

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г. И. Носова»  
Многопрофильный колледж



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ОП.06 Техническая механика**

**для обучающихся специальности**

**44.02.06 Профессиональное обучение (по отраслям). Обработка металлов давлением**

Магнитогорск, 2022

**ОДОБРЕНО:**

Предметно-цикловой комиссией  
«Обработки металлов давлением»  
Председатель О.В.Шелковникова  
Протокол № 5 от 19.01.2022.

Методической комиссией МпК

Протокол №4от 09.02.2022 г.

**Составитель:**

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова» МпК В.В.Радомская

Методические указания по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Техническая механика».

Содержание практических работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля ПМ.04 Участие в организации технологического процесса программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 44.02.06 Профессиональное обучение (по отраслям). Обработка металлов давлением, углубленной подготовки и овладению профессиональными компетенциями.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Методические указания	6
Практическая работа 1	6
Практическая работа 2	9
Практическая работа 3	11
Практическая работа 4	13
Практическая работа 5	16
Практическая работа 6	19
Практическая работа 7	23
Практическая работа 8	26
Практическая работа 9	30
Практическая работа 10	32
Практическая работа 11	35
Практическая работа 12	38
Практическая работа 13	42
Практическая работа 14	44
Практическая работа 15	47
Практическая работа 16	50

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические занятия.

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений (умений решать задачи по статике, кинематике, динамике, сопротивлению материалов и деталям машин), необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Техническая механика» предусмотрено проведение практических занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

- производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;
- читать кинематические схемы;
- определять напряжения в конструкционных элементах;

Содержание практических занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

- ПК 4.1 Участвовать в планировании деятельности первичного структурного подразделения.
- ПК 4.2 Участвовать в разработке и внедрении технологических процессов.
- ПК 4.3 Разрабатывать и оформлять техническую и технологическую документацию.
- ПК 4.4 Обеспечивать соблюдение технологической и производственной дисциплины.
- ПК 4.5 Обеспечивать соблюдение техники безопасности.

В процессе освоения дисциплины у студентов должны формироваться общие компетенции:

ОК 1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2 Организовывать собственную деятельность, определять методы решения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3 Оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.

ОК 4 Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.

ОК 6 Работать в коллективе и команде, взаимодействовать с руководством, коллегами и социальными партнерами.

ОК8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9 Осуществлять профессиональную деятельность в условиях обновления ее целей, содержания, смены технологии

ОК11 Строить профессиональную деятельность с соблюдением правовых норм ее регулирующих.

Выполнение обучающихся практических и/или лабораторных работ по учебной дисциплине «Техническая механика» направлено на:

- *формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;*

- *формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;*

- *развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проекторочных, конструктивных и др.*

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил

#### Практическая работа № 1

#### Определение равнодействующей сходящейся системы сил

##### Цель:

- Знать способ разложения силы на составляющие,
- Изучить способы сложения сил, линии действия которых сходятся в одной точке,
- Знать геометрический и аналитический способы определения равнодействующей силы и уметь ими пользоваться.

##### Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

##### Материальное обеспечение:

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, транспортир, карандаш, ластик.

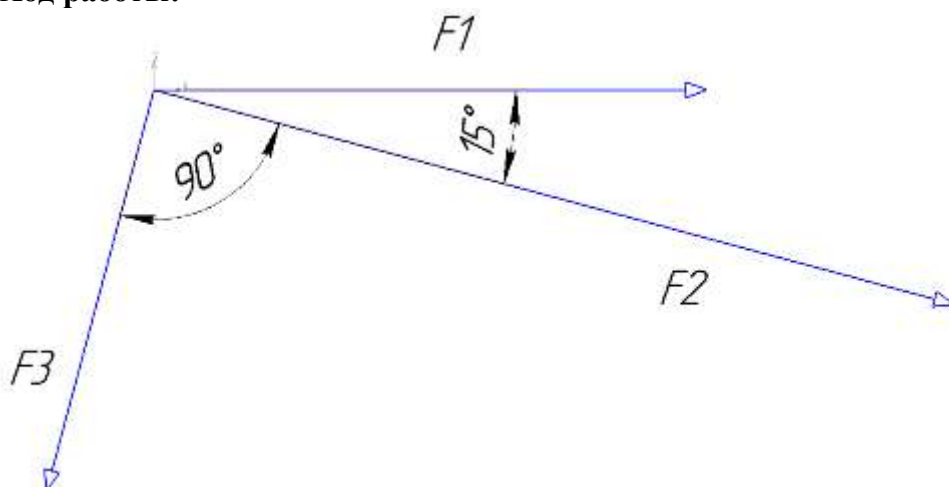
##### Задание:

1. Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил геометрически.
2. Определить равнодействующую плоской системы сходящихся сил аналитически.

##### Порядок выполнения работы:

1. Для графического решения задачи необходимо в принятом масштабе последовательно соединить три вектора с соблюдением углов, Соединив начало вектора  $F_1$  и конец вектора  $F_3$  получим значение равнодействующей.
2. Для аналитического решения необходимо принять систему координат и составить уравнение равновесия относительно осей  $x$  и  $y$ , чтобы по правилу параллелограмма определить значение равнодействующей.

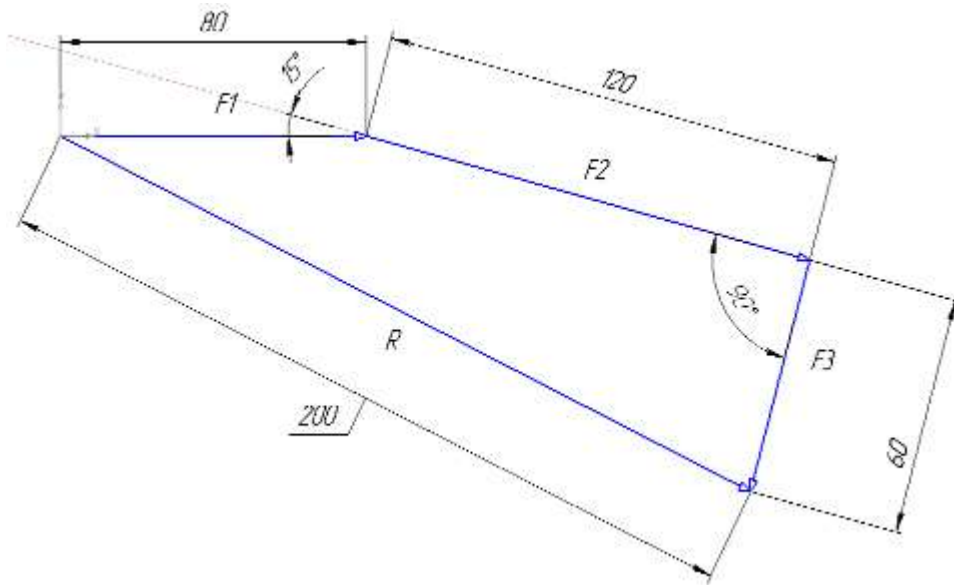
##### Ход работы:



1 Графический метод.

