная и несвободная материальные точки. Сила инерции при	1	2

Движение материальной точки. Метод кинетостатики	прямолинейном и криволинейном движениях. Принцип Даламбера. Понятие о неуравновешенных силах инерции и их влиянии на работу машин.		
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 1.10. Трение. Работа и мощность	Виды трения. Законы трения. Коэффициент трения. Работа постоянной силы. Работа силы тяжести. Работа при вращательном движении. Мощность. Коэффициент полезного действия.	4	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	2	
	Лабораторная работа №3 Техника безопасности. Тема лабораторной работы: «Определение коэффициентов трения скольжения и покоя при различных сочетаниях соприкасающихся тел».	2	
Раздел 2. Сопротивление материалов		85	
Тема 2.1. Основные положения	Основные задачи сопротивления материалов. Деформации упругие и пластические. Основные гипотезы и допущения. Классификация нагрузок и элементов конструкции. Силы внешние и внутренние. Метод сечений. Напряжение полное, нормальное, касательное.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 2.2. Растяжение и сжатие	Внутренние силовые факторы при растяжении и сжатии. Эпюры продольных сил. Нормальное напряжение. Эпюры нормальных напряжений. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука. Коэффициент Пуассона. Определение осевых перемещений поперечных сечений бруса. Испытания материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении. Диаграммы растяжения и сжатия пластичных и хрупких материалов. Механические характеристики материалов. Напряжения предельные, допускаемые и расчетные. Коэффициент запаса прочности. Условие прочности, расчеты на прочность.	8	2
	Практические занятия №4 Расчёт на прочность при растяжении и сжатии.	2	
	Лабораторная работа №5 Техника безопасности. Тема лабораторной работы Принцип Сен-Венана и концентрация напряжений	2	
	Лабораторная работа №6 Техника безопасности. Тема лабораторной работы Испытание образцов на растяжение.	2	
	Лабораторная работа №7 Техника безопасности. Тема лабораторной работы Исследование упругого деформирования витых цилиндрических пружин и определения упругих характеристик при их сжатии.	2	
Самостоятельная	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее	8	

я работа (внеаудиторная)	важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).		
Тема 2.3. Практические расчеты на срез и смятие	Срез, основные расчетные предпосылки, расчетные формулы, условие прочности. Смятие, условности расчета, расчетные формулы, условие прочности. Допускаемые напряжения. Примеры расчетов.	2	2
Самостоятельна я работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 2.4. Кручение	Кручение. Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Внутренние силовые факторы при кручении. Эпюры крутящих моментов. Кручение бруса круглого поперечного сечения. Основные гипотезы. Напряжения в поперечном сечении. Угол закручивания. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Рациональное расположение колёс на валу.	6	2
	Практические занятия №8 Расчёт на прочность и жёсткость при кручении	2	
Самостоятельна я работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	4	
Тема 2.5. Изгиб	Изгиб. Основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Внутренние силовые факторы при прямом изгибе. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе. Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки. Расчеты на прочность при изгибе. Рациональные формы поперечных сечений балок из пластичных и хрупких материалов. Понятие о касательных напряжениях при изгибе. Линейные и угловые перемещения при изгибе, их определение. Расчеты на жесткость.	12	2
	Практические занятия №9 Расчёт на прочность при изгибе.	2	
	Лабораторная работа №10 Техника безопасности. Тема лабораторной работы Определение продольного изгиба в зависимости от закрепления образцов.	2	
Самостоятельна я работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	6	
Тема 2.6. Сложное напряжённое состояние	Изгиб и кручение. Гипотезы прочности. Напряженное состояние в точке упругого тела. Главные напряжения. Максимальные касательные напряжения. Виды напряженных состояний. Упрощенное плоское напряженное состояние. Назначение гипотез прочности. Эквивалентное напряжение. Гипотеза наибольших касательных напряжений. Гипотеза энергии формоизменения. Расчет бруса круглого поперечного сечения при сочетании основных деформаций.	4	2
	Практические занятия №11 Расчёт вала на совместное действие изгиба и кручения.	2	
Самостоятельна я работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, рефераты, презентации).	4	
Тема 2.7. Устойчивость сжатых стержней	Устойчивость сжатых стержней. Критическая сила, критическое напряжение, гибкость. Формула Эйлера. Формула Ясинского. Категории стержней в зависимости от их гибкости. Расчеты на устойчивость сжатых стержней.	4	2
	Лабораторная работа №12	2	

	Техника безопасности. Тема лабораторной работы Исследование поведения гибких стержней при сжатии: построение диаграммы «нагрузка-прогиб» и определение критической нагрузки.		
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, рефераты, презентации).	2	
Тема 2.8. Сопротивление усталости	Сопротивление усталости. Циклы напряжений. Усталостное разрушение, его причины и характер. Кривая усталости, предел выносливости. Факторы, влияющие на величину предела выносливости. Коэффициент запаса.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Раздел 3. Детали машин		68	
Тема 3.1. Основные положения	Цели и задачи раздела. Механизм, машина, деталь, сборочная единица. Требования, предъявляемые к машинам, деталям и сборочным единицам. Критерии работоспособности и расчета деталей машин. Понятие о системе автоматизированного проектирования.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 3.2. Общие сведения о передачах	Общие сведения о передачах. Назначение механических передач и их классификация по принципу действия. Передаточное отношение и передаточное число. Основные кинематические и силовые соотношения в передачах. Расчет многоступенчатого привода.	4	2
	Лабораторная работа №13 Техника безопасности. Тема лабораторной работы Изучение кинематических схем механического привода. Кинематический расчет.	2	
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	4	
Тема 3.3. Неподвижные соединения деталей	Неразъемные соединения. Разъемные соединения. Резьбовые соединения. Понятие о резьбах. Шаг, ход, угол подъема резьбы. Виды крепёжных резьб. Конструкции резьбовых соединений. Расчёты резьбовых соединений.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 3.4. Фрикционные передачи и вариаторы. Винтовые передачи.	Фрикционные передачи и вариаторы. Принцип работы фрикционных передач с нерегулируемым передаточным числом. Цилиндрическая фрикционная передача. Передача с бесступенчатым регулированием передаточного числа - вариаторы. Область применения, определение диапазона регулирования. Передача винт-гайка. Винтовая передача. Передачи с трением скольжения и трением качения. Виды разрушения. Материалы винтовой пары. Расчет передачи.	4	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	2	
Тема 3.5.	Зубчатые передачи. Общие сведения о зубчатых передачах.	6	2

Зубчатые передачи	Характеристики, классификация и область применения зубчатых передач. Основы теории зубчатого зацепления. Краткие сведения об изготовлении зубчатых колес. Подрезание зубьев. Виды разрушений зубчатых колес. Основные критерии работоспособности и расчета. Материалы и допускаемые напряжения. Прямозубые цилиндрические передачи. Геометрические соотношения. Силы, действующие в зацеплении зубчатых колес. Расчет на контактную прочность и изгиб. Косозубые цилиндрические передачи. Особенности геометрии и расчета на прочность. Конические прямозубые передачи. Основные геометрические соотношения. Силы, действующие в передаче. Расчеты конических передач.		
	Лабораторная работа №14 Техника безопасности. Тема лабораторной работы Моделирование процесса нарезания зубьев эвольвентного зацепления по способу огибания и построение зубьев при различном смещении охватываемого профиля.	2	
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	6	
Тема 3.6. Червячная передача	Общие сведения о червячных передачах. Червячная передача с Архимедовым червяком. Геометрические соотношения, передаточное число, КПД. Силы, действующие в зацеплении. Виды разрушения зубьев червячных колес. Материалы зубьев. Расчет передачи на контактную прочность и изгиб. Тепловой расчет червячной передачи.	4	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 3.7. Общие сведения о редукторах	Общие сведения о редукторах. Назначение, устройство, классификация. Конструкции одно- и двухступенчатых редукторов. Мотор-редукторы. Основные параметры редукторов.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
	Лабораторная работа №15 Техника безопасности. Тема лабораторной работы Исследование основных характеристик редукторных передач - цилиндрический редуктор.	2	
Тема 3.8. Ременные передачи	Общие сведения о ременных передачах. Детали ременных передач. Основные геометрические соотношения. Силы и напряжения в ветвях ремня. Передаточное число. Расчет передач по тяговой способности.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	2	
	Лабораторная работа №16 Техника безопасности. Тема лабораторной работы Определение основных характеристик ременных передач.	2	
Тема 3.9. Цепные передачи	Общие сведения о цепных передачах, классификация, детали передач. Геометрические соотношения. Критерии работоспособности. Проектно-проверочные расчеты передач.	2	2
Самостоятельная работа	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее	1	

(внеаудиторная)	важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).		
Тема 3.10. Общие сведения о некоторых механизмах	Основные сведения о некоторых механизмах. Плоские механизмы первого и второго рода. Общие сведения, классификация, принцип работы.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 3.11. Валы и оси, шпоночные и шлицевые соединения	Валы и оси, их назначение и классификация. Элементы конструкций, материалы валов и осей. Проектировочный и проверочный расчеты. Шпоночные и шлицевые соединения. Классификация, сравнительная характеристика. Проверочный расчет соединений.	2	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 3.12. Опоры валов и осей	Опоры валов и осей. Общие сведения. Подшипники скольжения. Виды разрушения, критерии работоспособности. Расчеты на износостойкость и теплостойкость. Подшипники качения. Классификация, обозначение. Особенности работы и причины выхода из строя. Подбор подшипников по динамической грузоподъемности. Смазка и уплотнения.	4	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, доклады, рефераты, презентации).	1	
Тема 3.13. Муфты	Муфты. Назначение и классификация муфт. Устройство и принцип действия основных типов муфт. Подбор стандартных и нормализованных муфт.	1	2
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	- подготовка по конспекту лекций; самостоятельная работа с литературой; выполнение практических работ; решение задач; наиболее важные теоретические вопросы (сообщения, рефераты, презентации).	1	
Всего:		215	

Содержание учебной дисциплины.

Методические рекомендации определяют сущность самостоятельной работы студентов, ее назначение, планирование, формы организации и виды контроля.

Учебная дисциплина Техническая механика наряду с учебными дисциплинами общепрофессионального цикла обеспечивает формирование элементов общих и частично профессиональных компетенций для дальнейшего освоения профессиональных модулей:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

Техник должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими основным видам профессиональной деятельности, определенных ФГОС СПО по специальностям.

Введение.

Студент должен:

знать:

- содержание дисциплины

Основные разделы технической механики: теоретическая механика, сопротивление материалов, детали машин. Значение технической механики в комплексе общетехнических знаний.

Использование основ технической механики при решении ряда прикладных задач специальных дисциплин. Содержание теоретической механики, её роль и назначение в технике. Материя и движение. Механическое движение. Основные разделы теоретической механики.

Раздел 1. Теоретическая механика.

Статика.

Тема 1.1 Основные понятия и аксиомы статики.

Студент должен:

знать:

- аксиомы статики;
- основные типы связей и их реакций;
- принципы освобождения тела от связей;

уметь:

- определять направление реакций связей основных типов.

Основные понятия и аксиомы статики.

Материальная точка, абсолютно твёрдое тело. Сила, система сил, эквивалентные системы сил. Равнодействующая и уравнивающая силы. Аксиомы статики. Связи и реакции связей. Определение направления реакций связей основных типов.

Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил.

Студент должен:

знать:

- геометрическое и аналитическое условия равновесия системы сил;

уметь:

- определять реакции связей аналитическим способом, рационально выбирая координатные оси.

Плоская система сходящихся сил. Система сходящихся сил. Способы разложения двух сил. Разложение силы на две составляющие. Определение равнодействующей системы сил геометрическим способом. Силовой многоугольник. Проекция силы на ось, правило знаков. Проекция силы на две взаимно-перпендикулярные оси. Аналитическое определение равнодействующей. Условие равновесия в геометрической и аналитической формах. Рациональный выбор координатных осей.

Тема 1.3 Пара сил. Момент силы относительно точки.

Студент должен:

знать:

- расчетные формулы для определения моментов пар сил и силы относительно точки;

уметь:

- определять равнодействующую пару системы пар сил;
- рассчитывать моменты сил относительно точки;
- решать задачи на равновесие пар сил. Пара сил. Момент силы относительно точки.

Пара сил и её характеристики. Момент пары. Эквивалентные пары. Сложение пар. Условия равновесия системы пар сил. Момент силы относительно точки.

Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил.

Студент должен:

знать:

- теорему Пуансо о приведении силы к точке (без вывода);
- формулы для определения главного вектора и главного момента системы сил (без вывода);
- **уравнения равновесия в трех формах;**

уметь:

- заменять произвольную плоскую систему сил одной силой и одной парой;
- определять реакции в опорах балочных систем, выполнять проверку правильности решения.

Плоская система произвольно расположенных сил. Приведение силы к данной точке. Приведение плоской системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент системы сил. Равнодействующая системы сил. Равновесие плоской системы сил. Уравнения равновесия и их различные формы. Балочные системы. Классификация нагрузок и виды опор. Определения реакций опор и моментов заземления.

Тема 1.5 Пространственная система сил

Студент должен:

знать:

- момент силы относительно оси, свойства момента;
- аналитический способ определения равнодействующей;
- условия равновесия;

уметь:

- выполнять разложение сил на три взаимно-перпендикулярные оси;
- определять момент силы относительно оси. Пространственная система сил.

Проекция силы на ось, не лежащую с ней в одной плоскости. Момент силы относительно оси. Пространственная система сходящихся сил, её равновесие. Пространственная система произвольно расположенных сил, её равновесие.

Тема 1.6 Центр тяжести

Студент должен:

знать:

- методы для определения центра тяжести тела;
- формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур;

уметь:

- определять положение центра тяжести фигур, составленных из стандартных профилей. Центр тяжести.

Сила тяжести как равнодействующая вертикальных сил. Центр тяжести тела Центр тяжести простых геометрических фигур. Определение центра тяжести составных плоских фигур

Кинематика.

Тема 1.7 Основные понятия кинематики.

Студент должен:

знать:

- способы задания движения точки: естественный и координатный;
- обозначения, размерность, взаимосвязи кинематических параметров движения;

уметь:

- определять траекторию движения точки. Основные понятия кинематики.

Основные характеристики движения: траектория, путь, скорость, ускорение.

Тема 1.8 Кинематика точки. Простейшее движение твердого тела.

Студент должен:

знать:

- формулы скоростей и ускорений точки (без вывода);
- формулы (без вывода) и графики равномерного и равнопеременного движений точки;
- формулы для определения параметров поступательного и вращательного движений тела;

уметь:

- строить и читать кинематические графики;
- определять параметры движения любой точки. Кинематика точки. Простейшее движение твердого тела.

Средняя скорость и скорость в данный момент. Ускорение полное, нормальное и касательное. Кинематические графики.

Поступательное движение. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси.

Линейные скорости и ускорения вращающегося тела.

Динамика.

Тема 1.9 Основные понятия и аксиомы динамики.

Студент должен:

знать:

- аксиомы динамики;
- математическое выражение основного закона динамики; Основные понятия и аксиомы динамики

Две основные задачи динамики. Принцип инерции. Основной закон динамики. Зависимость между массой и силой тяжести. Закон равенства действия и противодействия. Принцип независимости действия сил.

Тема 1.10 Движение материальной точки. Метод кинетостатики.

Студент должен:

знать:

- формулы для расчета силы инерции при поступательном и вращательном движении;
- определять параметры движения материальной точки, используя принцип Даламбера.

Движение материальной точки.

Движение свободной и несвободной материальных точек. Сила инерции. Принцип Даламбера.
Тема 1.11 Трение. Работа и мощность.

Студент должен:

знать;

- формулы расчета силы трения;
- формулы для расчета работы и мощности при поступательном и вращательном движении,

КПД;

уметь:

- рассчитывать работу и мощность с учетом силы трения и сил инерции. Трение. Работа и мощность.

Виды трения. Законы трения скольжения. Трение качения. Коэффициент трения. Работа и мощность. Работа постоянной силы. Работа силы тяжести. Работа при вращательном движении. Мощность. КПД.

Раздел 2 Сопротивление материалов.

Тема 2.1. Основные положения.

Студент должен:

знать:

- виды деформаций;
- метод сечений;
- виды внутренних силовых факторов;
- составляющие вектора напряжений;

уметь:

- определять виды нагружения и внутренние силовые факторы в поперечных сечениях.

Основные положения.

Основные задачи сопротивления материалов. Деформации. Гипотезы и допущения.

Классификация нагрузок. Силы внешние и внутренние. Метод сечений. Механические напряжения.

Тема 2.2. Растяжение и сжатие.

Студент должен:

знать:

- методы определения продольных сил и нормальных напряжений и построения эпюр при растяжении и сжатии;
- закон Гука;
- формулы для расчета продольных и поперечных деформаций;
- условия прочности и жесткости;

уметь:

- строить эпюры продольных сил и нормальных напряжений;
- проводить расчеты на прочность и жесткость.

Растяжение и сжатие.

Внутренние силовые факторы при растяжении и сжатии. Нормальное напряжение. Эпюры продольных сил и нормальных напряжений. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука. Коэффициент Пуассона. Определение осевых перемещений поперечных сечений бруса. Испытание материалов при растяжении и сжатии. Диаграммы растяжения и сжатия пластических и хрупких материалов. Напряжения предельные, допускаемые и расчетные. Условия прочности. Расчеты на прочность.

Тема 2.3. Практические расчеты на срез и смятие.

Студент должен:

знать:

- внутренние силовые факторы при сдвиге и смятии;
- условия прочности;

уметь:

- проводить расчеты на срез и смятие соединений и деталей машин. Практические расчеты на срез и смятие. Основные расчетные предпосылки и расчетные формулы. Условия прочности. Примеры расчетов.