Принимаем масштаб для сил 20:1.  $F_1 = 80\text{мм}$ ,  $F_2 = 120\text{мм}$ ,  $F_3 = 60\text{ мм}$ .

Выстраиваем в масштабе последовательно под заданными углами вектора сначала F1 потом F2 за ним F3 начало вектора F1 и конец вектора F3 соединяем вектором R, это по правилу параллелограмма равнодействующая системы сил.

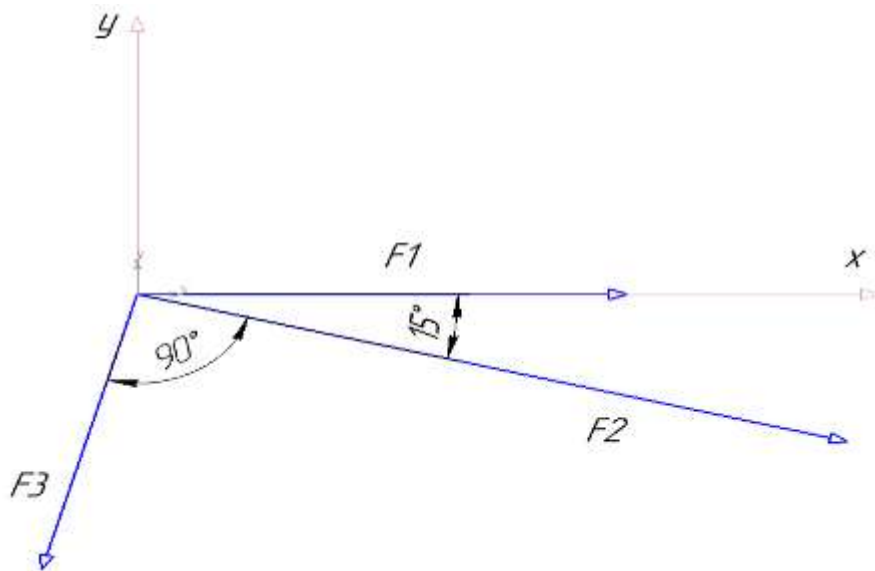


Замеряем линейкой значение равнодействующей и переводим в Н согласно принятому масштабу, тогда  $R = 10\text{Н}$ .

2 Аналитический метод.

Для системы сил принимаем произвольно направление осей x и y под углом  $90^\circ$ .

Относительно принятой системы координат составляем уравнения равновесия на оси x и y.



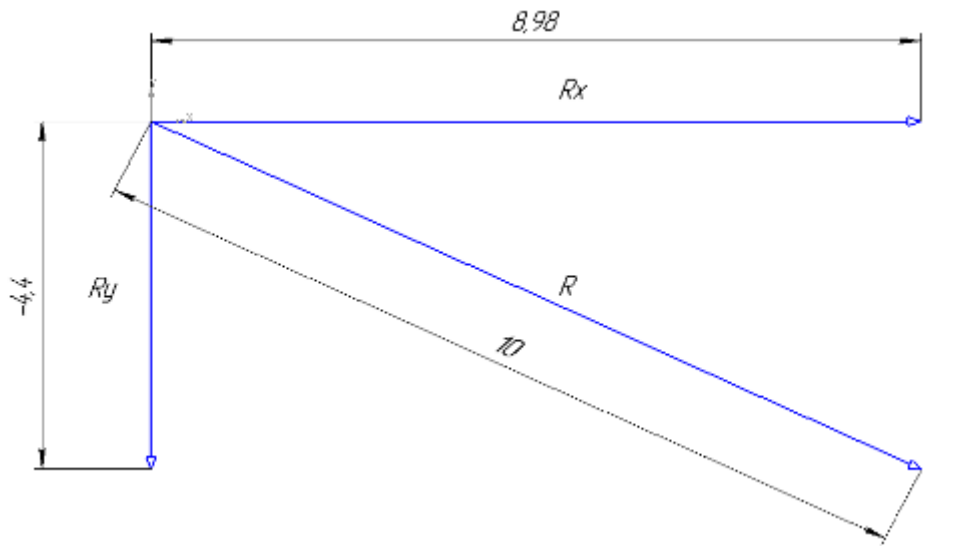
$$\Sigma F_x = F_1 + F_2 \cdot \cos 15^\circ - F_3 \cdot \cos 75^\circ = 0$$

$$\Sigma F_y = -F_3 \cos 15^\circ - F_2 \cdot \cos 75^\circ = 0$$

Из уравнения следует, что проекция равнодействующей на ось x равна  $R_x = F_1 + F_2 \cdot \cos 15^\circ - F_3 \cdot \cos 75^\circ = 4 + 6 \cdot \cos 15^\circ - 3 \cdot \cos 75^\circ = 8.98\text{ Н}$

Проекция на ось y тогда равна  $R_y = -F_3 \cos 15^\circ - F_2 \cdot \cos 75^\circ = -3 \cdot \cos 15^\circ - 6 \cdot \cos 75^\circ = -4.4\text{ Н}$

Тогда по правилу параллелограмма вектор равнодействующей находится по формуле  $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{8.98^2 + (-4.4)^2} = 10H$ .



Ответ:  $R = 10H$ .

**Форма представления результата:**

<p>Дано:</p> <p><math>F_1 = 4H</math></p> <p><math>F_2 = 6H</math></p> <p><math>F_3 = 3H</math></p>	<p>Решение:</p> <p>Ответ:</p>
<p>Найти:</p> <p><math>R = ?</math></p>	

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – один из способов рассчитан верно.

Оценка 4 – оба способа посчитаны верно, разница между полученными значениями не более 5%.

Оценка 5 – защита работы( устный опрос по конспекту).



## Тема 1.3 Пара сил и момент силы относительно точки

### Практическая работа № 2

#### Определение реакций опор в 2х опорной балке

**Цель:** иметь представление о видах опор балочных систем и возникающих в них реакциях. Знать формы уравнений равновесия плоской системы произвольно расположенных сил и уметь их использовать для определения реакций для балки с шарнирными опорами.

#### Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

#### Материальное обеспечение:

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

#### Задание:

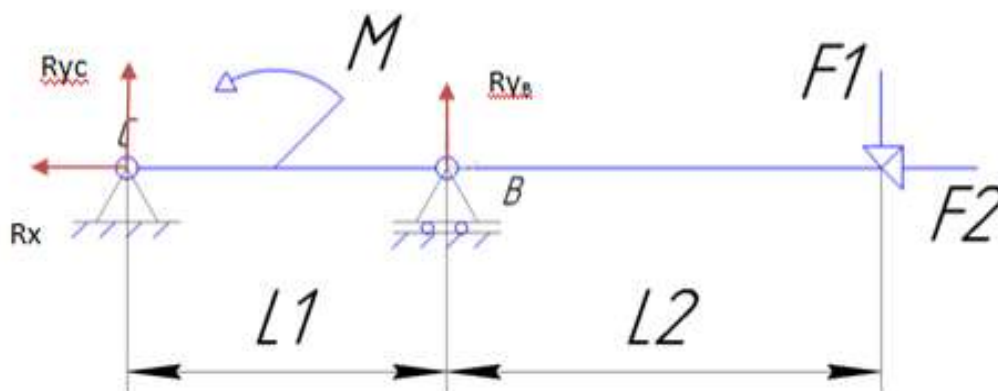
Определить величины реакций в шарнирах двух опорной балки. Проверить правильность решения.

#### Порядок выполнения работы:

1. указать на схеме реакции опор.
2. составить уравнение равновесия - сумма всех сил относительно оси  $x$ , уравнения равновесия – сумма моментов всех сил относительно точки.
3. выразить из полученных уравнений неизвестные реакции опор.
4. провести проверку решения.

#### Ход работы:

1. Изображаем на схеме неизвестные реакции опор.



2. Составляем уравнения равновесия моментов относительно точки

$$B \sum M_B = F_1 \cdot 4 - M + R_{yc} \cdot 2 = 0,$$

$$C \sum M_C = -R_{yb} \cdot 2 - M + F_1 \cdot 6 = 0$$

и сумму проекций на ось  $x$

$$\sum F_x = R_x - F_2 = 0$$

3. выражаем неизвестные из полученных уравнений

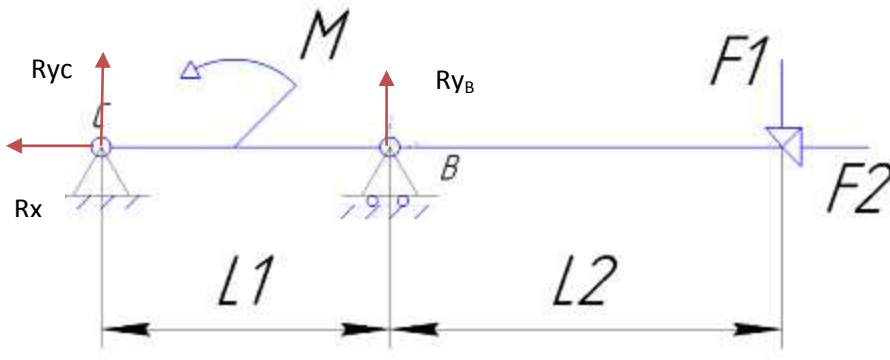
$$R_{yc} = \frac{-F_1 \cdot 4 + M}{2},$$

$$R_{yb} = \frac{F_1 \cdot 6 - M}{2},$$

$$R_x = F_2.$$

Если в результате реакция опоры получается отрицательной то на схеме нужно направить эту реакцию в противоположную сторону. Тогда в ответ запишем положительное значение.

**Форма представления результата:**

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>F_1=2 \text{ Н}</math></p> <p><math>F_2=4 \text{ Н}</math></p> <p><math>F_3=7 \text{ Н}</math></p> <p><math>M= 8 \text{ Н}\cdot\text{м}</math></p> <p><math>L_1=2 \text{ м}</math></p> <p><math>L_2=4 \text{ м}</math></p>	<p><b>Решение:</b></p> 
<p><b>Найти:</b></p> <p><math>R_{yB} = ?</math></p> <p><math>R_x = ?</math></p> <p><math>R_{yC} = ?</math></p>	<p>Ответ:</p>

**Критерии оценки:**

- Оценка 3 – Реакции опор указаны на схеме правильно, одна из реакций верно посчитана.
- Оценка 4 – Реакции опор указаны на схеме правильно, две реакции опоры посчитаны верно.
- Оценка 5 – Реакции опор указаны на схеме верно, все три посчитаны правильно.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Проговорить названия опор изображенных на схеме.
2. Объяснить почему в каждой из них возникают именно такие реакции.
3. Составить уравнение моментов относительно произвольной точки выбранной преподавателем.

## Тема 1.3 Пара сил и момент силы относительно точки

### Практическая работа № 3

#### Определение реакций опор в жесткой заделке

**Цель:** в результате выполнения работы студент должен иметь представление о видах опор балочных систем и возникающих в них реакциях. Знать формы уравнений равновесия плоской системы произвольно расположенных сил уметь их использовать для определения неизвестных реакций в опорах. Уметь выполнять проверку правильности решения.

#### Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

#### Материальное обеспечение:

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

#### Задание:

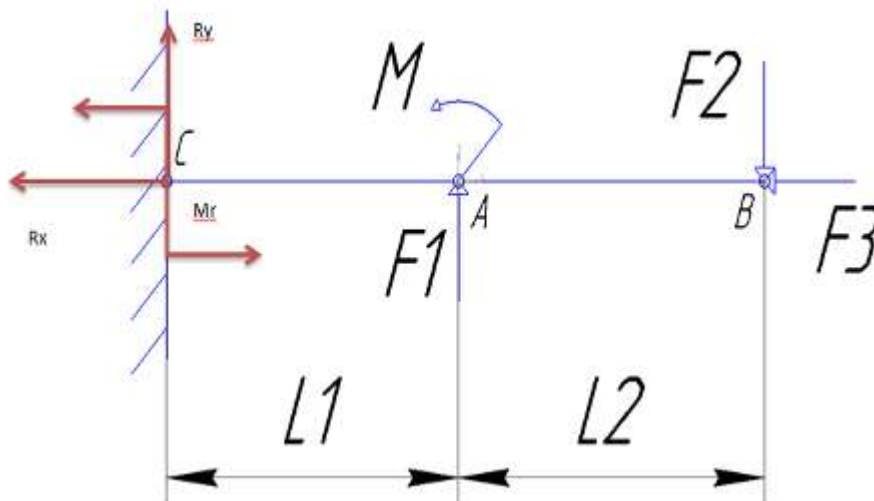
Определить величины реакций в заделке одноопорной балки. Проверить правильность решения.