Тема 2.4. Геометрические характеристики плоских сечений.

Студент должен:

знать:

- формулы для расчета осевых моментов инерции простейших сечений и полярных моментов инерции круга и кольца. Геометрические характеристики плоских сечений. Осевые, центробежные, полярные моменты инерции. Главные оси и главные центральные моменты инерции. Осевые моменты инерции простейших сечений. Полярные моменты инерции круга и кольца.

Тема 2.5. Кручение.

Студент должен:

знать:

- формулы для расчета напряжений в точке поперечного сечения бруса;
- закон Гука при сдвиге;

уметь:

- выполнять проектировочный и проверочный расчеты на прочность круглого бруса;
- проводить проверку на жесткость.

Кручение. Внутренние силовые факторы при кручении. Эпюры крутящих моментов. Кручение бруса круглого и кольцевого поперечного сечения. Напряжения в поперечном сечении. Угол закручивания. Расчеты на прочность и жесткость при кручении. Рациональное расположение колес на валу.

Тема 2.6. Изгиб.

Студент должен:

знать:

- порядок построения и контроля эпюр поперечных сил и изгибающих моментов;
- формулы для расчета нормальных напряжений в поперечном сечении при чистом изгибе (без вывода);
- условия прочности и жесткости;

уметь:

- выполнять проектировочный и проверочный расчеты на прочность при прямом поперечном изгибе. Изгиб. Виды изгиба. Внутренние силовые факторы при прямом изгибе. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе. Расчеты на прочность при изгибе. Рациональные формы поперечных сечений балок. Понятия о касательных напряжениях при изгибе, о линейных и угловых перемещениях

Тема 2.7. Сочетание основных деформаций. Гипотезы прочности и их применение.

Студент должен:

знать:

- формулы для эквивалентных напряжений по гипотезам наибольших касательных напряжений;

уметь:

- рассчитывать брус круглого поперечного сечения на прочность при совместном действии изгиба и кручения

Сочетание основных деформаций. Гипотезы прочности и их применение. Напряженное состояние в точке упругого тела. Виды напряженных состояний. Упрощенное плоское напряженное состояние.

Назначение гипотез прочности. Эквивалентное напряжение. Расчеты на прочность.

Тема 2.8. Устойчивость сжатых стержней.

Студент должен:

знать:

- условия устойчивости сжатых стержней;

- формулу Эйлера и эмпирические формулы расчета критической силы и критических напряжений;

уметь:

- выполнять проверочные расчеты на устойчивость сжатых стержней. Устойчивость сжатых стержней. Формула Эйлера. Формула Ясинского. Категории стержней в зависимости от их гибкости. Расчеты на устойчивость сжатых стержней.

Тема 2.9. Сопротивление усталости.

Студент должен:

знать:

- характер усталостных разрушений;
- факторы, влияющие на сопротивление усталости;
- формулы расчета на прочность при переменном нагружении;

уметь:

- выполнять расчеты на прочность при переменном нагружении. Сопротивление усталости.

Основные понятия.

Факторы, влияющие на сопротивление усталости. Основные расчеты на прочность при переменном нагружении.

Раздел 3

Детали машин.

Тема 3.1. Основные положения.

Общие сведения о передачах.

Студент должен:

знать:

- определение понятий: машина, механизм, деталь, сборочная единица;
- классификацию машин по назначению;
- кинематические и силовые соотношения в передаточных механизмах;

уметь:

- определять по реальному объекту модели, плакату составляющие: деталь, сборочная единица, механизм, привод.

Основные положения деталей машин. Цели и задачи раздела. Машина, механизм, деталь, сборочная единица. Критерии работоспособности и расчета деталей машин. Выбор материалов для деталей машин. Основные понятия о надежности машин и их деталей. Стандартизация и взаимозаменяемость. Общие сведения о передачах. Основные характеристики передач, кинематические и силовые расчеты многоступенчатого привода.

Тема 3.2. Фрикционные передачи.

Студент должен:

знать:

- устройства и материалы фрикционных передач;
- формулы для кинематического и силового расчетов и расчетов на прочность;
- порядок проекторочного расчета цилиндрических фрикционных передач.

Фрикционные передачи. Вариаторы.

Принцип работы фрикционных передач с нерегулируемым передаточным числом.

Цилиндрическая фрикционная передача. Передача с бесступенчатым регулированием передаточного числа - вариаторы. Область применения, определение диапазона регулирования.

Тема 3.3 Ременные передачи.

Студент должен:

знать:

- геометрические зависимости ременных передач;
- формулы для расчета передаточного отношения ременной передачи;
- основы расчета ременной передачи по тяговой способности и на долговечность;

уметь:

- выполнять кинематический, силовой и геометрический расчет ременных передач;
- проводить расчет по тяговой способности.

Общие сведения о ременных передачах. Детали ременных передач. Основные геометрические соотношения. Силы и напряжения в ветвях ремня. Передаточное число. Расчет передач по тяговой способности.

Тема 3.4 Зубчатые передачи.

Студент должен:

знать:

- устройство, принцип работы, классификацию и сравнительную оценку зубчатых передач;
- основные характеристики зубчатого зацепления;
- основные характеристики, геометрические, кинематические и силовые соотношения цилиндрических и конических зубчатых передач;
- усилия в зацеплениях;
- основы расчета на контактную прочность и изгиб;

уметь:

- выполнять геометрические, кинематические и силовые расчеты зубчатых передач, расчеты на контактную прочность и изгиб.

Зубчатые передачи.

Общие сведения о зубчатых передачах. Основные характеристики, классификация и область применения. Основы теории зубчатого зацепления. Зацепление двух эвольвентных колес. Зацепление шестерни с рейкой. Изготовление зубчатых колес. Подрезание зубьев. Виды разрушения зубчатых колес. Основные критерии работоспособности и расчета. Материалы и допускаемые напряжения. Прямозубые цилиндрические передачи. Геометрические соотношения. Силы, действующие в зацеплении зубчатых колес. Расчеты на контактную прочность и изгиб. Косозубые цилиндрические передачи. Особенности геометрии и расчета на прочность. Конические прямозубые передачи. Геометрические соотношения. Силы, действующие в передаче. Расчеты конических передач. Передачи с зацеплением Новикова. Планетарные зубчатые передачи. Принцип работы и устройства.

Тема 3.5. Цепные передачи.

Студент должен:

знать:

- основные параметры, кинематику и геометрию цепных передач;
- основы расчета на износостойкость шарниров;

уметь:

- производить подбор приводных роликовых цепей и выполнять проверочный расчет.

Общие сведения о цепных передачах, классификация, детали передач. Геометрические соотношения. Критерии работоспособности. Проектировочный и проверочный расчеты передачи.

Тема 3.6. Червячные передачи.

Студент должен:

знать:

- принцип работы, устройство, геометрические и кинематические соотношения;
- формулы для расчета сил, действующих в зацеплении;
- основы расчета на контактную прочность и изгиб;

уметь:

- выполнять проектировочный и проверочный расчеты червячной передачи. Общие сведения о червячных передачах. Червячная передача с Архимедовым червяком. Геометрические соотношения, передаточное число, КПД. Силы, действующие в зацеплении. Виды разрушения зубьев червячных колес. Материалы звеньев. Расчеты на контактную прочность и изгиб. Тепловой расчет червячной передачи.

Тема 3.7. Муфты

Студент должен:

знать:

- назначение и конструкцию муфт основных типов;

уметь:

- подбирать соединительные муфты по заданному моменту и диаметру валов.

Муфты.

Назначение и классификация муфт. Устройство и принцип действия основных типов муфт.

Подбор стандартных и нормализованных муфт.

Тема 3.8. Валы и оси.

Студент должен:

знать:

- расчетные формулы для проведения проектировочного и проверочного расчетов валов и осей;

уметь:

- составлять расчетную схему, выполнять расчет прямых валов и осей на прочность.

Валы и оси, их назначение и классификация. Элементы конструкций, материалы валов и осей.

Проектировочный и проверочный расчет.

Тема 3.9. Подшипники

Студент должен:

знать:

- конструкции, материалы, смазку и КПД подшипников скольжения;
- порядок расчетов на теплостойкость и износостойкость;
- основные типы подшипников качения, маркировка, способы установки;
- влияние различных факторов на долговечность и порядок расчета;

уметь:

- подбирать подшипники для валов и осей;
- проводить проверку подшипников скольжения на износостойкость и теплостойкость;
- проводить проверку подшипников качения на долговечность.

Подшипники.

Общие сведения. Подшипники скольжения. Виды разрушения, критерии работоспособности.

Расчеты на износостойкость и теплостойкость. Подшипники качения. Классификация, обозначение. Особенности работы и причины вывода из строя. Подбор подшипников по динамической грузоподъемности. Смазка и уплотнения.

Тема 3.10 Соединение деталей машин.

Студент должен:

знать:

- основные типы сварных соединений;
- основные случаи применения соединений с натягом, особенности работы;
- виды резьбовых соединений и стандартных крепёжных деталей;
- типы соединений стандартными шпонками;
- порядок подбора по ГОСТ шпонок и шлицевых соединений;

уметь:

- выполнять проверочные расчеты сварных клеевых соединений;
- выполнять расчеты одиночного болта при постоянной нагрузке;
- подбирать шпонки и шлицевые соединения и производить их проверочный расчет.

Неразъёмные соединения. Соединения сварные, паяные и клеевые. Основные типы сварных швов и сварных соединений. Допускаемые напряжения. Расчет соединений при осевом нагружении. Общие сведения о клеевых и паяных соединениях. Разъёмные соединения.

Резьбовые соединения. Расчет одиночного болта при постоянной нагрузке. Шпоночные и шлицевые соединения. Классификация, сравнительная характеристика. Проверочный расчет соединений.

Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену по дисциплине Техническая механика

Теоретическая механика

1. Находится ли в состоянии равновесия тело, если оно с постоянной скоростью движется по прямой или равномерно вращается вокруг неподвижной оси?
2. Переведите в единицы СИ следующие числовые значения сил: 10 кгс, 10 тс.
3. Нарушится ли равновесие силы F_1 и F_2 поменять местами? Изменится ли при этом вид нагружения тела?
4. Можно ли две силы по 100 Н заменить одной силой 50 Н? Возможно ли обратное действие?
5. Каким правилом (параллелограмма или треугольника) удобнее пользоваться при последовательном сложении нескольких сходящихся в одной точке сил?
6. Могут ли уравниваться силы действия и противодействия двух тел?
7. К какому телу приложена реакция опоры: к самой опоре или к опирающемуся телу?
8. Почему силы пары не включают в уравнения проекций сил системы на координатные оси?
9. Можно ли утверждать, что тело находится в равновесии под действием произвольной системы сил, если известно только, что относительно из одной из его точек сумма моментов равна нулю (рассматриваемое тело не является рычагом)?
10. Почему в шарнирных опорах балок возникает только реактивные силы, а в заделке, кроме того, и реактивный момент?
11. Является ли центр тяжести тела центром параллельных сил?
12. Могут ли быть равны нулю моменты инерции сечения?
13. Относительно какой оси тела вычисляется полярный момент инерции сечения: относительно продольной оси тела или относительно осей поперечного сечения, круга или кольца при равной площади сечения моменты инерции больше?
14. Для какого вида сечения, круга или кольца при равной площади сечения моменты инерции больше?
15. Во сколько раз осевой момент инерции круга относительно его центральной оси меньше полярного момента инерции?

Сопротивление материалов

1. Расскажите, что называется прочностью, жесткостью, устойчивостью?
2. Запишите, как обозначается деформация при сдвиге?
3. Расскажите, по какому принципу классифицируют нагрузки в сопротивлении материалов?
4. Запишите условия прочности на сдвиг и смятие.
5. Расскажите, какие нагрузки принято считать сосредоточенными?
6. Опишите физический смысл модуля упругости?
7. Дайте понятие «бруса». Нарисуйте любой брус и укажите ось бруса и его поперечное сечение.
8. Запишите закон Гука при сдвиге.
9. Запишите, как обозначается деформация при сдвиге?

10. Расскажите, что называется деформацией? Какие деформации называют упругими?
11. Сформулируйте закон Гука при растяжении и сжатии.
12. Расскажите, какие внутренние силовые факторы возникают при сдвиге и смятии?
13. Расскажите, какие силы в сопротивлении материалов считают внешними, а какие силы являются внутренними?
14. Объясните, каким опытом можно подтвердить возникновение касательных напряжений в продольных сечениях балки?
15. Расскажите, какими методами определяют внешние силы?
16. Объясните, почему при поперечном изгибе в продольных сечениях балки возникают касательные напряжения?
17. Расскажите, какие внутренние силовые факторы возникают в сечении балки при чистом и поперечном изгибах?
18. Сформулируйте метод сечений.
19. Расскажите, как в сопротивлении материалов располагают систему координат?
20. Напишите условие прочности при изгибе.
21. Расскажите, что в сопротивлении материалов называют внутренними силовыми факторами? Сколько в общем случае может возникнуть внутренних силовых факторов?
22. Напишите формулу для определения нормального напряжения при изгибе в любой точке поперечного сечения.
23. Запишите систему уравнений, используемую при определении внутренних силовых факторов в сечении?
24. Распределенная нагрузка направлена вверх. Расскажите, как выглядит парабола, очерчивающая эпюру изгибающих моментов вдоль оси бруса?
25. Расскажите, как обозначается и как определяется продольная сила в сечении?
26. Зарисуйте, как определить положение экстремального значения изгибающего момента при действии распределенной нагрузки на участке балки?
27. Запишите, как обозначаются и как определяются поперечные силы?
28. Если эпюра поперечной силы ограничена наклонной прямой, расскажите, как выглядит эпюра изгибающего момента?
29. Запишите, как обозначаются и определяются изгибающие и крутящие моменты?
30. Расскажите, какие силовые факторы возникают в сечении при поперечном изгибе?
31. Дайте понятие механическим напряжениям?
32. Расскажите, какие силовые факторы возникают в сечении балки при чистом изгибе?
33. Зарисуйте, как по отношению к площадке направлены нормальное и касательное напряжения? Как они обозначаются?
34. Расскажите, какой изгиб называют прямым? Что такое косой изгиб?
35. Расскажите, какие внутренние силовые факторы возникают в сечении бруса при растяжении и сжатии?
36. Напишите условия прочности и жесткости при кручении.
37. Расскажите, как распределяются по сечению силы упругости при растяжении и сжатии? (Использовать гипотезу плоских сечений.)
38. Объясните, в чем заключается расчет на жесткость при кручении?
39. Расскажите, какого характера напряжения возникают в поперечном сечении при растяжении и сжатии: нормальные или касательные?
40. Объясните, в чем заключается расчет на прочность при кручении?
41. Зарисуйте, как распределены напряжения по сечению при растяжении и сжатии?
42. Расскажите, почему для деталей, работающих на кручение, выбирают круглое поперечное сечение?
43. Запишите формулу для расчета нормальных напряжений при растяжении и сжатии.
44. Дайте определение полярному моменту инерции? Какой физический смысл имеет эта величина?
45. Расскажите, что показывает эпюра продольной силы?
46. Напишите формулу для расчета напряжения в любой точке поперечного сечения.

47. Расскажите, в каких единицах измеряется напряжение?
48. Зарисуйте, как распределяется касательное напряжение при кручении?
49. Запишите, как определяют абсолютное удлинение ступенчатого бруса, нагруженного несколькими силами?
50. Расскажите, какая связь между углом сдвига и углом закручивания?
51. Расскажите, что характеризует модуль упругости материала? Какова единица измерения модуля упругости?
52. Объясните, для чего необходимо рациональное расположение колес на валу?
53. Сформулируйте закон Гука в современной форме при растяжении и сжатии.
54. Расскажите, какие внутренние силовые факторы возникают при кручении?
55. Расскажите, что характеризует коэффициент поперечной деформации?
56. Объясните, изменяются ли длина и диаметр вала после скручивания, почему?
57. Запишите формулы для определения удлинения бруса.
58. Расскажите, какие гипотезы выполняются при деформации кручения?
59. Расскажите, что характеризует произведение АЕ и как оно называется?
60. Объясните, какие деформации возникают при кручении?

Контрольная работа №1

Методические рекомендации к решению задач №1, 2

Тема 1.2. Плоская система сходящихся сил

Знать способы сложения двух сил и разложение силы на составляющие, геометрический и аналитический способы определения равнодействующей силы, условия равновесия плоской сходящейся системы сил.

Уметь определять равнодействующую системы сил, решать задачи на равновесие геометрическим и аналитическим способом, рационально выбирая координатные оси.

Расчетные формулы

Равнодействующая системы сил определяется:

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}; \quad F_{\Sigma x} = \sum_0^n F_{kx}; \quad F_{\Sigma y} = \sum_0^n F_{ky},$$

Где $R_{\Sigma x}$, $R_{\Sigma y}$ - проекции равнодействующей на оси координат; R_{kx} , R_{ky} - проекции векторов сил системы на оси координат.

$$\cos \alpha_{\Sigma x} = \frac{F_{\Sigma x}}{F_{\Sigma}},$$

Где $\alpha_{\Sigma x}$ - угол равнодействующей с осью Ox .

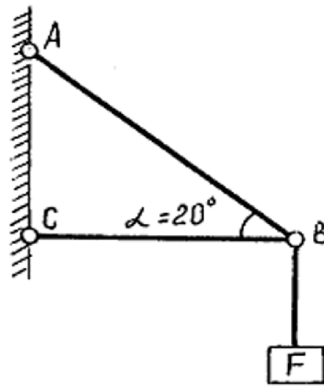
Условие равновесия

$$\begin{cases} \sum_0^n F_{kx} = 0; \\ \sum_0^n F_{ky} = 0. \end{cases}$$

Если плоская система сходящихся сил находится в равновесии, многоугольник сил должен быть замкнут.