#### Порядок выполнения работы:

1. указать на схеме реакции опор.
2. составить уравнение равновесия - сумма всех сил относительно оси  $x$ , уравнения равновесия – сумма моментов всех сил относительно точки.
3. выразить из полученных уравнений неизвестные реакции опор.
4. провести проверку решения.

#### Ход работы:

1. Изображаем на схеме неизвестные реакции опор.



2. Составляем уравнения равновесия моментов относительно точки

$$B \quad \Sigma M_B = F_1 \cdot 4 - M + R_y \cdot 6 - M_R = 0$$

$$C \quad \Sigma M_C = -M_R - M - F_1 \cdot 2 + F_2 \cdot 6 = 0$$

и сумму проекций на ось  $x$

$$\Sigma F_x = R_x - F_2 = 0$$

3. Выражаем неизвестные из полученных уравнений

$$R_y = \frac{M_R + M - F_1 \cdot 4}{6},$$

$$M_R = -M - F_1 \cdot 2 + F_2 \cdot 6,$$

$$R_x = F_3.$$

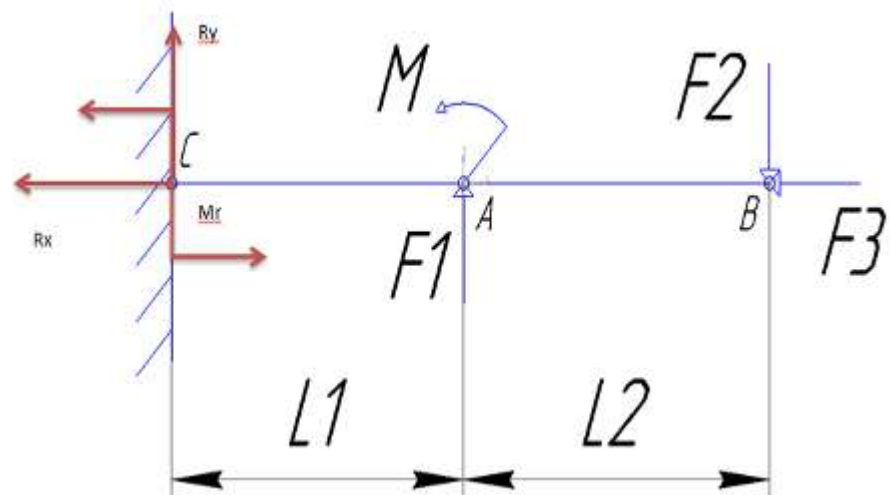
4. Проверка:

$$\Sigma F_y = F_1 - F_2 + R_y = 0$$

Ответ:  $M_R = -6$ ;  $R_x = 16$ ;  $R_y = 18$ .

Если в результате реакция силы получается отрицательной то на схеме нужно направить эту реакцию в противоположную сторону. Тогда в ответ запишем положительное значение.

### Форма представления результата:

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>L_1 = 2</math>, м</p> <p><math>L_2 = 8</math>, м</p> <p><math>F_1 = 2</math>, Н</p> <p><math>F_2 = 18</math>, Н</p> <p><math>F_3 = 16</math>, Н</p> <p><math>M = 6</math>, Н·м</p>	<p><b>Решение:</b></p> 
<p><b>Найти:</b></p> <p><math>M_R = ?</math></p> <p><math>R_x = ?</math></p> <p><math>R_y = ?</math></p>	<p><b>Ответ:</b></p>

### Критерии оценки:

- Оценка 3 – Реакции опор указаны на схеме правильно, одна из реакций верно посчитана.
- Оценка 4 – Реакции опор указаны на схеме правильно, две реакции опоры посчитаны верно.
- Оценка 5 – Реакции опор указаны на схеме верно, все три посчитаны правильно.

### Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:

1. Проговорить названия опоры изображенной на схеме.
2. Объяснить почему в опоре возникают именно такие реакции.
3. Составить уравнение моментов относительно произвольной точки выбранной преподавателем.
4. Какие уравнения равновесия бывают.

## Тема 1.5. Центр тяжести

### Практическая работа № 4

#### Определение центра тяжести плоской фигуры, составленной из стандартных профилей проката

**Цель:** в результате выполнения работы студент должен знать методы определения центра тяжести тела и формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур. Уметь определять положение центра тяжести сложных геометрических фигур и фигур, составленных из стандартных профилей.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

-Выполнять основные расчёты по теоретической механике.

#### **Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

#### **Задание:**

Определить положение центра тяжести сечения, составленного из стандартных профилей.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. указать габаритные размеры составных фигур.
2. определить относительно выбранной системы координат положения центра тяжести каждой фигуры.
3. определить площадь каждой фигуры.
4. заполнить полученные значения в таблицу.
5. определить центр тяжести составного сечения.
6. отметить на семе положение центра тяжести.

#### **Ход работы:**

1. Изображаем на схеме габаритные размеры каждой фигуры.

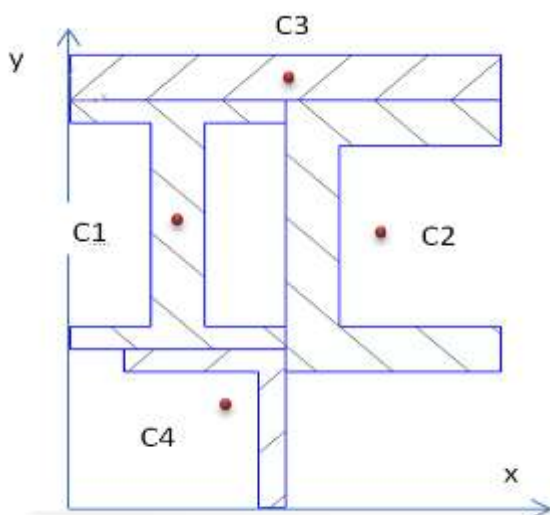
Размеры полосы указаны в условии задачи, размеры стандартных профилей берем по номеру профиля из таблицы ГОСТ b и h.

Проверяем единицы измерения, они должны все быть одинаковыми.

2. Определяем положения центра тяжести каждой фигуры.

Центр тяжести полосы лежит также как и у прямоугольника на пересечении его диагоналей.

Центры тяжести профилей двутавра, швеллера и уголка указаны в таблице ГОСТ.



3. Определяем площади фигур.

Площадь полосы находим по формуле  $A = b \times h$ , двутавр, швеллер и уголок находим в таблице ГОСТ.

4. Заполнить таблицу своими значениями.