Пример. Определить недостающие из сил:

реакцию стержня F_{CB} и силу груза F , если реакция стержня $F_{AB}=6\text{кН}$.



Решение

1. Механизм (рис.) состоит из стержней АВ, ВС, соединенных шарниром В, который вертикальной тягой связан с грузом F.

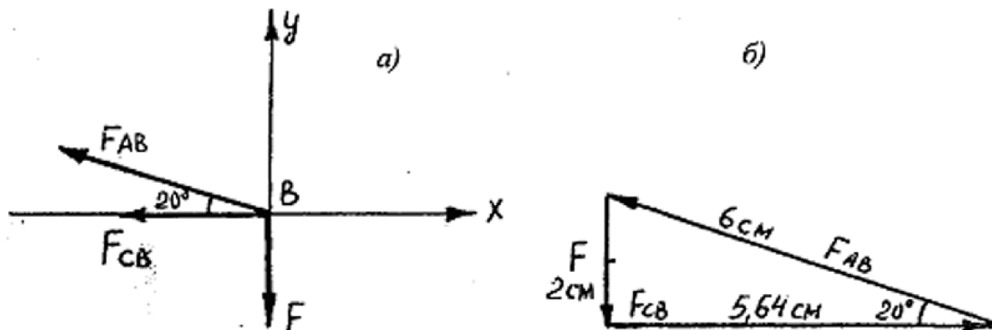
Так как тяга груза F, стержни АВ и СВ связаны с одним телом - шарниром В, то освобождаем от связей шарнир В.

2. Отбрасываем тягу, стержни.

3. Из точки (шарнир В) направляем активную силу тяги F – вертикаль но вниз, реакцию стержня F_{CB} - горизонтально влево, реакцию стержня F_{AB} - под углом 20° к горизонту (как стержень ВС) стрелкой влево – вверх (рис. а).

Направление реакций связей принимается произвольно. Правильность выбранного направления определяется знаком модуля реакции: при знаке «-» истинное направление реакции противоположно выбранному.

4. Точку В помещаем в начало осей координат, ось X проводим совпадающей с вектором F_{CB} , вторую Y - перпендикулярно (рис. а).



Составляем уравнение равновесия

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0; & -F_{AB} \cdot \cos \alpha - F_{CB} &= 0; \\ \sum F_y &= 0; & F_{AB} \cdot \sin \alpha - F &= 0.\end{aligned}$$

Решаем уравнения

$$F_{CB} = -F_{AB} \cdot \cos \alpha = -6 \cdot \cos 20^\circ = -6 \cdot 0,94 = -5,64 \text{ кН}.$$

$$F = F_{AB} \cdot \sin \alpha = 6 \cdot \sin 20^\circ = 6 \cdot 0,34 = 2,04 \text{ кН}.$$

Данная система находится в состоянии равновесия, если соотношение параметров (сил) будет таково: $F=2,04 \text{ кН}$, $F_{AB}=6 \text{ кН}$, $F_{CB}=5,64 \text{ кН}$.

Сила F_{CB} должна действовать в противоположном от заданного направления, так как ее значение получилось отрицательным.

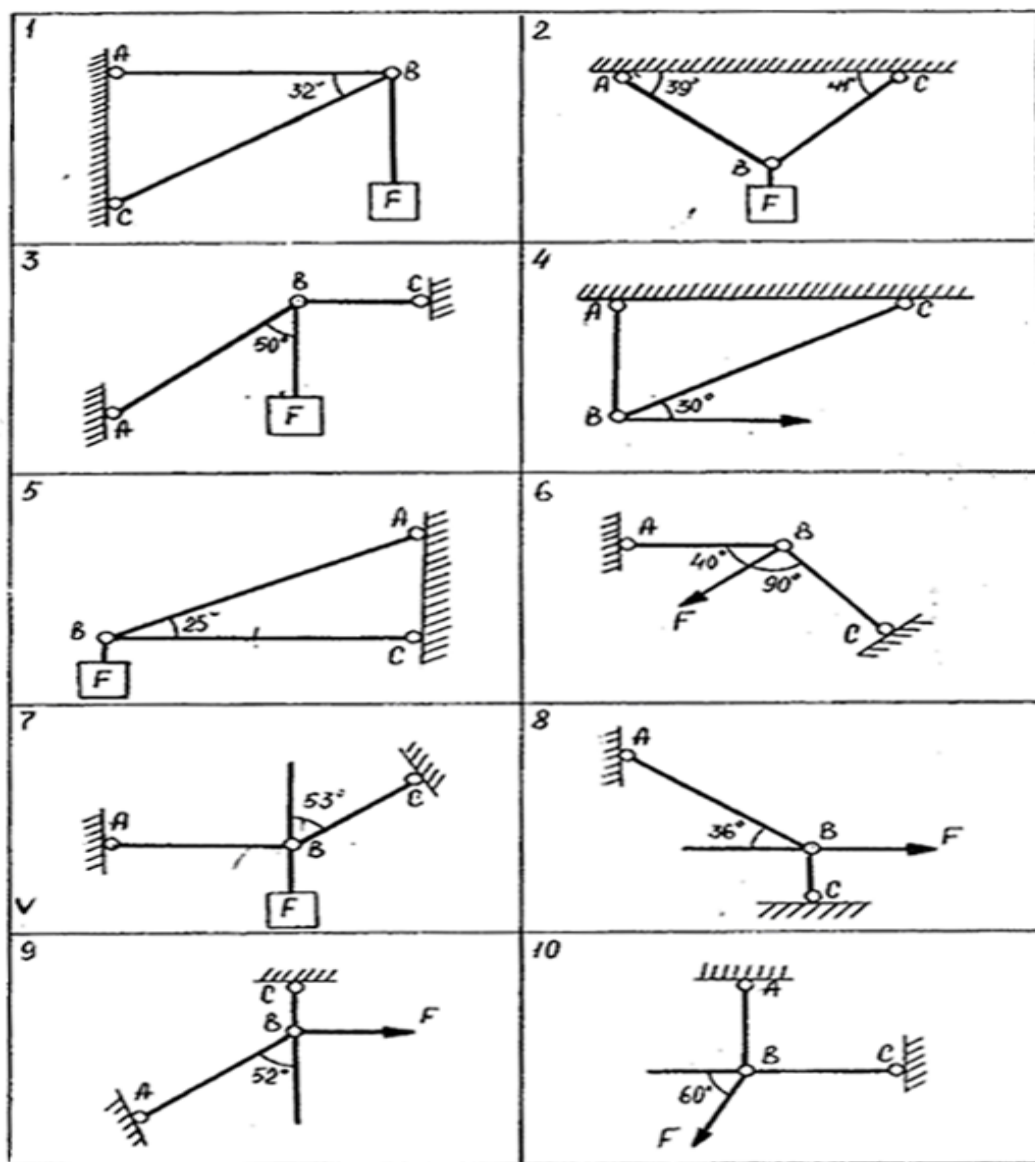
5. Для проверки правильности решения применяем графический метод, в выбранном масштабе $M 1\text{кН}:1\text{см}$, строим замкнутый силовой треугольник (рис. б).

Следует отметить, что векторный треугольник показывает действительное, а не предполагаемое направление искомых сил.

ЗАДАЧА №1

Определить недостающие из сил F , R_A , R_C в заданной системе. Номер схемы и исходные данные указаны в таблице.

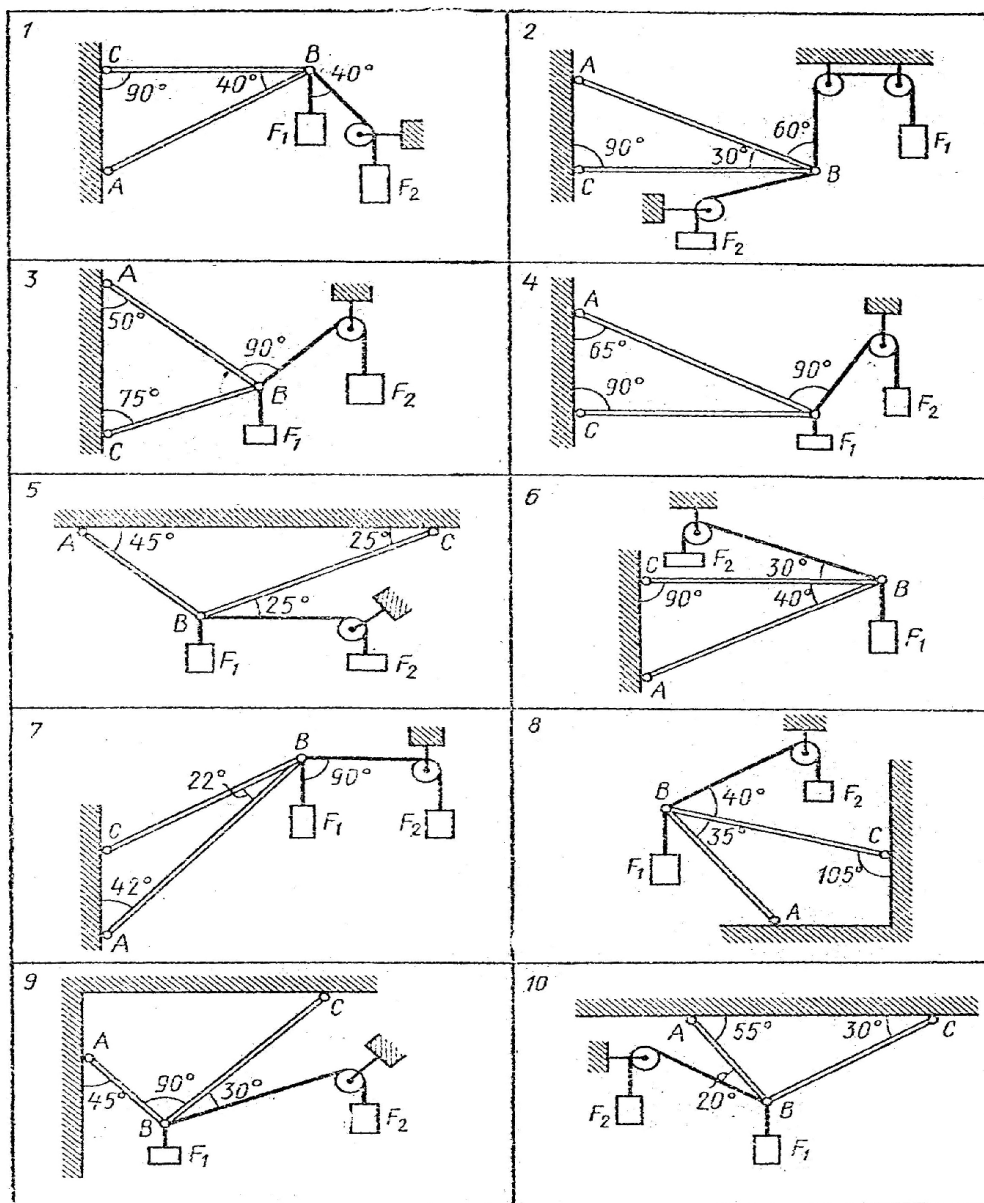
номер схемы										F кН	R_A кН	R_C кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
вариант												
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0,3		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		0,3	
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			0,5
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	0,4		
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49		0,8	
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59			0,3
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	0,5		
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79		0,7	
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89			0,5
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0,8		



ЗАДАЧА №2

Определить реакции стержней АВ и ВС, удерживающих грузы F_1 и F_2 . Массой стержней пренебречь. Номер схемы и исходные данные указаны в таблице.

номер схемы										F_1 кН	F_2 кН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
вариант											
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	12
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	6	8
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	8	20
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	22	4
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	7	14
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	21	22
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	14	25
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	21	7
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8	5
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	4	3



Методические рекомендации к решению задач №3, 4.

Тема 1.3. Пара сил и момент силы относительно точки

Тема 1.4. Плоская и пространственная система произвольно расположенных сил.

Тема 1.6 Центр тяжести

Студент должен:

Знать расчетные формулы для определения моментов пар сил и силы относительно точки; три формы уравнений равновесия и уметь ими пользоваться при определении реакций в опорах балочных систем; методы для определения центра тяжести тела; формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур;

Уметь определять равнодействующую пару системы пар сил; рассчитывать моменты сил относительно точки, решать задачи на равновесие пар сил. относительно точки; определять положение центра тяжести фигур, составленных из стандартных профилей.

Пара сил. Две равные и параллельные силы, направленные в противоположные стороны и не лежащие на одной прямой, называются парой сил или просто парой. Кратчайшие расстояния между линиями действия сил, составляющих пару, называются плечом пары.

Произведение одной из сил пары на плечо называется моментом пары и обозначается буквой M ;
 $M = \pm F \cdot r$.

Момент пары сил будем считать положительным, если пара стремится повернуть тело по часовой стрелке и отрицательным, если против часовой стрелки. Размерность пары (Н*м, кН*м). Чтобы задать пару, достаточно задать ее момент, поэтому иногда слово «пара» заменяют словом «момент» и условно изображают его так, как показано на рис.

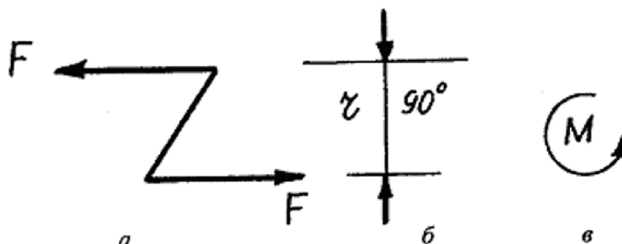


Рис.

Момент силы относительно точки. В некоторых механизмах выявить пару сил затруднительно, поэтому вращательное действие определяют с помощью момента силы относительно точки (центра) вращения. Момент силы относительно точки определяется как произведение вращающей силы на плечо. Плечом называют расстояние - перпендикуляр от точки - центра вращения до вектора вращающей силы.

При определении момента силы F_1 относительно точки O , надо умножить вращающую силу F_1 на плечо - перпендикуляр r_1 , то есть, с учетом направления вращения.

$$M_{F_1 O} = -F_1 \cdot r_1.$$

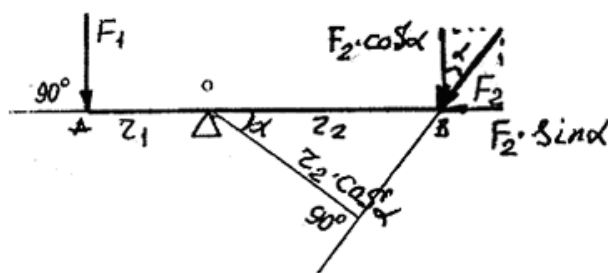


Рис.

При определении момента силы F_2 , приложенной к рычагу AB под углом α , следует взять произведение вращающей части силы $F_2 \cdot \cos \alpha$ на плечо r_2 ; (перпендикуляр к вращающей $F_2 \cdot \cos \alpha$) или произведение силы F на плечо $r \cdot \cos \alpha$ - перпендикуляр к вектору вращающей силы F , т.е.

$$M_{F_2 O} = +F_2 \cdot \cos \alpha \cdot r \text{ или } M_{F_2 O} = +F \cdot r \cdot \cos \alpha.$$

Очевидно, что для вращающихся тел-рычагов должно соблюдаться правило: рычаг в равновесии, если момент силы, поворачивающей по часовой стрелке, равен моменту силы, поворачивающей против часовой стрелки.

$$\downarrow M_{F_1 O} = M_{F_2 O} \downarrow$$

$$\text{или } M_{F_1 O} - M_{F_2 O} = 0, \text{ т.е. } \sum M_{F_0} = 0.$$

$$\text{Для данного случая } F_1 \cdot r_2 - F_2 \cdot \cos \alpha \cdot r = 0$$

Пример. Определить реакцию опор двухопорной балки, нагруженной силами (рис.).

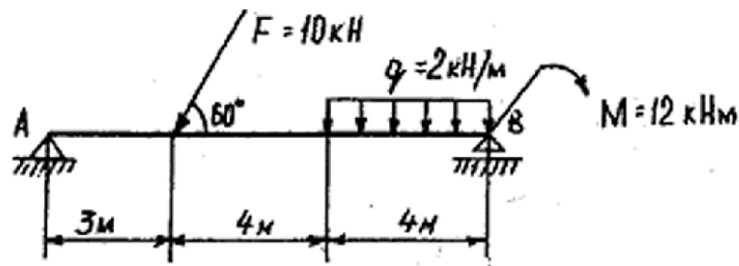


Рис.

Решение

Пользуясь методом освобождения от связей:

1. Разделяем изображенную двухопорную балку на освобожденное тело, тела, вызывающие ей движение, и тела, противодействующие движению.

Освобожденным телом будем считать балку АВ, действующими - неопределенные тела с силами F , q , M , противодействующими - опоры А и В.

2. Отбрасываем связи: опоры А и В.

3. Заменяем их реакциями. Действующие, уже замененные силами, преобразуем:

а) раскладываем F на горизонтальную и вертикальную составляющие

$$F_x = F \cdot \cos 60^\circ \text{ и } F_y = F \cdot \cos 30^\circ$$

б) равномерно распределенную (погонную) нагрузку q заменяем сосредоточенной Q

$$Q = q \cdot \ell$$

Сила Q , очевидно, будет действовать вертикально вниз на расстоянии BD , равном 2м (половина от 4м).

Противодействующие опоры А и В заменяем реакциями:

а) опора А - R_{yA} и R_{xA}

б) опора В - R_{yB}

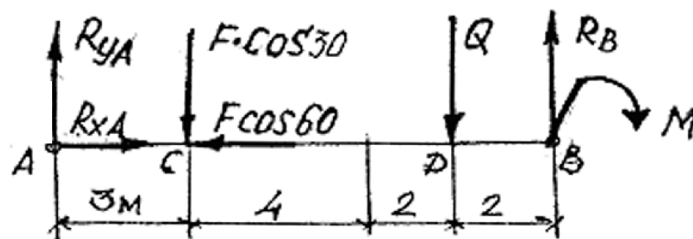


Рис.

Опора А ограничивает движение в двух взаимно перпендикулярных направлениях (Х и У). Её реакции R_{yA} , R_{xA} , Опора В - в одном (У) - реакция R_B .

4. Пользуясь уравнениями равновесия рычага относительно точек - центров вращения (опор А и В), получим

$$\sum M_A = 0.$$

$$R_B \cdot AB - M - Q \cdot AD - F \cdot \cos 30^\circ \cdot AC = 0$$

$$R_B = \frac{M + Q \cdot AD + F \cdot \cos 30^\circ \cdot AC}{AB} = \frac{12 + 8 \cdot 9 + 10 \cdot 0,86 \cdot 3}{11} = 9,98 \text{ кН} \quad \sum M_B = 0$$

$$R_{yA} \cdot AB - F \cdot \cos 30^\circ \cdot CB - Q \cdot DB + M = 0$$

$$R_{yA} = \frac{F \cdot \cos 30^\circ \cdot CB + Q \cdot DB - M}{AB} = \frac{10 \cdot 0,86 \cdot 8 + 8 \cdot 2 - 12}{11} = 6,62 \text{ кН}$$

Проверяем правильность определения вертикальных реакций по условию

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\ R_{ya} - F \cdot \cos 30^\circ - Q + R_b &= 0. \\ 6,62 - 10 \cdot 0,86 - 8 + 9,98 &= 0 \\ 0 &= 0\end{aligned}$$

Определяем горизонтальную реакцию R_{xa} , опоры А по уравнению

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ R_{xa} - F \cdot \cos 60^\circ &= 0 \\ R_{xa} &= F \cdot \cos 60^\circ = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ кН}.\end{aligned}$$

Центр тяжести

Основные формулы и предпосылки расчета

Центры тяжести простейших сечений (рис. ПЗ.1)

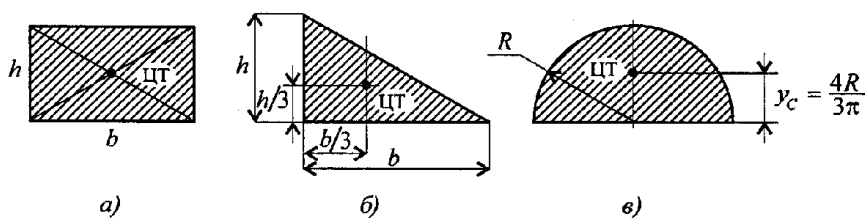


Рис. ПЗ.1

Методы расчета:

- 1) метод симметрии;
- 2) метод разделения на простые части;
- 3) метод отрицательных площадей.

Координаты центров тяжести сложных и составных сечений:

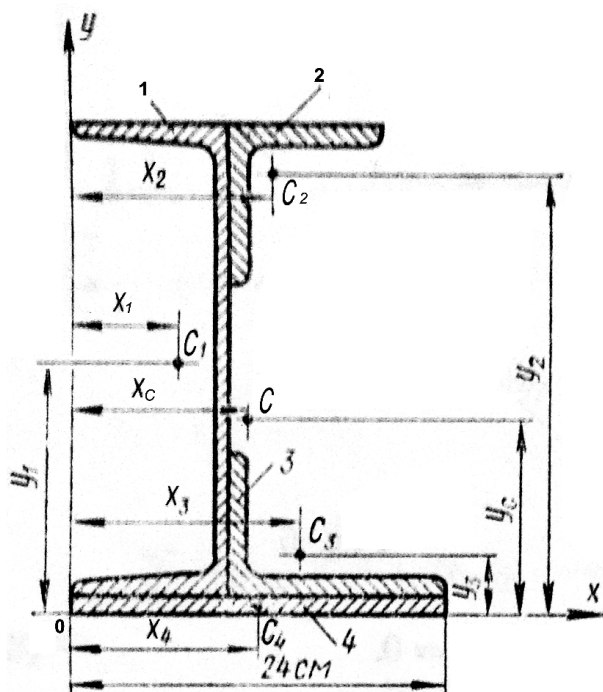
$$x_C = \frac{\sum_0^n A_k x_k}{A}; \quad y_C = \frac{\sum_0^n A_k y_k}{A},$$

где A_k - площади частей сечения; x_k ; y_k - координаты ЦТ частей сечения; A - суммарная площадь сечения.

Перед тем как приступить к решению соответствующей задачи, следует тщательно изучить тему «Центр тяжести». Требуется твердо усвоить понятие статического момента, знать положение

центров тяжести простейших геометрических фигур и уметь определять координаты центров тяжести сложных сечений, представляющих собой совокупность простейших геометрических фигур, а также сечений, составленных из стандартных профилей проката (в последнем случае необходимо уметь пользоваться таблицами ГОСТов.).

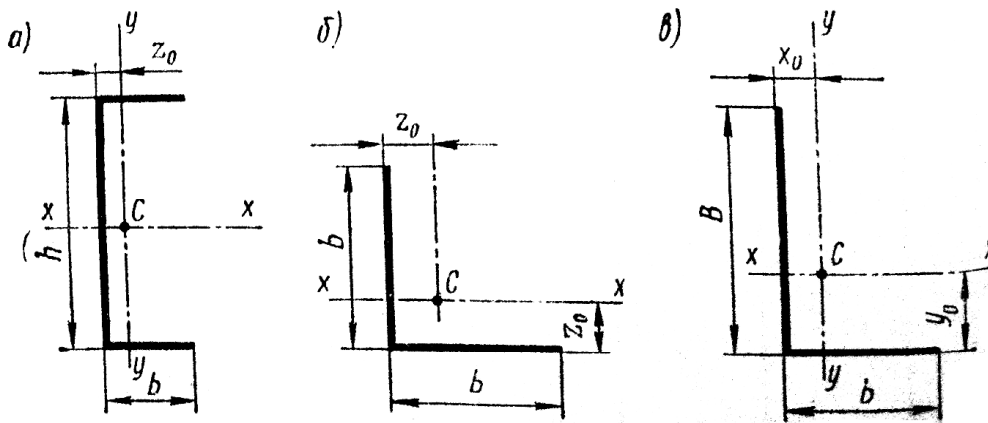
Пример. Определить координаты центра тяжести сечения (рис.) составленного из: 1-швеллера №30; 2-равнополочного уголка 100х1000х12; 3-неравнополочного уголка



140x90x10; 4-стального листа сечением 240x10 мм.

Решение. Выписываем из таблиц сортамента стандартных профилей проката необходимые для решения задачи данные.

1. Для швеллера №33 (показываем его для наглядности на рис. а): $h=300\text{ мм}=30\text{ см}$; $b=100\text{ мм}=10\text{ см}$; $z_0=2,52\text{ см}$, площадь сечения $A=40,5\text{ см}^2$.
2. Для равнополочного уголка 100x100x12 (рис. б): $b=100\text{ мм}$; $z_0=2,91\text{ см}$; $A=22,8\text{ см}^2$.
3. Для неравнополочного уголка 140x90x10 (рис. в): $B=140\text{ мм}$; $b=90\text{ мм}$; $x_0=2,12\text{ см}$; $y_0=4,58\text{ см}$; $A=22,2\text{ см}^2$.



Для стального листа $A=24\text{ см}^2$. Выбираем систему вспомогательных координатных осей (см. рис.) и находим относительно её координаты центра тяжести каждого элемента.

Координаты центра тяжести C_1 сечения швеллера:

$$x_1 = b_{\text{шв}} - z_{0(\text{шв})} = 10 - 2,52 = 7,48\text{ см};$$

$$y_1 = 1 + h/2 = 1 + 30/2 = 16\text{ см}.$$

Координаты центра тяжести C_2 сечения равнополочного уголка:

$$x_2 = b_{\text{шв}} + z_{0(\text{уг})} = 10 + 2,91 = 12,91\text{ см};$$

$$y_2 = 1 + h_0 - z_{0(\text{уг})} = 1 + 30 - 2,91 = 28,09\text{ см}.$$

Координаты центра тяжести C_3 сечения неравнополочного уголка:

$$x_3 = b_{\text{шв}} + y_{0(\text{уг})} = 10 + 4,58 = 14,58\text{ см};$$

$$y_3 = 1 + x_{0(\text{уг})} = 1 + 2,12 = 3,12\text{ см}.$$

Координаты центра тяжести C_4 сечения стального листа:

$$x_4 = 12\text{ см}, y_4 = 0,5\text{ см}.$$

Координаты центров тяжести всех элементов положительны, так как все сечение относительно выбранных координатных осей находится в первой четверти (в первом квадранте).

Определяем координаты центра тяжести С всего сечения:

$$x_C = \frac{S_y}{F} = \frac{\sum F_i x_i}{\sum F_i} = \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3 + F_4 x_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} =$$

$$= \frac{40,5 \cdot 7,48 + 22,8 \cdot 12,91 + 22,2 \cdot 14,58 + 24 \cdot 12}{40,5 + 22,8 + 22,2 + 24} = 11,1 \text{ см};$$

$$y_C = \frac{S_x}{F} = \frac{\sum F_i y_i}{\sum F_i} = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3 + F_4 y_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4} =$$

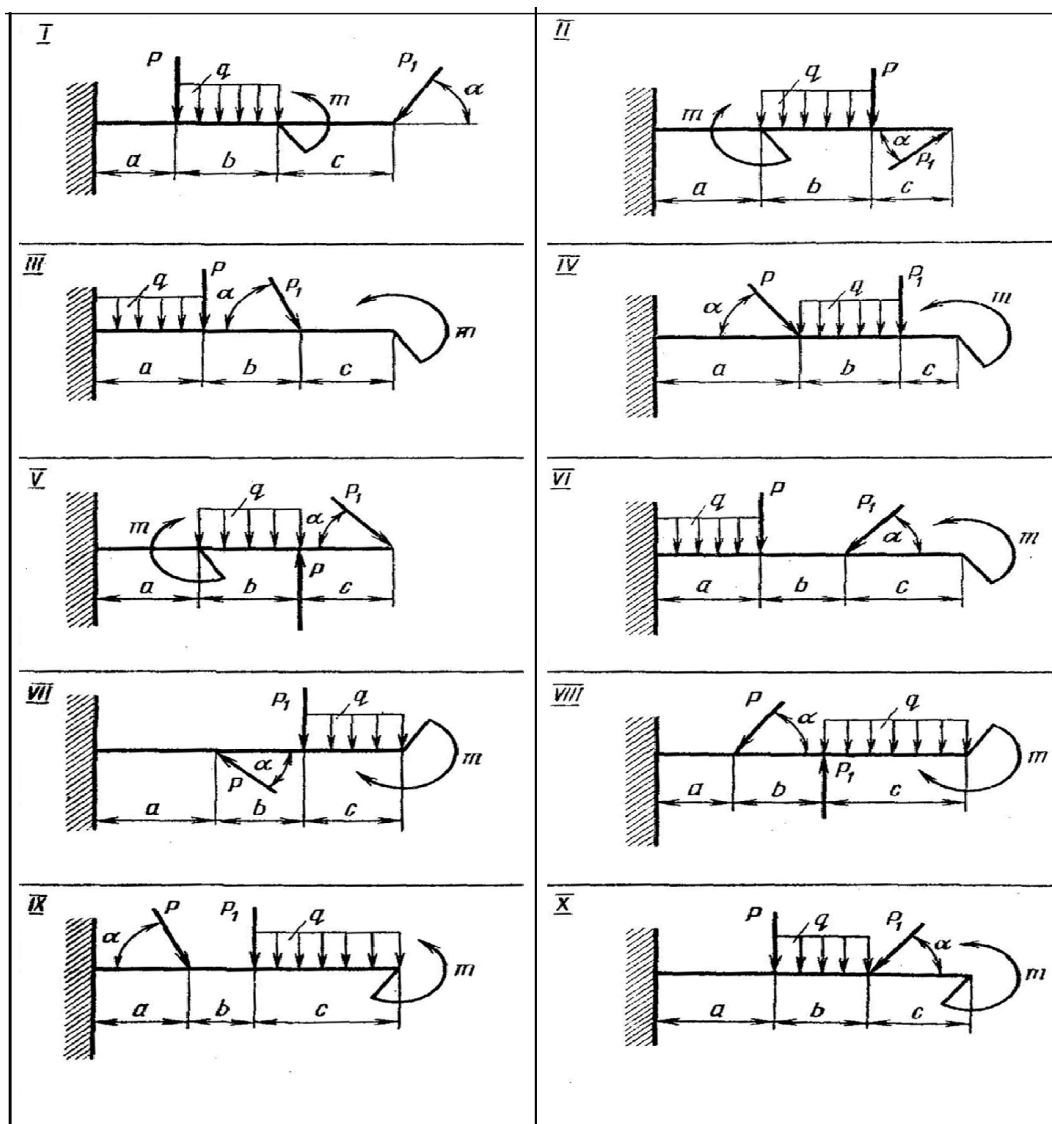
$$= \frac{40,5 \cdot 16 + 22,8 \cdot 28,09 + 22,2 \cdot 3,12 + 24 \cdot 0,5}{40,5 + 22,8 + 22,2 + 24} = 12,5 \text{ см.}$$

По найденным координатам x_C и y_C наносим на рисунок точку С.

ЗАДАЧА №3

Определить реакции жесткого защемления для консольной балки. Номер схемы и исходные данные указаны в таблице.

номер схемы										а м	б м	с м	Р Кн	Р ₁ Кн	m Кнм	q Кн/м	α град
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
вариант																	
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	1,1	1,4	1,5	10	10	10	2	60
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1,4	1,6	1,0	6	8	16	12	45
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	1,4	1,4	1,2	6	10	12	4	70
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	2,0	1,2	0,8	10	7	14	10	55
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	1,4	1,4	1,2	12	7	14	6	50
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	1,4	1,0	1,6	9	10	12	8	50
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	1,6	1,1	1,3	10	8	16	8	45
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	1,0	1,2	1,8	7	10	10	6	55
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	1,2	0,8	2,0	8	8	18	10	70
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	1,5	1,2	1,3	10	6	8	4	55



ЗАДАЧА №4

Определить координаты центра тяжести составного прокатного профиля. Номер схемы и исходные данные указаны в таблице.

номер схемы									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
вариант									
00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

<p>1.</p>	<p>2.</p>
<p>3.</p>	<p>4.</p>
<p>5.</p>	<p>6.</p>
<p>7.</p>	<p>8.</p>
<p>9.</p>	<p>10.</p>

Контрольная работа №2

Методические рекомендации к решению задач №5,6,7,8

Тема 2.2.

Растяжение и сжатие

знать:

- методы определения продольных сил и нормальных напряжений и построения эпюр при растяжении и сжатии;
- закон Гука;
- формулы для расчета продольных и поперечных деформаций;
- условия прочности и жесткости;

уметь:

- строить эпюры продольных сил и нормальных напряжений;
- проводить расчеты на прочность и жесткость.

Необходимые формулы

Нормальное напряжение:

$$\sigma = \frac{N}{A},$$

где N- продольная сила; A - площадь поперечного сечения.

Удлинение (укорочение) бруса:

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE} \quad \text{или} \quad \Delta l = \frac{\sigma l}{E},$$

Е-модуль упругости; l - начальная длина стержня.

Допускаемое напряжение:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{[s]},$$

$[s]$ - допускаемый запас Прочность

Условие прочности при растяжении и сжатии:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma].$$

Пример 1. Груз закреплен на стержнях и находится в равновесии. Материал стержней - сталь, допускаемое напряжение 160 МПа. Вес груза 100 кН. Длина стержней: первого - 2 м, второго - 1 м. Определить размеры поперечного сечения и удлинение стержней. Форма поперечного сечения - круг.

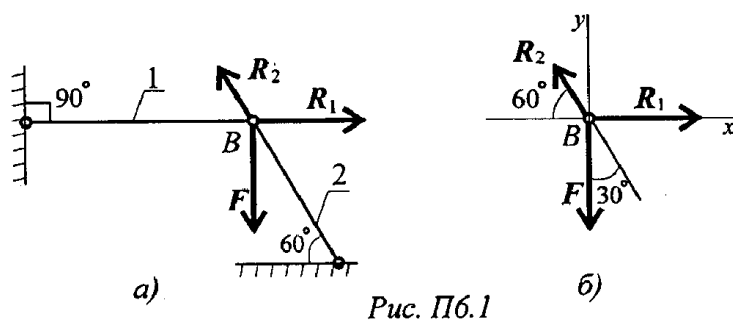


Рис. П6.1

Решение

1. Определить нагрузку на стержни. Рассмотрим равновесие точки В, определим реакции стержней. По пятой аксиоме статистики (закону действия и противодействия) реакция стержня численно равна нагрузке на стержень.

Наносим реакции связей, действующих в точке В. Освобождаем точку В от связей (рис. П6.1).