	Фигура 1	Фигура 2	Фигура 3	Фигура 4
Площадь, A				
Координата, x				
Координата, y				

5. Из таблицы подставляем значения в формулу для определения общего центра тяжести

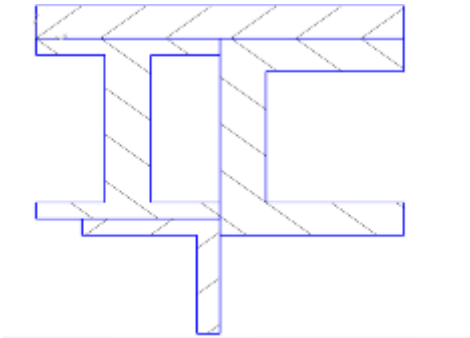
$$X_c = \frac{A_1 \times x_1 + A_2 \times x_2 + A_3 \times x_3 + A_4 \times x_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

$$y_c = \frac{A_1 \times y_1 + A_2 \times y_2 + A_3 \times y_3 + A_4 \times y_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

6. Отметить центр тяжести составного сечения на рисунке по рассчитанным значениям.

Ответ:  $X_c =$  ;  $y_c =$  .

**Форма представления результата:**

<p>Дано:</p> <p>Профиль двутавра № 12</p> <p>Профиль швеллера № 16</p> <p>Сечение полосы 128x10</p> <p>Профиль уголка равнобокого №5</p>	<p>Решение:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Ответ:</p>
<p>Найти:</p> <p><math>X_c = ?</math></p> <p><math>y_c = ?</math></p>	

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – Таблица заполнена верно, единицы измерения одинаковы более чем 50%.

Оценка 4 – Таблица заполнена верно, все единицы измерения одинаковы.

Оценка 5 – Общий центр тяжести посчитан и указан на схеме верно.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Проговорить названия стандартных профилей проката.

2. Проговорить где находятся центры тяжести у простых фигур.

3. Написать уравнения для нахождения координат общего центра тяжести.

## Тема 2.2. Растяжение и сжатие

### Практическая работа № 5

#### Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений

**Цель:** в результате выполнения работы студент должен знать правила построения эпюр продольных сил и нормальных напряжений в поперечном сечении бруса, уметь с помощью метода сечений строить эпюры продольных сил и нормальных напряжений.

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

**Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

**Задание:**

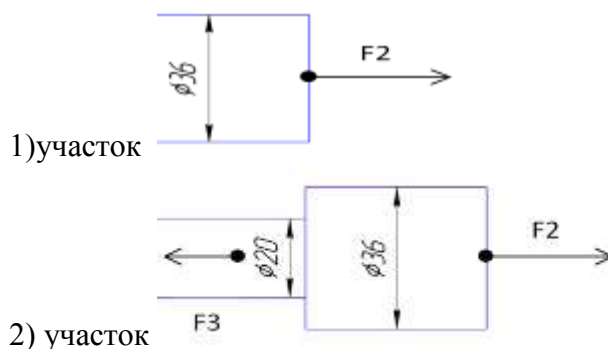
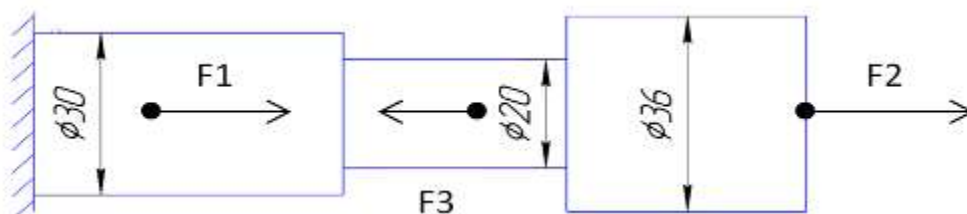
1. Построить по методу сечений эпюру продольных сил.
2. Рассчитать величины нормальных напряжений и построить эпюру..

**Порядок выполнения работы:**

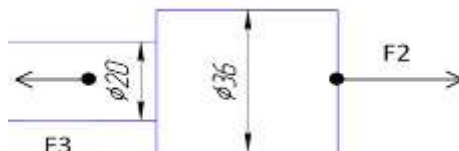
1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем продольную силу на каждом участке.
2. определяем величины нормальных напряжений по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.
3. строим эпюры.

**Ход работы:**

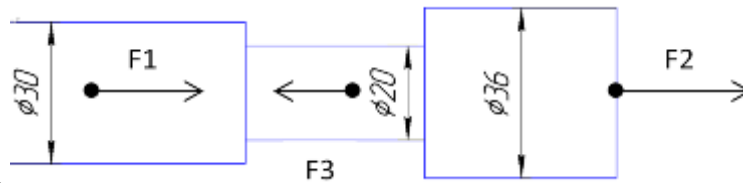
1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем продольную силу на каждом участке.



2) участок







3) участок

По методу сечений определить продольную силу  $N$ , (Н) на каждом участке.

$$N_1 = F_2 = 10 \text{ кН}$$

$$N_2 = F_2 - F_3 = 10 - 5 = 5 \text{ кН}$$

$$N_3 = F_2 - F_3 + F_1 = 10 - 5 + 30 = 35 \text{ кН}$$

По формуле  $A = \frac{D^2 \times \pi}{4}$ , (мм<sup>2</sup>) или  $A = R^2 \times \pi$ , (мм<sup>2</sup>)

найти площадь каждого круглого сечения.

$$A_1 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 36^2}{4} = 1017,36 \text{ мм}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 20^2}{4} = 314 \text{ мм}^2$$

$$A_3 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 30^2}{4} = 706,5 \text{ мм}^2$$

2. определяем величины нормальных напряжений по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.

Исходя из полученных значений находим нормальное напряжение на каждом участке

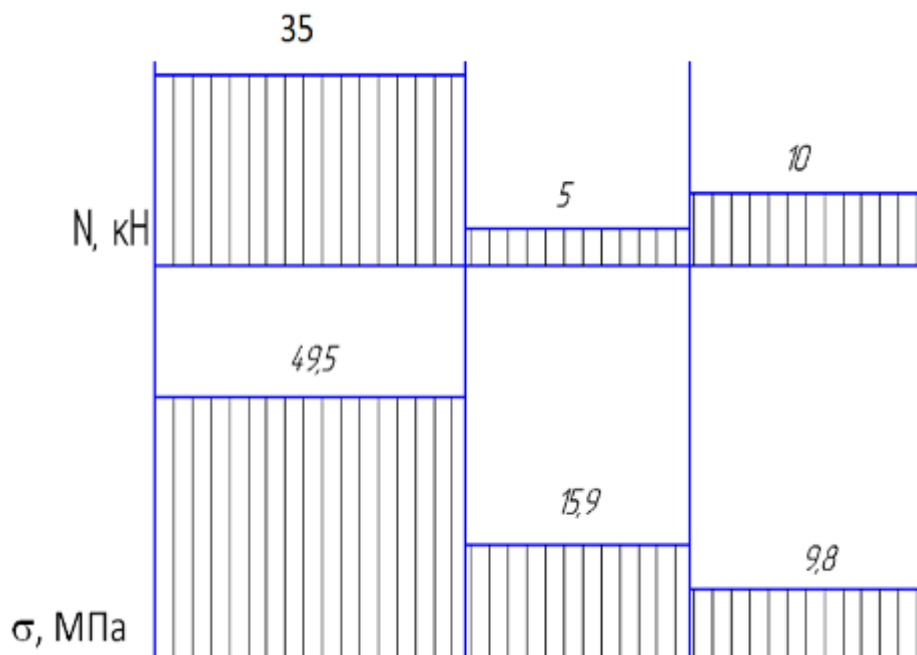
$$\sigma = \frac{N(\text{Н})}{A(\text{мм}^2)}, \text{ (Н/мм}^2 \text{ или МПа).}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{10 \times 10^3}{1017,36} = 9,8 \text{ МПа, (Н/мм}^2)$$