Выбираем систему координат так, чтобы одна из осей координат совпала с неизвестной силой

Составим систему уравнений равновесия для точки В:

$$\begin{aligned} \sum F_x &= -R_2 \cos 60^\circ + R_1 = 0; \\ \sum F_y &= R_2 \cos 30^\circ - F = 0. \end{aligned}$$

Решаем систему уравнений и определяем реакции стержней.

$$R_2 = \frac{F}{\cos 30^\circ}; \quad R_2 = \frac{100}{0,866} = 115,5 \text{ кН.}$$

$$R_1 = R_2 \cos 60^\circ; \quad R_1 = 115,5 \cdot 0,5 = 57,4 \text{ кН.}$$

Направление реакций выбрано, верно. Оба стержня сжаты. Нагрузки на стержни: $F_1 = 57,4$ кН; $P_2 = 115,5$ кН.

2. Определяем требуемую площадь поперечного сечения стержней из условий прочности.

Условие прочности на сжатие: $\sigma = N/A \leq [\sigma]$

откуда $A \geq \frac{N}{[\sigma]}.$

Стержень 1 ($N_1 = P_1$):

$$A_1 \geq \frac{57,4 \cdot 10^3}{160} = 358,75 \text{ мм}^2.$$

Для круга

$$A = \pi R^2; \quad R = \sqrt{\frac{A}{\pi}}; \quad R_1 \geq \sqrt{\frac{358,75}{3,14}} = 10,68 \text{ мм}; \quad d_1 = 21,3 \text{ мм}.$$

Стержень 2 ($N_2 = F_2$):

$$A_2 \geq \frac{115,5 \cdot 10^3}{160} = 722 \text{ мм}^2; \quad R_2 \geq \sqrt{\frac{722}{3,14}} = 15,2 \text{ мм};$$

$$d_2 = 30,4 \text{ мм}.$$

Полученные диаметры округляем.

3. Определяем удлинение стержней

Укорочение стержня 1:

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE}.$$

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}; \quad A_2 = \frac{3,14 \cdot 25^2}{4} = 490 \text{ мм}^2;$$

$$\Delta l_1 = \frac{57,4 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 490} = 1,17 \text{ мм}.$$

Укорочение стержня 2:

$$A_2 = \frac{3,14 \cdot 32^2}{4} = 804 \text{ мм}^2; \quad \Delta l_2 = \frac{115,5 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 804} = 0,72 \text{ мм}.$$

Пример 2. Однородная жесткая плита с силой тяжести 10 кН, нагруженная силой $F = 4,5 \text{ кН}$ и моментом $m = 3 \text{ кН}\cdot\text{м}$, опирается в точке А и подвешена на стержне ВВ (рис. П6.2). Подобрать сечение стержня в виде швеллера и определить его удлинение, если длина стержня 1 м, материал - сталь, предел текучести 570 МПа, запас прочности для материала 1,5.

Решение:

1. Определить усилие в стержне под действием внешних сил. Система находится в равновесии, можно использовать уравнение равновесия для плиты:

$$\sum m_A = 0.$$

R_B - реакция стержня реакции шарнира А не рассматриваем,

$$\sum m_A = m + G \cdot 5 - R_B \cdot 7 + F \cdot 10 = 0.$$

$$R_B \cdot 7 = m + G \cdot 5 + F \cdot 10.$$

Откуда

$$R_B = \frac{3 + 10 \cdot 5 + 4,5 \cdot 10}{7} = 14 \text{ кН}.$$

По третьему закону динамики реакция в стержне равна силе, действующей от стержня на плиту. Усилие в стержне равно 14 кН.

2. По условию прочности определяем требуемую величину площади поперечного сечения:

$$\sigma = N/A \leq [\sigma]$$

откуда $A \geq N/[\sigma]$

Допускаемое напряжение для материала стержня

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[s]} = \frac{570}{1,5} = 380 \text{ МПа}.$$

Следовательно,

$$A \geq \frac{14 \cdot 10^3}{380} = 36,8 \text{ мм}^2 = 0,368 \text{ см}^2.$$

3. Подбираем сечение стержня по ГОСТ. Минимальная площадь швеллера 6,16 см² (№ 5; ГОСТ 8240-89). Целесообразнее использовать равнополочный уголок № 2 (d = 3 мм), площадь поперечного сечения, которого 1,13 см² (ГОСТ 8509-86)

4. Определить удлинение стержня:

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE}, \quad E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа};$$

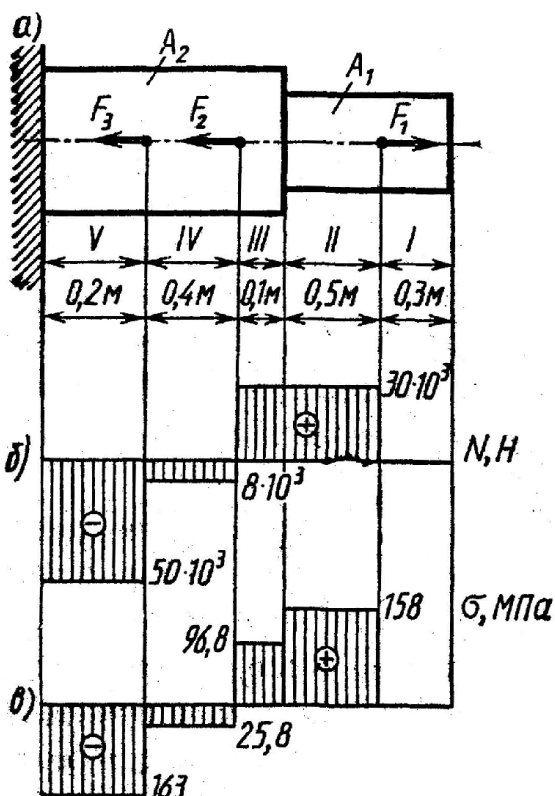
$$\Delta l = \frac{14 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 113} = 0,62 \text{ мм}.$$

Пример 3.

Для данного ступенчатого бруса (рис. а) построить эпюру продольных сил, эпюру нормальных напряжений и определить перемещение свободного конца, если $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; $F_1 = 30 \text{ кН} = 30 \times 10^3 \text{ Н}$; $F_2 = 38 \text{ кН} = 38 \cdot 10^3 \text{ Н}$; $F_3 = 42 \text{ кН} = 42 \cdot 10^3 \text{ Н}$; $A_1 = 1,9 \text{ см}^2 = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $A_2 = 3,1 \text{ см}^2 = 3,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Решение:

25. Разбиваем брус на участки, как показано на (рис. а).



26. Определяем ординаты эпюры N на участках бруса:

$$N_I = 0; \quad N_{II} = F_1 = 30 \text{ кН}; \quad N_{III} = F_1 = 30 \text{ кН}; \\ N_{IV} = F_1 - F_2 = -8 \text{ кН}; \quad N_V = F_1 - F_2 - F_3 = -50 \text{ кН}.$$

Строим эпюру продольных сил (рис. б).

27. Вычисляем ординаты эпюры нормальных напряжений:

$$\sigma_I = \frac{N_I}{A_I} = 0;$$

$$\sigma_{II} = \frac{N_{II}}{A_I} = \frac{30 \cdot 10^3}{1,9 \cdot 10^{-4}} = 158 \cdot 10^6 \text{ Па} = 158 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{III} = \frac{N_{III}}{A_2} = \frac{30 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^{-4}} = 96,8 \cdot 10^6 \text{ Па} = 96,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{IV} = \frac{N_{IV}}{A_2} = -\frac{8 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^{-4}} = -25,8 \cdot 10^6 \text{ Па} = -25,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_V = \frac{N_V}{A_2} = -\frac{50 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^{-4}} = -163 \cdot 10^6 \text{ Па} = -163 \text{ МПа}.$$

Строим эпюру нормальных напряжений (рис. в).

28. Определяем перемещение свободного конца:

$$\lambda = \Delta l_I + \Delta l_{III} + \Delta l_{II} + \Delta l_{IV} + \Delta l_V;$$

$$\Delta l_I = \frac{N_I \cdot l_I}{E \cdot A_I} = 0;$$

$$\Delta l_{II} = \frac{N_{II} \cdot l_{II}}{E \cdot A_I} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 1,9 \cdot 10^{-4}} = 3,94 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,394 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{III} = \frac{N_{III} \cdot l_{III}}{E \cdot A_2} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 3,1 \cdot 10^{-4}} = 0,484 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,0484 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{IV} = -\frac{N_{IV} \cdot l_{IV}}{E \cdot A_2} = -\frac{8 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-1}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 3,1 \cdot 10^{-4}} = -0,516 \cdot 10^{-4} \text{ м} = \\ = -0,0516 \text{ мм};$$

$$\Delta l_V = -\frac{N_V \cdot l_V}{E \cdot A_2} = -\frac{50 \cdot 10^3 \cdot 0,2}{2 \cdot 10^{11} \cdot 3,1 \cdot 10^{-4}} = -1,61 \cdot 10^{-4} \text{ м} = -0,161 \text{ мм};$$

$$\lambda = 0,394 + 0,0484 - 0,0516 - 0,161 \approx 0,23 \text{ мм}.$$

Брус удлиняется на 0,23 мм.

Тема 2.5. Кручение.

знать:

формулы для расчета напряжений в точке поперечного сечения бруса;
закон Гука при сдвиге;

уметь:

выполнять проектировочный и проверочный расчеты на прочность круглого бруса;
проводить проверку на жесткость.

Основные положения расчетов при кручении

Распределение касательных напряжений по сечению при кручении

Касательное напряжение в точке А:

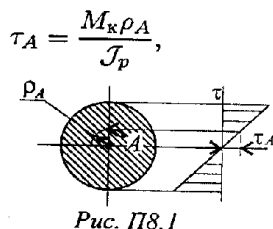


Рис. П8.1

где ρ_A - расстояние от точки А до центра сечения.

Условие прочности при кручении

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_k]; \quad W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3 \quad (\text{круг}),$$

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16}(1 - c^4) \quad (\text{кольцо}),$$

M_k - крутящий момент в сечении, Н м, Н мм;

W_p - момент сопротивления при кручении, м³, мм³

$[\tau_k]$ - допускаемое напряжение при кручении, Н/м², Н/мм².

Проектировочный расчет, определение размеров поперечного сечения

Сечение - круг:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2[\tau_k]}}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_k}{0,2(1 - c^4)[\tau_k]}}$$

Сечение - кольцо:

где d - наружный диаметр круглого сечения;

$d_{\text{вн}}$ - внутренний диаметр кольцевого сечения; $c = d_{\text{вн}}/d$.

Определение рационального расположения колес на валу

Рациональное расположение колес - расположение, при котором максимальное значение крутящего момента на валу - наименьшее из возможных.

Для экономии металла сечение бруса рекомендуется, выполнить кольцевым.

Условие жесткости при кручении

$$\varphi_0 = \frac{M_k}{GJ_p} \leq [\varphi_0]; \quad G \approx 0,4E,$$

G - модуль упругости при сдвиге, Н/м², Н/мм²;

E - модуль упругости при растяжении, Н/м², Н/мм².

φ_0 - допускаемый угол закручивания, $[\varphi_0] \approx 0,5 \div 1$ град/м;

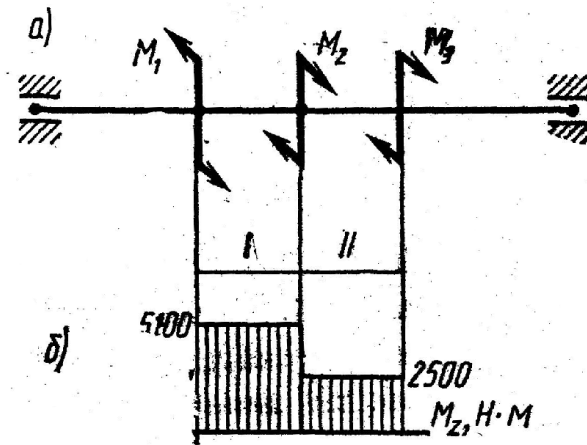
J_p - полярный момент инерции в сечении, м⁴, мм⁴.

Проектировочный расчет, определение наружного диаметра сечения

$$J_p \geq \frac{M_k}{G[\varphi_0]}; \quad J_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1d^4 \quad \text{круг}; \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32J_p}{\pi}}$$

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32}(1 - c^4) \quad \text{кольцо}; \quad d \geq \sqrt[4]{\frac{32J_p}{\pi(1 - c^4)}}$$

Пример. Для стального вала (рис.) круглого поперечного сечения постоянного по длине (рис. а) требуется:



1. Определить значения моментов M_2 и M_3 соответствующие передаваемым мощностям P_2 и P_3 , а также уравнивающий момент M_1 .

2. Построить эпюру крутящих моментов.

3. Определить требуемый диаметр, вала из расчетов на прочность и жесткость, если $[\tau_k]=30$ МПа; $[\varphi_0]=0,02$ рад/м; $P_2=52$ кВт; $P_3=50$ кВт; $\omega=20$ рад/с; $G=8 \cdot 10^4$ МПа. $G=8 \cdot 10^4$ МПа. Окончательное значение диаметра округлить до ближайшего четного (или оканчивающего на пять) числа.

Решение:

1. Определяем величины внешних скручивающих моментов M_2 и M_3 :

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega} = \frac{52 \cdot 10^3}{20} = 2600 \text{ Н·м}; \quad M_3 = \frac{P_3}{\omega} = \frac{50 \cdot 10^3}{20} = 2500 \text{ Н·м}.$$

2. Определяем уравнивающий момент M_1 :

$$\Sigma M = 0; \quad -M_1 + M_2 + M_3 = 0; \quad M_1 = M_2 + M_3 = 5100 \text{ Н·м}.$$

3. Строим эпюру M_z (рис. б).

4. Определяем диаметр вала из условий прочности и жесткости. $M_{z\max} = 5100$ Н·м (рис. б).

Из условия прочности:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16W_p}{\pi}}, \text{ где } W_p = \frac{M_{z\max}}{[\tau_k]} = \frac{5100}{30 \cdot 10^6} = 170 \times 10^{-6} \text{ м}^3 = 170 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 170 \cdot 10^3}{3,14}} = 95,2 \text{ мм}$$

Принимаем $d = 95$ мм

Из условия жесткости:

$$d = \sqrt[4]{\frac{32I_p}{\pi}}, \text{ где } I_p = \frac{M_{z\max}}{G[\varphi_0]} = \frac{5100}{8 \cdot 10^{10} \cdot 0,02} = 3,19 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 = 319 \cdot 10^4 \text{ мм}^4.$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 319 \cdot 10^4}{3,14}} = 75,5 \text{ мм}$$

Принимаем $d = 76$ мм

Требуемый размер сечения получился больше из расчета на прочность, поэтому его принимаем как окончательный: $d = 95$ мм.

знать:

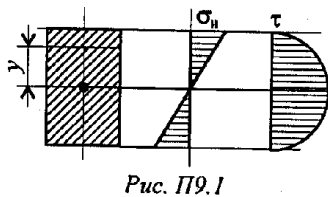
порядок построения и контроля эпюр поперечных сил и изгибающих моментов;
 формулы для расчета нормальных напряжений в поперечном сечении при чистом изгибе (без вывода);
 условия прочности и жесткости;

уметь:

выполнять проектировочный и проверочный расчеты на прочность при прямом поперечном изгибе.

Основные положения и расчетные формулы при изгибе

Распределение нормальных и касательных напряжений при изгибе



$$\sigma_n = \frac{M_n y}{J_x}; \quad \tau_{\max} = \frac{1,5Q}{A},$$

где $[M_n]$ - изгибающий момент в сечении; Q - поперечная сила в сечении; y - расстояние до нейтрального слоя; J_x - осевой момент инерции сечения (рис. П 9.1);

$$W_x = \frac{J_x}{y_{\max}},$$

W_x - осевой момент сопротивления сечения; A - площадь сечения.

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,1 d^4.$$

$$J_p = \frac{\pi d^4}{32} (1 - c^4); \quad c = \frac{d_{\text{вн}}}{d}.$$

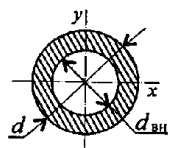
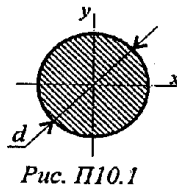


Рис. П10.2

$$J_x = J_y = \frac{\pi d^4}{64}.$$

$$J_x = J_y = \frac{\pi d^4}{64} (1 - c^4).$$

Моменты сопротивления:

круг:

$$W_x = W_y = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1 d^3;$$

кольцо:

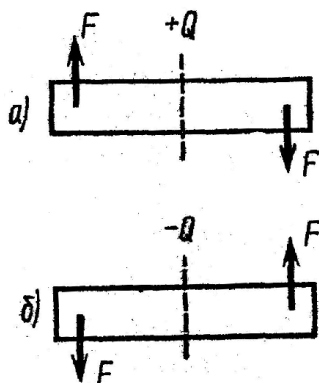
$$W_x = W_y = \frac{\pi d^3}{32} (1 - c^4) \approx 0,1 d^3 (1 - c^4);$$

Площади сечений:

круг: $A = \frac{\pi d^2}{4};$

кольцо: $A = \frac{\pi}{4}(d^2 - d_{\text{вн}}^2).$

Изгиб — это такой вид деформации бруса, при котором в его поперечных сечениях возникают изгибающие моменты. В большинстве случаев одновременно с изгибающими моментами возникают и поперечные силы; такой изгиб называют поперечным; если поперечные силы не возникают, изгиб называют чистым. Изгибающий момент M_H в произвольном поперечном сечении бруса численно равен алгебраической сумме моментов внешних сил, действующих на отсеченную часть, относительно центра тяжести сечения: $M_H = \sum M$. Поперечная сила в произвольном поперечном сечении бруса численно равна алгебраической сумме внешних сил, действующих на отсеченную часть: $Q = \sum F$. Причем все внешние силы и моменты действуют в главной продольной плоскости бруса и расположены перпендикулярно продольной оси бруса.