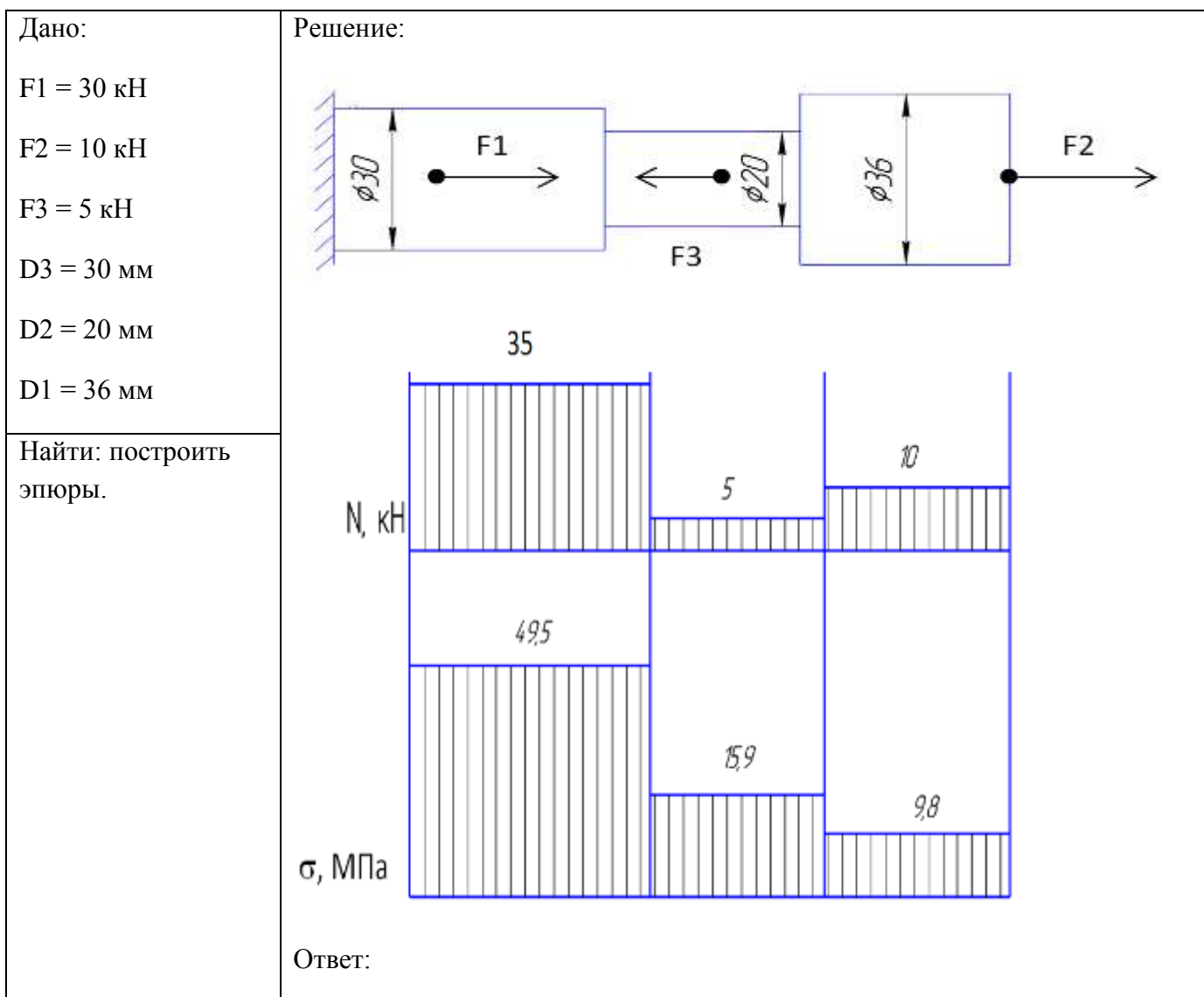
$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{5 \times 10^3}{314} = 15,9 \text{ МПа, (Н/мм}^2)$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{35 \times 10^3}{706,5} = 49,5 \text{ МПа, (Н/мм}^2)$$

3. Строим эпюры  $N$  и  $\sigma$ .



### Форма представления результата:



#### Критерии оценки:

Оценка 3 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и изображена эпюра. Правильно посчитаны площади сечений.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и изображена эпюра. Правильно посчитаны площади сечений. Правильно посчитаны напряжения на каждом участке и есть эпюра.

#### Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:

1. Проговорить единицы измерения значений сил, напряжений и площадей.
2. Определить где наиболее опасное сечение бруса.
3. Проговорить формулу для нахождения напряжения
4. Какие внутренние силовые факторы возникают при растяжении и сжатии.
5. Правило знаков для продольной силы.

## Тема 2.2. Растяжение и сжатие

### Практическая работа № 6

#### Расчёт на прочность, жесткость и экономичность при растяжении и сжатии

**Цель:** в результате выполнения работы студент должен знать правила построения эпюр продольных сил и нормальных напряжений в поперечном сечении бруса, уметь с помощью метода сечений строить эпюры продольных сил и нормальных напряжений. Проводить конструирование бруса с учетом полученных значений из условия прочности.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

#### **Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

#### **Задание:**

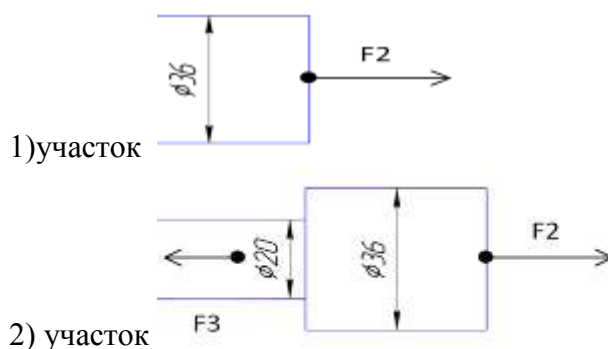
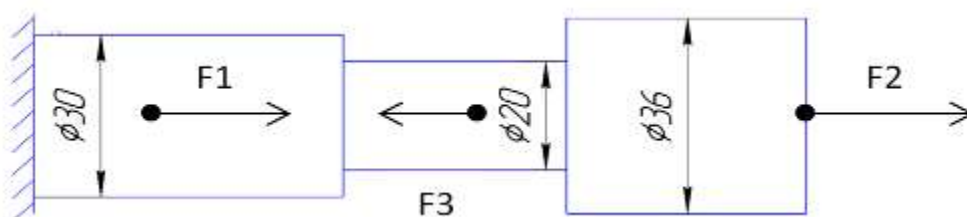
1. Построить по методу сечений эпюру продольных сил.
2. Рассчитать величины нормальных напряжений и построить эпюру.
3. Провести расчет на прочность.
4. Изменить размеры сечений на более рациональные.

#### **Порядок выполнения работы:**

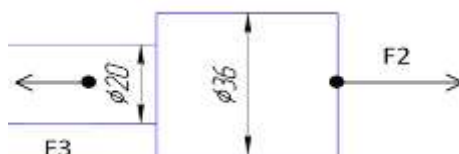
1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем продольную силу на каждом участке.
2. определяем величины нормальных напряжений по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.
3. строим эпюры.
4. Подставляем в формулу прочности полученные значения касательных напряжений.
5. По условию прочности меняем размеры сечений.

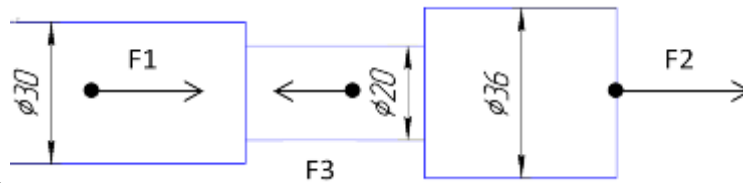
#### **Ход работы:**

1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем продольную силу на каждом участке.



2) участок





3) участок

По методу сечений определить продольную силу  $N$ , (Н) на каждом участке.

$$N_1 = F_2 = 10 \text{ кН}$$

$$N_2 = F_2 - F_3 = 10 - 5 = 5 \text{ кН}$$

$$N_3 = F_2 - F_3 + F_1 = 10 - 5 + 30 = 35 \text{ кН}$$

По формуле  $A = \frac{D^2 \times \pi}{4}$ , (мм<sup>2</sup>) или  $A = R^2 \times \pi$ , (мм<sup>2</sup>)

найти площадь каждого круглого сечения.

$$A_1 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 36^2}{4} = 1017,36 \text{ мм}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 20^2}{4} = 314 \text{ мм}^2$$

$$A_3 = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 30^2}{4} = 706,5 \text{ мм}^2$$

2. определяем величины нормальных напряжений по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.

Исходя из полученных значений находим нормальное напряжение на каждом участке

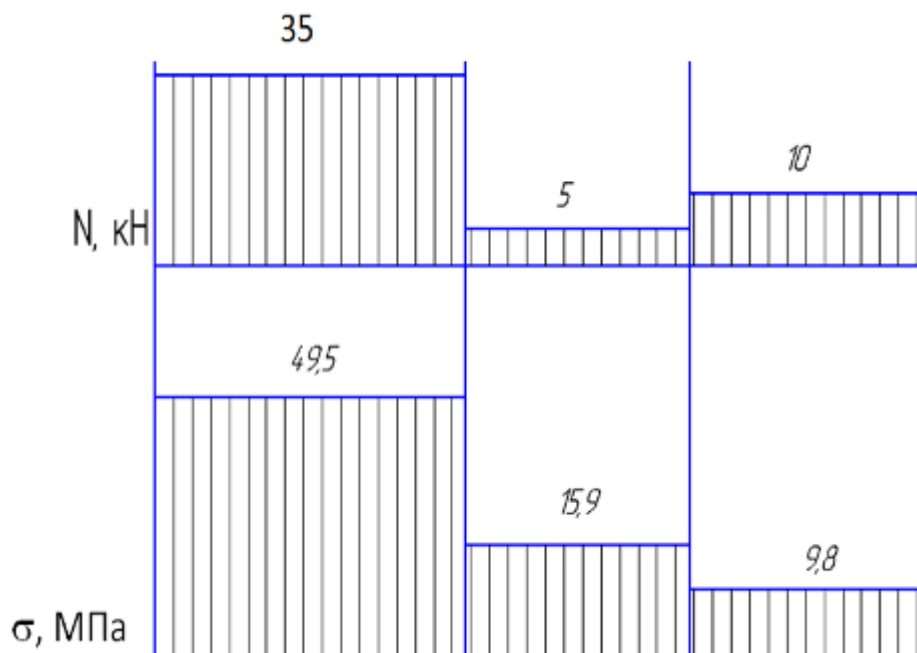
$$\sigma = \frac{N(\text{Н})}{A(\text{мм}^2)}, \text{ (Н/мм}^2 \text{ или МПа).}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{10 \times 10^3}{1017,36} = 9,8 \text{ МПа, (Н/мм}^2)$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{5 \times 10^3}{314} = 15,9 \text{ МПа, (Н/мм}^2)$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{35 \times 10^3}{706,5} = 49,5 \text{ МПа, (Н/мм}^2)$$

Строим эпюры  $N$  и  $\sigma$ .