Правило знаков для поперечной силы: силам, поворачивающим отсеченную часть балки относительно рассматриваемого сечения по ходу часовой стрелки, приписывается знак плюс (рис. а), а силам, поворачивающим отсеченную часть балки относительно рассматриваемого сечения против хода часовой стрелки, приписывается знак минус (рис. б).

Правило знаков для изгибающих моментов: внешним моментам, изгибающим мысленно закрепленную в рассматриваемом сечении отсеченную часть бруса выпуклостью вниз, приписывается знак плюс (рис. 2, а), а моментам, изгибающим отсеченную часть бруса выпуклостью вверх, — знак минус (рис. 2, б).

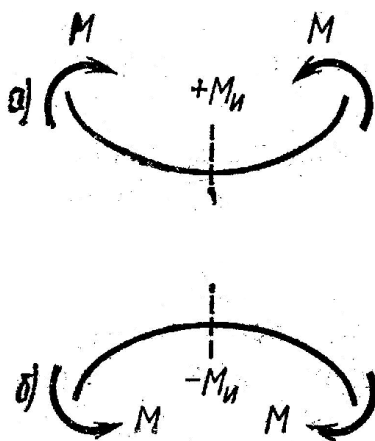


Рис. 2

Между выражениями, изгибающего момента M_K поперечной силы Q_Y и интенсивностью распределенной нагрузки q существуют дифференциальные зависимости:

$$\frac{dM_x}{dz} = Q_y; \quad \frac{dQ_y}{dz} = q.$$

На основе метода сечений и дифференциальных зависимостей устанавливается взаимосвязь эпюр M_x и Q_y между собой и с внешней нагрузкой, поэтому достаточно вычислить ординаты эпюр для характерных сечений и соединить их линиями. Характерными являются сечения балки, где приложены сосредоточенные силы и моменты (включая опорные сечения), а также сечения, ограничивающие участки с равномерно распределенной нагрузкой.

Приведем некоторые правила построения эпюр.

Для эпюры поперечных сил:

1. На участке, нагруженном равномерно распределенной нагрузкой, эпюра изображается прямой, наклоненной к оси балки.
2. На участке, свободном от распределенной нагрузки, эпюра изображается прямой, параллельной оси балки.
3. В сечении балки, где приложена сосредоточенная пара сил, поперечная сила не изменяет своего значения.
4. В сечении, где приложена сосредоточенная сила, эпюра поперечных сил меняется

скачкообразно на значение, равное приложенной силе.

5. В концевом сечении балки поперечная сила численно равна сосредоточенной силе (активной или реактивной), приложенной в этом сечении. Если в концевом сечении балки не приложена сосредоточенная сила, то поперечная сила в этом сечении равна нулю.

Для эпюры изгибающих моментов.

1. На участке, нагруженном равномерно распределенной нагрузкой, эпюра моментов изображается квадратичной параболой. Выпуклость параболы направлена навстречу нагрузке.

2. На участке, свободном от равномерно распределенной нагрузки, эпюра моментов изображается прямой линией.

3. В сечении балки, где приложена сосредоточенная пара сил, изгибающий момент меняется скачкообразно на значение, равное моменту приложенной пары. Изгибающий момент в концевом сечении балки равен нулю, если в нем не приложена сосредоточенная пара сил. Если же в концевом сечении приложена активная или реактивная пара сил, то изгибающий момент в этом сечении равен моменту приложенной пары.

4. На участке, где поперечная сила равна нулю, балка испытывает чистый изгиб, и эпюра изгибающих моментов изображается прямой, параллельной оси балки.

5. Изгибающий момент принимает экстремальное значение в сечении, где эпюра поперечных сил проходит через нуль, меняя знаки с «+» на «—» или с «—» на «+».

В рассматриваемой задаче требуется построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, а также подобрать размеры поперечного сечения балки, выполненной из прокатного профиля - двутавра.

Условие прочности для балок с сечениями, симметричными относительно нейтральной оси, имеет вид

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{x_{\max}}}{W_x} \leq [\sigma], \text{ где } W_x \text{ — осевой момент сопротивления сечения.}$$

Для подбора сечения балки (проектного расчета) из условия прочности определяют необходимое

$$W_x \geq M_{x_{\max}} / [\sigma].$$

значение осевого момента сопротивления:

По найденному моменту сопротивления W_x подбирают соответствующее сечение по сортаменту.

Для закрепленной одним концом балки расчет целесообразно вести со свободного конца (чтобы избежать определения опорных реакций в заделке):

Последовательность решения задачи:

1. Балку разделить на участки по характерным точкам.

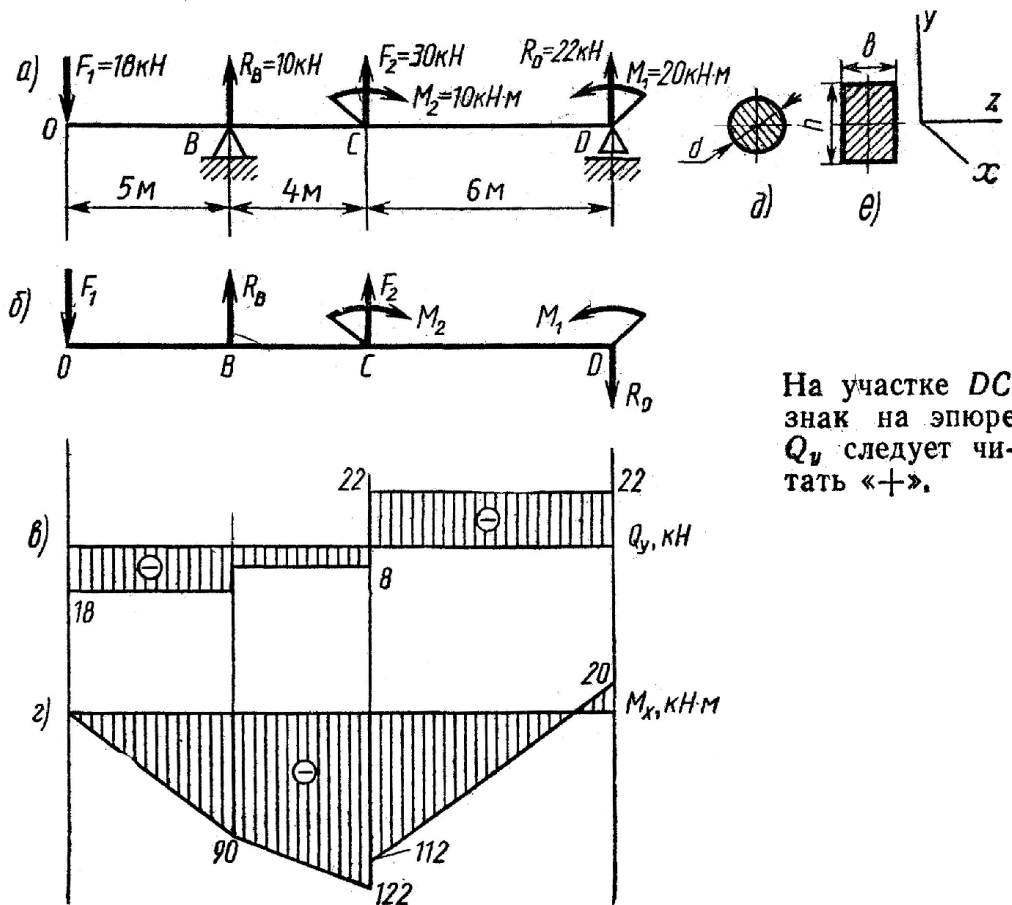
2. Определить вид эпюры поперечных сил на каждом участке в зависимости от внешней нагрузки, вычислить поперечные силы в характерных сечениях и построить эпюру поперечных сил.

3. Определить вид эпюры изгибающих моментов на каждом участке в зависимости от внешней нагрузки, вычислить изгибающие моменты в характерных сечениях и построить эпюру изгибающих моментов. Для определения экстремальных значений изгибающих моментов дополнительно определить моменты в сечениях, где эпюра поперечных сил проходит через нуль.

4. Для подбора сечения из условия прочности определить W_x в опасном сечении, т. е. в сечении, где изгибающий момент имеет наибольшее по модулю значение.

Пример.

Для заданной двухпропорной балки (рис., а) определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил изгибающих



моментов и определить размеры поперечного сечения (h , b , d) в форме прямоугольника или круга, приняв для прямоугольника $h/b=1,5$. Считать $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

1. Определяем опорные реакции и проверяем их найденные значения:

$$\sum M_D = 0; \quad \sum M_D = -M_1 + F_2 \cdot CD + M_2 + R_B \cdot BD - F_1 \cdot OD = 0;$$

$$R_B = \frac{M_1 - F_2 \cdot CD - M_2 + F_1 \cdot OD}{BD} =$$

$$= \frac{20 - 30 \cdot 6 - 10 + 18 \cdot 15}{10} = 10 \text{ кН};$$

$$\sum M_B = 0; \quad \sum M_B = -F_1 \cdot OB + M_2 - F_2 \cdot BC - R_D \cdot BD - M_1 = 0;$$

$$R_D = \frac{-F_1 \cdot OB + M_2 - F_2 \cdot BC - M_1}{BD} =$$

$$= \frac{-18 \cdot 5 + 10 - 30 \cdot 4 - 20}{10} = -22 \text{ кН}.$$

Так как реакция R_D получилась со знаком минус, то изменяем ее первоначальное направление на противоположное. Истинное направление реакции R_D — вниз (рис., б)

Проверка: $\sum Y = -F_1 + R_B + F_2 - R_D = -18 + 10 + 30 - 22 = 0$, Условие статики $\sum Y$ выполняется, следовательно, реакции опор определены верно. При построении эпюр используем только истинные направления реакций опор.

2. Делим балку на участки по характерным точкам O, B, C, D (рис., б).
3. Определяем ординаты и строим эпюру Q_y (рис., в) слева направо:

$$\begin{aligned}
 Q_O^{\text{пр}} &= -F_1 = -18 \text{ кН}; \\
 Q_B^{\text{лев}} &= -F_1 = -18 \text{ кН}; \\
 Q_B^{\text{пр}} &= -F_1 + R_B = -18 + 10 = -8 \text{ кН}; \\
 Q_C^{\text{лев}} &= -F_1 + R_B = -18 + 10 = -8 \text{ кН}; \\
 Q_C^{\text{пр}} &= -F_1 + R_B + F_2 = -18 + 10 + 30 = 22 \text{ кН}; \\
 Q_D^{\text{лев}} &= -F_1 + R_B + F_2 = 22 \text{ кН}.
 \end{aligned}$$

4. Вычисляем ординаты и строим эпюру M_x (рис., г):

$$\begin{aligned}
 M_O &= 0; \\
 M_B &= -F_1 \cdot AB = -18 \cdot 5 = -90 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\
 M_C^{\text{лев}} &= -F_1 \cdot OC + R_B \cdot BC = -18 \cdot 9 + 10 \cdot 4 = -122 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\
 M_C^{\text{пр}} &= -F_1 \cdot OC + R_B \cdot BC + M_2 = -18 \cdot 9 + 10 \cdot 4 + 10 = -112 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\
 M_D^{\text{лев}} &= -F_1 \cdot OD + R_B \cdot BD + M_2 + F_2 \cdot CD = \\
 &= -18 \cdot 15 + 10 \cdot 10 + 10 + 30 \cdot 6 = 20 \text{ кН} \cdot \text{м}.
 \end{aligned}$$

5. Вычисляем размеры сечения данной балки из условий прочности на изгиб по двум вариантам: а) сечение—прямоугольник с заданным соотношением сторон (рис., е); б) сечение — круг. (рис., д).

Вычисление размеров прямоугольного сечения:

$$W_x = \frac{M_{x_{\max}}}{[\sigma]} = \frac{122 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 0,76 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 0,762 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Из формулы $W_x = \frac{bh^2}{6}$, учитывая, что $h = 1,5b$, находим

$$b = \sqrt[3]{\frac{6W_x}{2,25}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0,762 \cdot 10^6}{2,25}} = 10^2 \sqrt[3]{2,06} = 127 \text{ мм}.$$

Из формулы $W_x = \frac{\pi d^3}{32}$ находим диаметр круглого сечения

$$d = \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,762 \cdot 10^6}{3,14}} = 196 \text{ мм}.$$

Тема 2.7. Сочетание основных деформаций. Гипотезы прочности и их применение.

знать:

формулы для эквивалентных напряжений по гипотезам наибольших касательных напряжений;

уметь:

рассчитывать брус круглого поперечного сечения на прочность при совместном действии изгиба и кручения

Для решения 13 задачи необходимо усвоить тему «Гипотезы прочности и их применение», так как в этой задаче рассматривается совместное действие изгиба и кручения и расчет производится с применением гипотез прочности.

Условие прочности в этом случае имеет вид

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{M_{\text{экв}}}{W_x} \leq [\sigma],$$

где $M_{\text{экв}}$ — так называемый эквивалентный момент.

По гипотезе наибольших касательных напряжений (иначе — третья гипотеза):

$$M_{\text{эквIII}} = \sqrt{M_{\text{н}}^2 + M_{\text{к}}^2}.$$

По гипотезе потенциальной энергии формоизменения (иначе — пятая гипотеза):

$$M_{\text{эквV}} = \sqrt{M_{\text{н}}^2 + 0,75M_{\text{к}}^2}.$$

В обеих формулах $M_{\text{к}}$ — наибольший крутящий момент в поперечном сечении вала; $M_{\text{н}}$ — наибольший суммарный изгибающий момент, его числовое значение равно геометрической сумме изгибающих моментов, возникающих в данном сечении от вертикально и горизонтально действующих внешних сил, т. е.

$$M_{\text{н}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad \text{или} \quad M_{\text{н}}^2 = M_x^2 + M_y^2.$$

Последовательность решения задачи:

1. Привести действующие на вал нагрузки к его оси, освободить вал от опор, заменив их действие реакциями в вертикальной и горизонтальной плоскостях.
2. По заданной мощности P и угловой скорости ω определить вращающие моменты, действующие на вал.
3. Вычислить нагрузки F_l, Fr_l, F_2 и Fr_2 , приложенные к валу.
4. Составить уравнения равновесия всех сил, действующих на вал, отдельно в вертикальной плоскости и отдельно в горизонтальной плоскости и определить реакции опор в обеих плоскостях.
5. Построить эпюру крутящих моментов.
6. Построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях (эпюры M_x и M_y).
7. Определить наибольшее значение эквивалентного момента:

$$M_{\text{эквIII}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}; \quad \text{или}$$

$$M_{\text{эквV}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + 0,75M_z^2}.$$

8. Положив $\sigma_{\text{экв}} = [\sigma]$, определить требуемый осевой момент сопротивления: $W_x = M_{\text{экв}} / [\sigma]$.
Учитывая, что для сплошного круглого сечения

$$W_x = \frac{\pi d_b^3}{32} \approx 0,1 d_b^3$$

определяем d по следующей формуле:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_{\text{экв}}}{\pi [\sigma]}} \approx \sqrt[3]{\frac{M_{\text{экв}}}{0,1 [\sigma]}}$$

Пример: Для стального вала постоянного поперечного сечения с двумя зубчатыми колесами (рис., а), передающего мощность $P = 15$ кВт при угловой скорости $\omega = 30$ рад/с, определить диаметр вала по двум вариантам: а) используя III гипотезу прочности; б) используя V гипотезу прочности. Принять: $[\sigma] = 160$ МПа; $F_{r1} = 0,4 F_1$; $F_{r2} = 0,4 F_2$.

1. Составляем расчетную схему вала, приводя действующие на вал нагрузки к оси (рис., б). При равномерном вращении вала $M_1 = M_2$, где M_1 и M_2 — скручивающие пары, которые добавляются при переносе сил F_1 и F_2 на ось вала.

2. Определяем вращающий момент, действующий на вал: $M_1 = M_2 = P / \omega = 0,5 \cdot 10^3$ Н*м = 0,5 кН*м;

3. Вычислим нагрузки, приложенные к валу:

$$F_1 = \frac{2 M_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{0,1} = 10^4 \text{ Н} = 10 \text{ кН};$$

$$F_2 = \frac{2 M_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{0,25} = 4 \cdot 10^3 \text{ Н} = 4 \text{ кН};$$

$$F_{r1} = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ кН}; \quad F_{r2} = 0,4 \cdot 4 = 1,6 \text{ кН}.$$

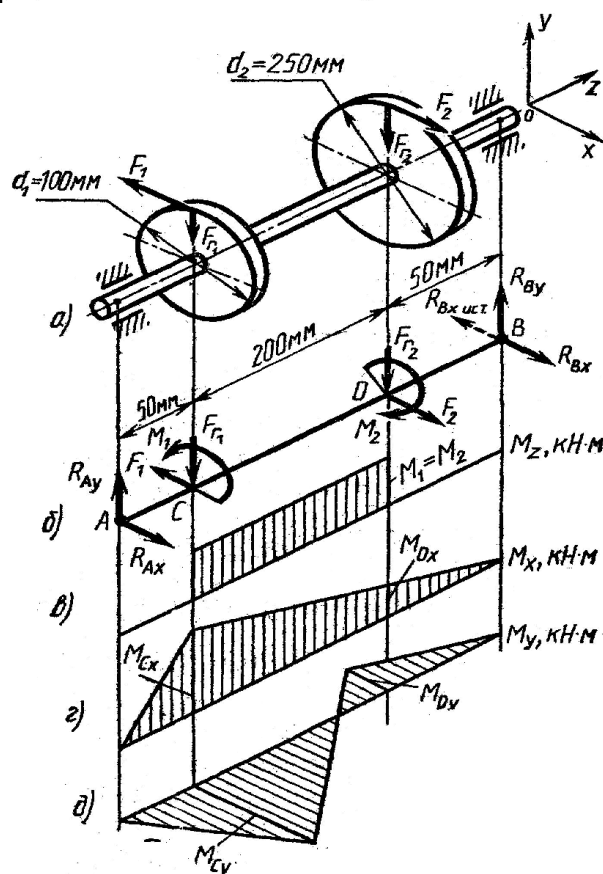


Рис.

4. Определяем реакции опор в вертикальной плоскости YOZ (рис., б):

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= F_{r_1} \cdot AC + F_{r_2} \cdot AD - R_{By} \cdot AB = 0; \\ R_{By} &= \frac{F_{r_1} \cdot AC + F_{r_2} \cdot AD}{AB} = \frac{4 \cdot 0,05 + 1,6 \cdot 0,25}{0,3} = 2 \text{ кН}; \\ \Sigma M_B &= R_{Ay} \cdot AB - F_{r_1} \cdot BC - F_{r_2} \cdot DB = 0; \\ R_{Ay} &= \frac{F_{r_1} \cdot BC + F_{r_2} \cdot DB}{AB} = \frac{4 \cdot 0,25 + 1,6 \cdot 0,05}{0,3} = 3,6 \text{ кН}; \\ \Sigma Y &= R_{Ay} - F_{r_1} - F_{r_2} + R_{By} = 2 - 4 - 1,6 + 3,6 = 0.\end{aligned}$$

$\Sigma Y=0$, следовательно, R_{Ay} и R_{By} найдены правильно. Определяем реакции опор в горизонтальной плоскости xOz (рис., б):

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= F_1 \cdot AC - F_2 \cdot AD - R_{Bx} \cdot AB = 0; \\ R_{Bx} &= \frac{F_1 \cdot AC - F_2 \cdot AD}{AB} = \frac{10 \cdot 0,05 - 4 \cdot 0,25}{0,3} = -1,66 \text{ кН}.\end{aligned}$$

Минус указывает на то, что истинное направление реакции R_{Bx} противоположно выбранному (см. рис., б):

$$\begin{aligned}\Sigma M_B &= R_{Ax} \cdot AB - F_1 \cdot CB + F_2 \cdot DB = 0; \\ R_{Ax} &= \frac{F_1 \cdot CB - F_2 \cdot DB}{AB} = \frac{10 \cdot 0,25 - 4 \cdot 0,05}{0,3} = 7,66 \text{ кН}; \\ \Sigma X &= R_{Ax} - F_1 + F_2 - R_{Bx} = 7,66 - 10 + 4 - 1,66 = 0;\end{aligned}$$

$\Sigma X=0$, следовательно, R_{Ax} и R_{Bx} найдены верно.

5. Строим эпюру крутящих моментов M_x (рис., в)'.

6. Определяем ординаты и строим эпюры изгибающих моментов M_x в вертикальной плоскости и эпюры M_y в горизонтальной плоскости (рис., г, д):

$$\begin{aligned}M_{Cx} &= R_{Ay} \cdot AC = 3,6 \cdot 0,05 = 0,18 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\ M_{Dx} &= R_{Ay} \cdot AD - F_{r_1} \cdot CD = 3,6 \cdot 0,25 - 4 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\ M_{Cy} &= R_{Ax} \cdot AC = 7,66 \cdot 0,05 = 0,383 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\ M_{Dy} &= R_{Ax} \cdot AD - F_1 \cdot CD = 7,66 \cdot 0,25 - 10 \cdot 0,2 = -0,085 \text{ кН} \cdot \text{м}.\end{aligned}$$

7. Вычисляем наибольшее значение эквивалентного момента по заданным вариантам. Так как в данном примере значение суммарного изгибающего момента в сечении C больше, чем в сечении D :

$$\begin{aligned}M_{nC} &= \sqrt{M_{Cx}^2 + M_{Cy}^2} = \sqrt{0,18^2 + 0,383^2} = 0,423 \text{ кН} \cdot \text{м}; \\ M_{nD} &= \sqrt{M_{Dx}^2 + M_{Dy}^2} = \sqrt{0,1^2 + 0,085^2} = 0,13 \text{ кН} \cdot \text{м},\end{aligned}$$

то сечение С и является опасным. Определяем эквивалентный момент в сечении С.

В а р и а н т а:

$$M_{\text{экв. III}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} = \sqrt{0,18^2 + 0,383^2 + 0,5^2} = \\ = \sqrt{0,429} = 0,655 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

В а р и а н т б:

$$M_{\text{экв. V}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + 0,75M_z^2} = \\ = \sqrt{0,18^2 + 0,383^2 + 0,75 \cdot 0,5^2} = \sqrt{0,366} = 0,605 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

8. Определяем требуемые размеры вала по вариантам а и б.

По варианту а:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{экв. III}}}{0,1 [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{0,655 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 160 \cdot 10^6}} = 3,45 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 34,5 \text{ мм}.$$

По варианту б:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{экв. V}}}{0,1 [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{0,605 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 160 \cdot 10^6}} = 3,36 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 33,6 \text{ мм}.$$

Принимаем $d_B = 34 \text{ мм}$.

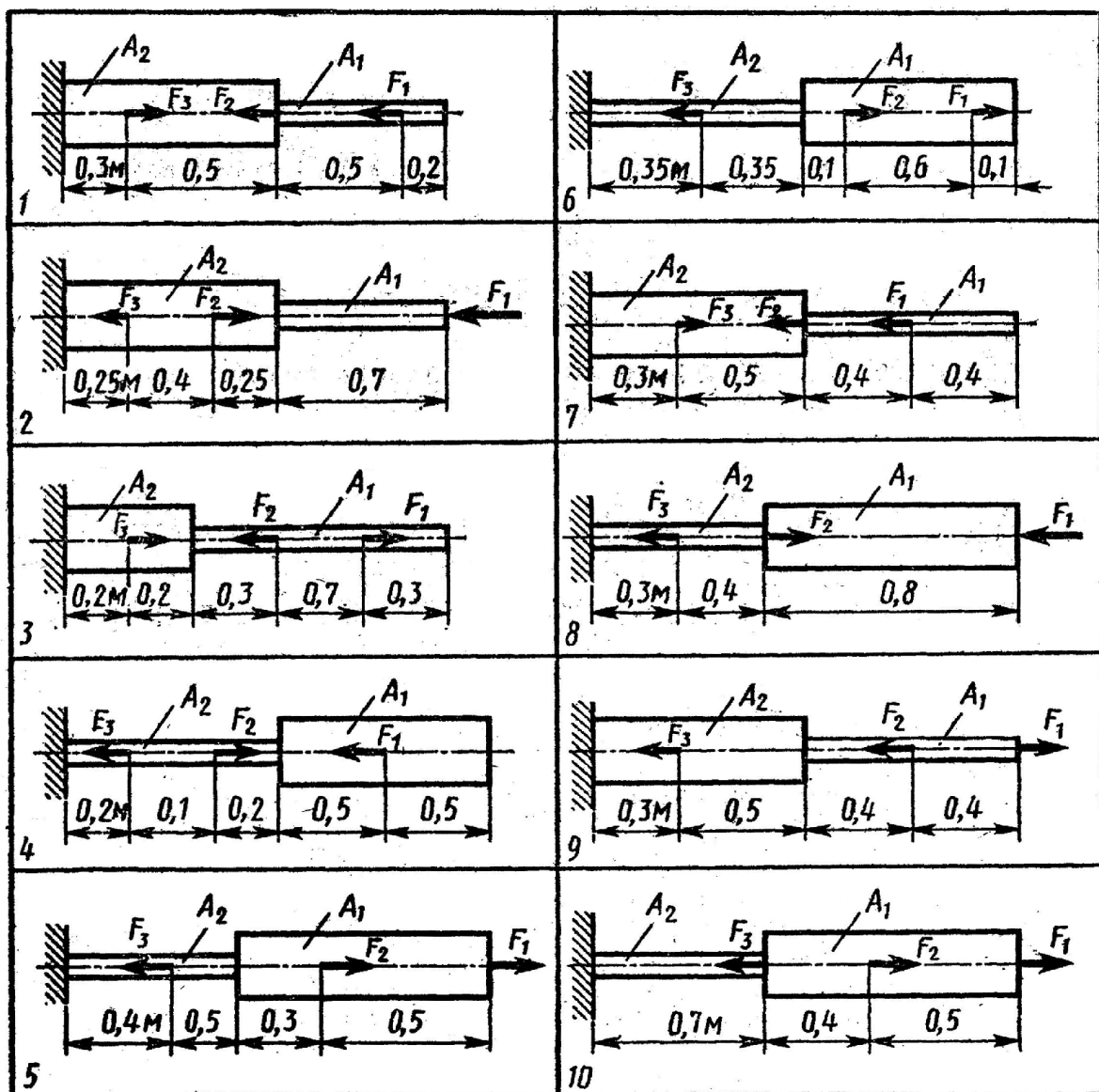
ЗАДАЧА №5

Для двухступенчатого стального бруса нагруженного силами F_1 и F_2 , площадью поперечных сечений A_1 и A_2 требуется: 1. построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса. 2. Определить перемещение свободного конца бруса. Номер схемы и исходные данные указаны в таблице.

№ схемы	вариант	$F_1 \text{ кН}$	$F_2 \text{ кН}$	$A_1 \text{ см}^2$	$A_2 \text{ см}^2$	№ схемы	вариант	$F_1 \text{ кН}$	$F_2 \text{ кН}$	$A_1 \text{ см}^2$	$A_2 \text{ см}^2$
схема -1	1.	5	12	0,8	1,2	схема -6	2.	8	2	2,1	0,8
	3.	10	8	0,3	0,8		4.	13	5	3,1	0,4
	5.	11	21	0,9	1,3		6.	12	11	3,2	0,8
	7.	2	12	0,5	1,5		8.	25	21	3,3	1,4
	9.	5	12	0,2	1,2		10.	18	12	2,7	1,3
	11.	15	27	0,4	1,6		12.	21	15	2,1	1,1
	13.	4	21	1,2	2,8		14.	20	18	2,4	1,6
	15.	23	11	0,6	2,3		16.	28	24	0,8	0,4
	17.	21	18	0,7	1,4		18.	11	8	3,5	2,2
	19.	14	20	0,5	1,5		20.	14	10	3,6	2,4

cxema -2	21.	21	22	0,9	1,4	cxema -7	22.	15	8	1,2	3,6
	23.	16	17	0,8	1,3		24.	21	3	0,3	0,9
	25.	32	45	1,1	2,3		26.	12	2	1,1	1,6
	27.	31	21	1,2	2,4		28.	18	15	1,2	2,1
	29.	12	11	1,3	3,6		30.	21	18	1,6	2,4
	31.	15	21	1,8	2,1		32.	12	11	1,6	2,2
	33.	18	32	1,6	3,1		34.	32	20	1,3	2,0
	35.	21	15	0,8	2,1		36.	27	22	1,1	3,0
	37.	20	18	0,7	2,5		38.	21	11	0,5	1,5
	39.	22	24	2,1	2,8		40.	18	14	0,3	0,7
cxema -3	41.	11	31	0,6	1,7	cxema -8	42.	18	15	2,4	0,9
	43.	14	10	1,2	2,1		44.	20	21	2,3	1,3
	45.	15	8	2,0	4,0		46.	15	21	3,9	1,1
	47.	21	30	1,8	3,2		48.	18	32	2,4	1,3
	49.	11	20	0,9	1,2		50.	21	15	0,9	0,3
	51.	10	25	0,6	0,9		52.	20	18	1,1	0,7
	53.	14	16	0,4	0,7		54.	22	24	2,3	1,1
	55.	17	20	0,3	0,6		56.	14	16	1,1	0,7
	57.	19	14	1,3	1,8		58.	17	20	2,0	1,2
	59.	18	12	1,4	2,1		60.	19	14	3,0	1,2
cxema -4	61.	22	15	1,4	0,8	cxema -9	62.	18	12	0,6	1,9
	63.	20	23	2,3	1,2		64.	22	15	0,2	1,7
	65.	12	14	2,2	1,3		66.	20	23	1,1	3,1
	67.	5	20	0,9	0,2		68.	12	14	0,3	2,3
	69.	31	33	0,8	0,2		70.	14	20	0,1	1,1
	71.	30	45	0,5	0,3		72.	21	22	0,9	1,5
	73.	31	27	0,7	0,5		74.	16	17	0,6	0,8
	75.	12	26	0,5	0,1		76.	32	45	0,2	0,4
	77.	11	8	1,3	1,6		78.	15	27	0,6	1,3
	79.	17	5	1,4	1,8		80.	4	21	0,7	2,0

схема -5	81.	15	33	1,6	0,7
	83.	16	33	4,1	2,3
	85.	18	11	3,1	1,8
	87.	14	20	2,5	2,2
	89.	13	15	1,6	0,5
	91.	10	21	1,9	0,4
	93.	11	27	1,7	1,2
	95.	21	20	0,8	0,2
	97.	22	28	4,1	3,2
	99.	26	30	2,8	2,2
схема -10	82.	23	11	2,8	1,2
	84.	21	18	2,0	1,2
	86.	14	20	3,0	2,2
	88.	21	22	3,1	0,6
	90.	16	17	0,8	0,3
	92.	33	14	2,8	1,3
	94.	21	20	2,9	2,2
	96.	28	12	1,3	0,7
	98.	36	21	3,2	2,0
	00	11	18	2,0	1,5



ЗАДАЧА №6

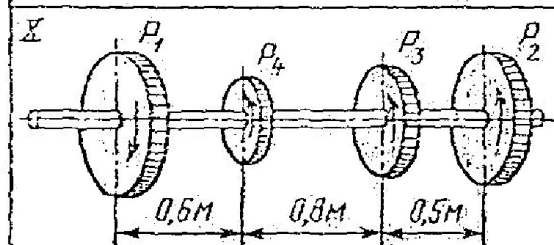
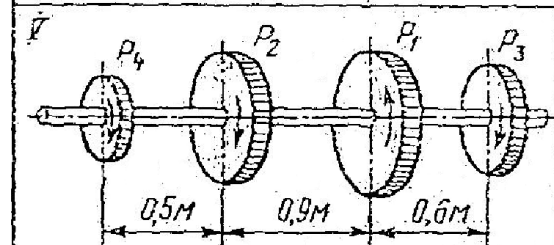
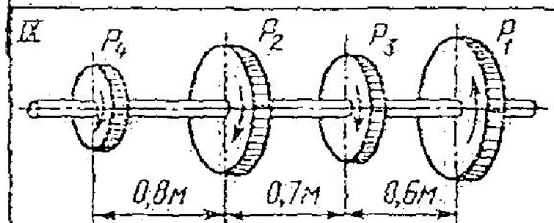
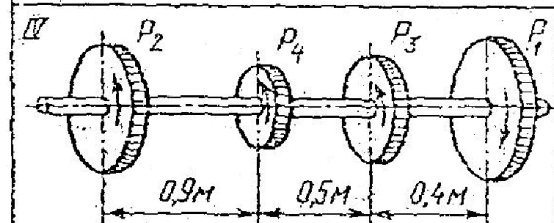
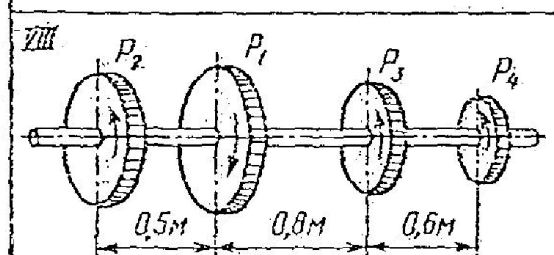
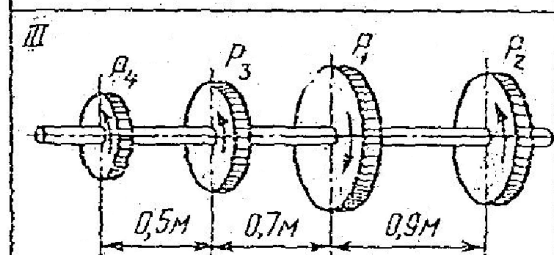
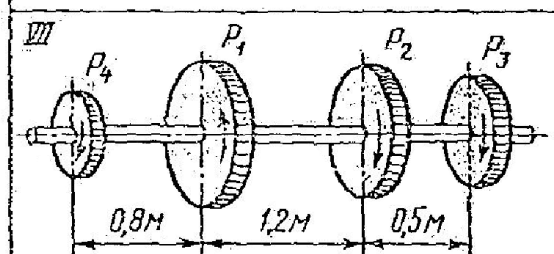
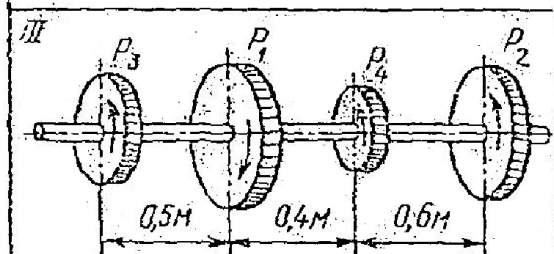
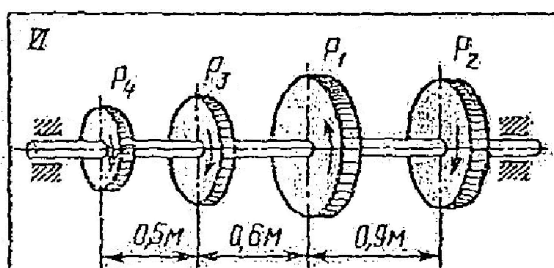
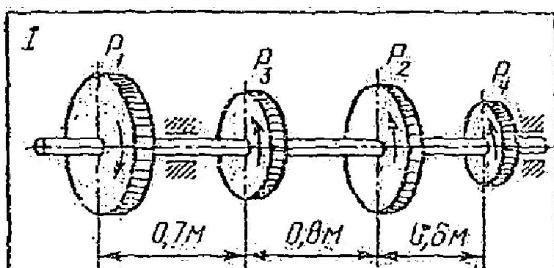
Для стального вала круглого поперечного сечения требуется:

1. Определить значения внешних моментов, соответствующих передаваемым мощностям, и уравновешенный момент.
2. Построить эпюру крутящих моментов по длине вала.
3. Определить диаметры вала по сечениям из расчетов на прочность. Полученные результаты округлить до ближайшего четного или оканчивающегося на 5 числа.
4. Определить полный угол закручивания вала в градусах.

При расчете использовать следующие данные: материал вала - сталь, допускаемое напряжение кручения 30 МПа, модуль упругости при сдвиге $G=8 \cdot 10^4$ МПа. Принять что – $P_2=0,3P_1$ кВт; $P_3=0,2P_1$ кВт; $P_4=0,5P_1$ кВт.

№ схемы	вариант	P_1 кВт	$n_{об}/мин$	№ схемы	вариант	P_1 кВт	$n_{об}/мин$
схема -1	1.	10	80	схема -6	2.	13	87
	3.	12	110		4.	15	85
	5.	20	120		6.	21	96
	7.	21	122		8.	22	147
	9.	11	89		10.	14	155
	11.	20	121		12.	27	125
	13.	25	140		14.	26	144
	15.	30	147		16.	25	120
	17.	32	143		18.	28	147
	19.	22	110		20.	30	155
схема -2	21.	12	87	схема -7	22.	14	125
	23.	24	93		24.	18	144
	25.	23	87		26.	11	120
	27.	24	85		28.	10	130
	29.	25	96		30.	8	155
	31.	26	147		32.	21	140
	33.	28	155		34.	25	222
	35.	27	125		36.	7	240
	37.	17	144		38.	10	180
	39.	18	120		40.	9	150

схема -3	41.	23	130	схема -8	42.	14	120
	43.	20	155		44.	12	110
	45.	10	140		46.	35	80
	47.	26	66		48.	33	210
	49.	26	68		50.	23	210
	51.	21	60		52.	18	140
	53.	14	88		54.	21	120
	55.	17	98		56.	11	260
	57.	15	121		58.	15	240
	59.	12	180		60.	12	210
схема -4	61.	14	160	схема -9	62.	14	200
	63.	17	140		64.	16	180
	65.	16	220		66.	30	120
	67.	28	210		68.	20	140
	69.	22	240		70.	14	180
	71.	21	260		72.	22	160
	73.	10	226		74.	26	147
	75.	5	221		76.	28	250
	77.	14	222		78.	27	200
	79.	32	240		80.	23	180
схема -5	81.	30	180	схема -10	82.	22	120
	83.	20	150		84.	20	130
	85.	15	120		86.	11	155
	87.	18	110		88.	10	140
	89.	21	80		90.	17	66
	91.	22	210		92.	15	68
	93.	17	210		94.	19	60
	95.	19	140		96.	21	88
	97.	26	120		98.	22	220
	99.	22	160		00	30	180

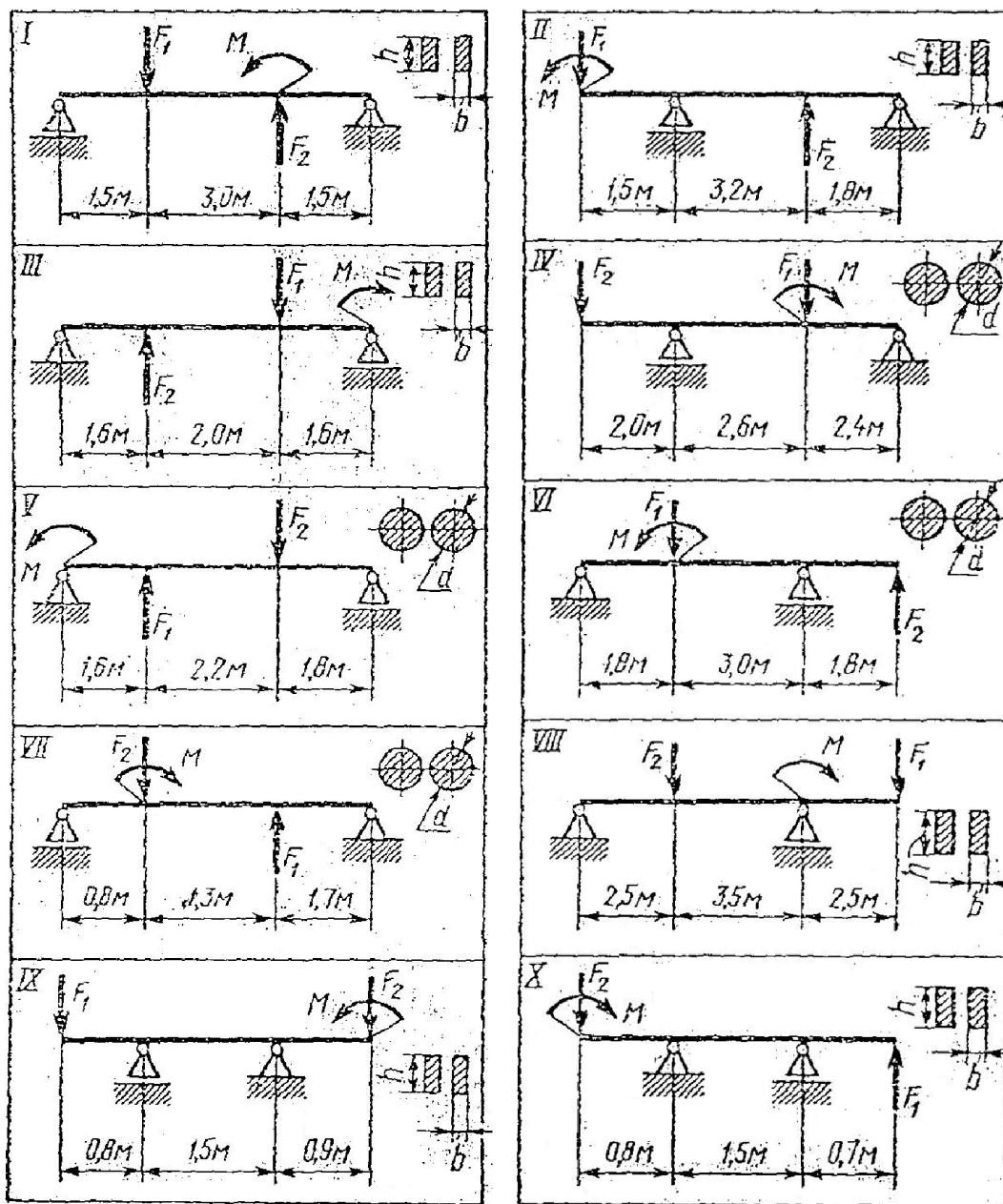


ЗАДАЧА №7

Для заданной двухопорной балки нагруженной силами как указано на рисунках требуется определить: 1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. 2. Из условия прочности подобрать требуемый размер поперечного сечения деревянной балки в двух вариантах – круг и прямоугольник с соотношением сторон $h=2b$. Для дерева допускаемое нормальное напряжение принять 10 МПа. Номер схемы и исходные данные указаны в таблице.

вариант		F ₁ кН	F ₂ кН	M Нм	вариант		F ₁ кН	F ₂ кН	M Нм
1.	схема №1	11	15	9	2.	схема №6	19	10	9
3.		11	16	9	4.		15	19	7
5.		18	16	2	6.		16	18	2
7.		12	13	6	8.		11	13	8
9.		16	15	8	10.		15	13	6
11.		16	17	8	12.		10	10	5
13.		12	14	6	14.		14	17	8
15.		16	13	4	16.		16	18	4
17.		15	12	6	18.		11	13	8
19.		15	13	4	20.		18	17	2
21.	схема №2	15	14	6	22.	схема №7	17	12	8
23.		12	18	7	24.		16	16	7
25.		16	11	5	26.		12	18	3
27.		10	12	5	28.		14	10	6
29.		10	17	8	30.		10	13	6
31.		13	10	5	32.		15	17	16
33.		10	13	2	34.		14	15	8
35.		15	19	3	36.		17	10	5
37.		10	16	9	38.		10	13	7
39.		14	10	7	40.		18	11	4
41.	схема №3	15	13	3	42.	схема №8	15	19	5
43.		17	17	9	44.		19	12	4
45.		11	13	5	46.		13	15	8
47.		16	14	2	48.		18	11	6
49.		13	11	4	50.		17	14	4

51.		18	11	6	52.		14	18	8
53.		14	13	2	54.		18	11	5
55.		11	13	5	56.		13	10	9
57.		13	18	2	58.		11	15	7
59.		15	12	10	60.		15	10	3
61.	схема №4	11	16	8	62.	схема №9	11	12	2
63.		14	10	5	64.		10	14	4
65.		11	17	4	66.		15	15	8
67.		13	14	7	68.		12	11	3
69.		14	17	2	70.		15	17	3
71.		17	10	4	72.		19	18	2
73.		11	17	8	74.		15	15	8
75.		11	19	2	76.		16	16	8
77.		15	14	7	78.		18	17	18
79.		19	19	8	80.		13	11	6
81.	схема №5	16	12	5	82.	схема №10	15	18	8
83.		17	18	3	84.		14	17	2
85.		11	12	3	86.		13	13	6
87.		19	13	6	88.		17	18	5
89.		11	19	9	90.		19	15	3
91.		11	11	5	92.		12	13	2
93.		14	13	7	94.		18	18	8
95.		18	18	6	96.		11	11	2
97.		17	10	8	98.		10	10	2
99.		18	19	9	00		13	17	4

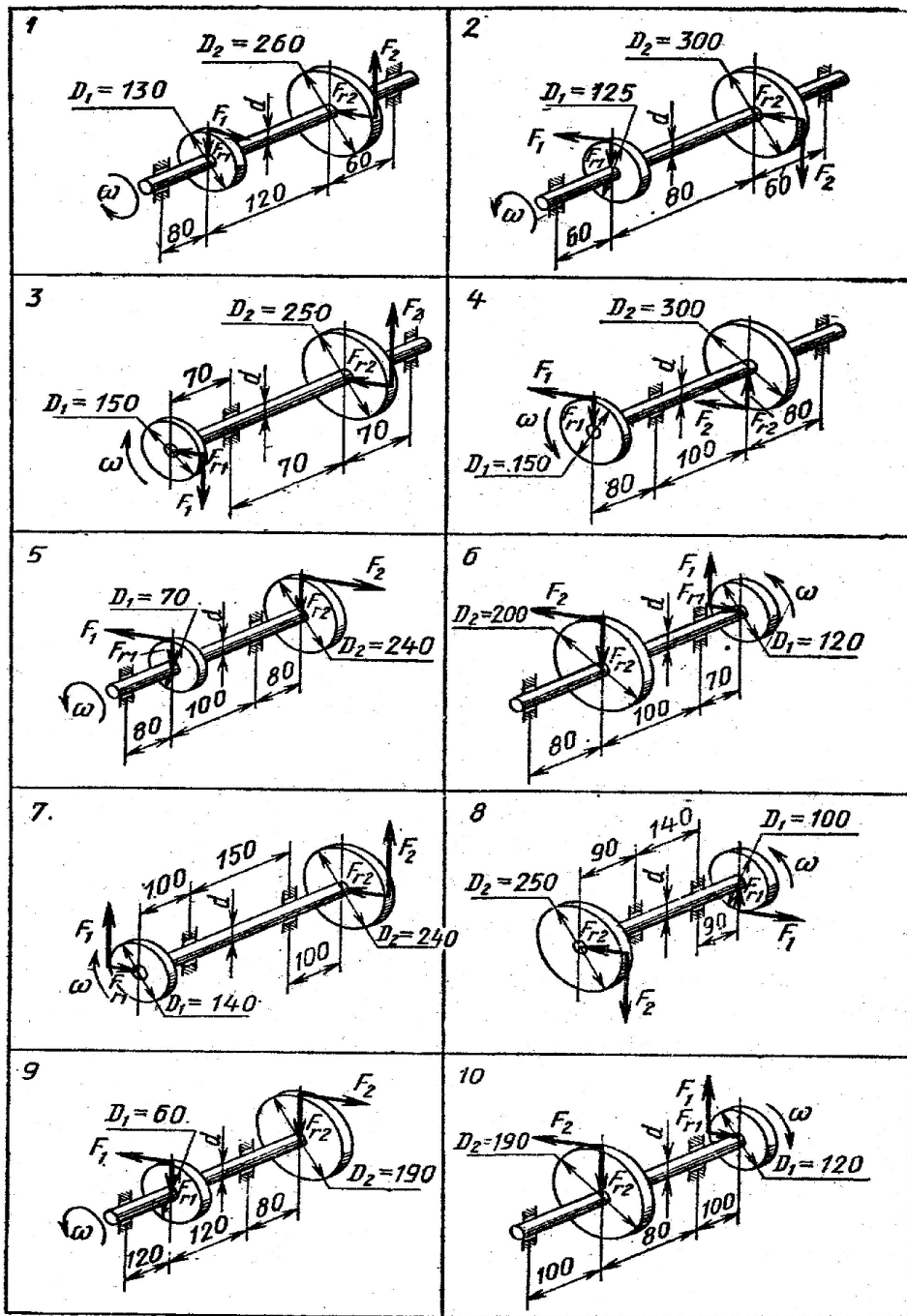


ЗАДАЧА №8

Для стального вала сплошного поперечного сечения с двумя зубчатыми колесами, передающего мощность P (кВт) с угловой скоростью ω (рад/с), требуется определить диаметр вала по двум вариантам: а) используя III гипотезу прочности; б) используя V гипотезу прочности. Принять допускаемое нормальное напряжение 160 МПа; $F_{r1} = 0.3F_1$; $F_{r2} = 0.3F_2$; Номер схемы и исходные данные указаны в таблице.

вариант		P_1 кВт	ω с ⁻¹	вариант		P_1 кВт	ω с ⁻¹
1.	схема №1	30	12	2.	схема №6	15	45
3.		25	68	4.		12	24
5.		6	60	6.		8	38
7.		12	58	8.		14	64
9.		11	52	10.		6	56
11.		21	28	12.		10	46
13.		23	18	14.		9	12
15.		24	16	16.		17	46
17.		26	22	18.		27	32
19.		30	24	20.		28	30
21.	схема №2	28	48	22.	схема №7	26	38
23.		12	46	24.		22	36
25.		45	48	26.		21	34
27.		19	45	28.		20	24
29.		20	50	30.		10	50
31.		26	55	32.		6	12
33.		22	52	34.		8	20
35.		12	54	36.		32	48
37.		10	44	38.		30	24
39.		8	60	40.		20	28
41.	схема №3	6	64	42.	схема №8	10	26
43.		48	62	44.		15	21
45.		32	28	46.		28	45
47.		25	18	48.		26	60
49.		24	20	50.		22	62

51.		20	14	52.		18	48
53.		10	26	54.		14	24
55.		15	12	56.		17	26
57.		8	12	58.		13	24
59.		16	48	60.		15	22
61.	схема №4	7	44	62.	схема №9	23	28
63.		9	42	64.		22	22
65.		8	24	66.		8	14
67.		11	22	68.		7	12
69.		12	14	70.		6	32
71.		14	12	72.		15	25
73.		18	28	74.		10	24
75.		16	40	76.		20	28
77.		19	44	78.		26	18
79.		32	52	80.		30	45
81.	схема №5	23	45	82.	схема №10	32	48
83.		25	35	84.		25	32
85.		20	38	86.		15	12
87.		10	36	88.		12	48
89.		41	24	90.		18	38
91.		50	22	92.		20	46
93.		24	26	94.		10	48
95.		28	48	96.		14	62
97.		16	12	98.		15	63
99.		16	18	00		16	32



Информационное обеспечение реализации программы дисциплины Техническая механика.

Для реализации программы в библиотечном фонде колледжа имеются печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы, рекомендуемые для использования в самостоятельной работе студентов колледжа.

Электронные издания:

Основная литература

Краткий курс теоретической механики / Яковенко Г.Н.- Бином. Лаб. знаний, 2013-116 с. - НЭБ

Сопротивление материалов / Волосухин В.А.- РИОР, ИНФРА-М, 2014-541, 1 с.- НЭБ

Теоретическая механика / Эрдеди А.А. Эрдеди Н.А.- Кнорус, 2014-206 с. - НЭБ

Техническая механика / Андреев В.И.-Изд-во АСВ, 2013-255 с.- НЭБ Техническая механика / Лукьянов А.М.—Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014- 709, 1 с. – НЭБ

Печатные издания:

Дополнительная литература

Детали машин Краткий курс и тестовые задания В.П.Олофинская М., Форум. 2008. – 208с.

Основы технической механики М.С. Мовнин Издательство «Машиностроение», М., 1990 г.

Руководство к решению задач по теоретической механике / Аркуша И. А.,- Издательство «Высшая школа», М., 2002 г.;

Теоретическая механика. Сопротивление материалов Эрдеди А. А., Эрдеди Н. А.,- Издательство: М., Академия, 2009 г.

Электронные образовательные и информационные ресурсы

www.isopromat.ru Учебные материалы по механике

www.moluch.ru Образовательный сайт по технической механике для студентов среднего профессионального образования // Молодой ученый

www.nэб.рф (Национальная электронная библиотека – НЭБ)