3. Проверяем по условию прочности  $\sigma \leq [\sigma]$  размеры сечений.

$$\sigma_1 \leq [\sigma]; 9,8 < 40, \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 \leq [\sigma]; 15,9 < 40, \text{ МПа}$$

$$\sigma_3 \geq [\sigma]; 49,5 > 40, \text{ МПа}$$

**Вывод:** 1. Из условия прочности видно, что на 3-ем участке нормальное напряжение превышает допускаемое. Значит нужно изменить площадь поперечного сечения или уменьшить силу F1. Наиболее простым будет изменить площадь сечения.

$$4. \text{ Уточненная } A_3 = \frac{N_3}{[\sigma]} = \frac{35 \times 10^3}{40} = 875, \text{ мм}^2$$

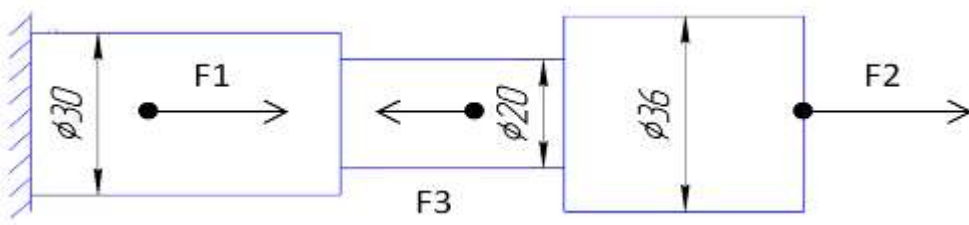
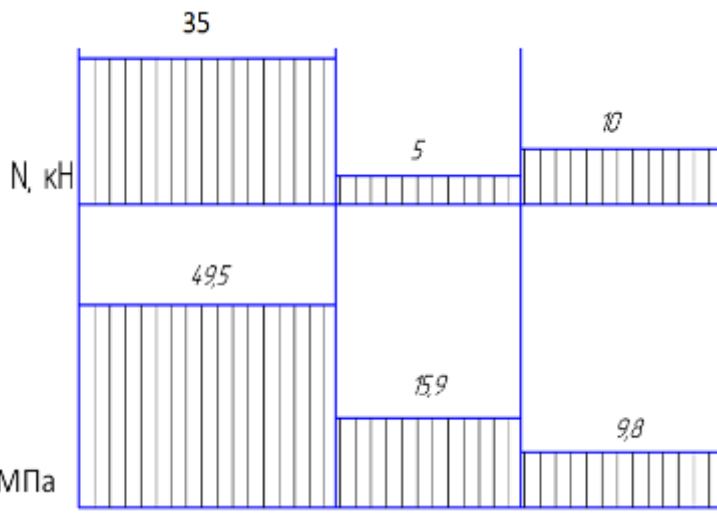
2. Так же нужно изменить площади сечений на 1-ом и 2-ом участках. Здесь не рационально использован материал.

$$\text{Уточненная } A_1 = \frac{N_1}{[\sigma]} = \frac{10 \times 10^3}{40} = 250, \text{ мм}^2$$

$$\text{Уточненная } A_2 = \frac{N_2}{[\sigma]} = \frac{5 \times 10^3}{40} = 125, \text{ мм}^2$$

**Ответ:** Уточненные  $D_3 = 33,4 \text{ мм}$ ,  $D_2 = 12,6 \text{ мм}$ ,  $D_1 = 17,8 \text{ мм}$ .

**Форма представления результата:**

<p>Дано:</p> <p><math>F_1 = 30 \text{ кН}</math></p> <p><math>F_2 = 10 \text{ кН}</math></p> <p><math>F_3 = 5 \text{ кН}</math></p> <p><math>D_3 = 30 \text{ мм}</math></p> <p><math>D_2 = 20 \text{ мм}</math></p> <p><math>D_1 = 36 \text{ мм}</math></p> <p><math>[\sigma] = 40 \text{ Н/мм}^2</math></p>	<p>Решение:</p>   <p>Ответ:</p>
<p>Найти:</p> <p>рациональные сечения.</p>	

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и построена эпюра.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и изображена эпюра. Правильно посчитаны площади сечений. Правильно посчитаны напряжения на каждом участке и есть эпюра.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определена продольная сила на каждом участке и изображена эпюра. Правильно посчитаны площади сечений. Правильно посчитаны напряжения на каждом участке и есть эпюра. Проведена проверка прочности и заменены размеры на более рациональные.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Проговорить единицы измерения значений сил, напряжений и площадей.
2. Определить где наиболее опасное сечение бруса.
3. Проговорить формулу для нахождения напряжения
4. Какие внутренние силовые факторы возникают при растяжении и сжатии.
5. Правило знаков для продольной силы.
6. Почему по условию прочности меняли именно площадь поперечного сечения а не нагрузку?

## Тема 2.5. Кручение

### Практическая работа № 7

#### Растёт на прочность и жёсткость при кручении.

**Цель:** в результате выполнения работы студент должен знать правила построения эпюр крутящих моментов и касательных напряжений в поперечном сечении бруса, уметь с помощью метода сечений строить эпюры крутящих моментов и касательных напряжений. Проводить конструирование бруса с учетом полученных значений из условия прочности.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

#### **Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

#### **Задание:**

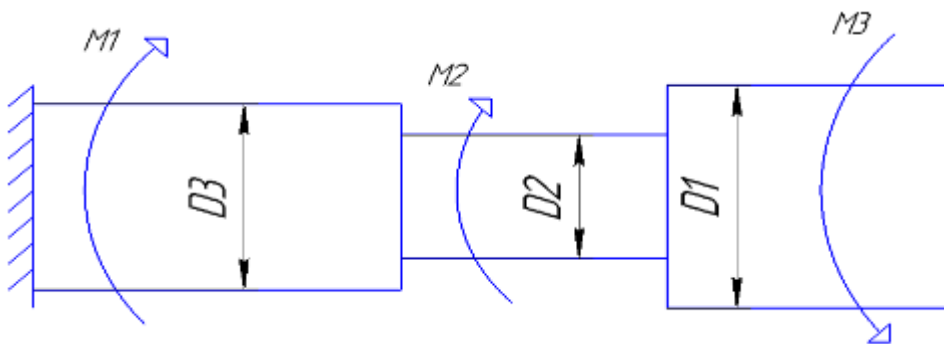
1. Определить по методу сечений крутящие моменты.
2. По условию прочности рассчитать размеры каждой ступени.

#### **Порядок выполнения работы:**

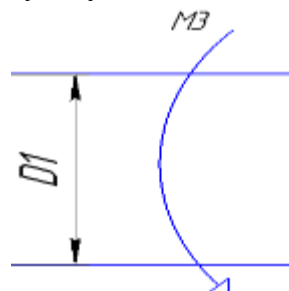
1. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем крутящий момент на каждом участке.
2. определяем величины полярные моменты сопротивления по сечениям с учетом изменения площади поперечного сечения.
3. выражаем диаметра ступеней.

#### **Ход работы:**

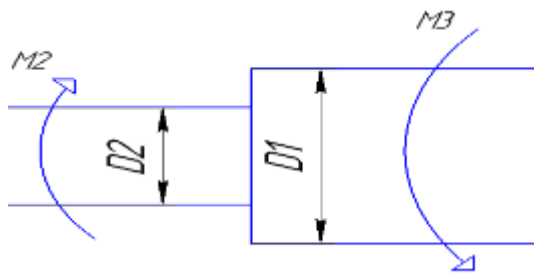
Решение:



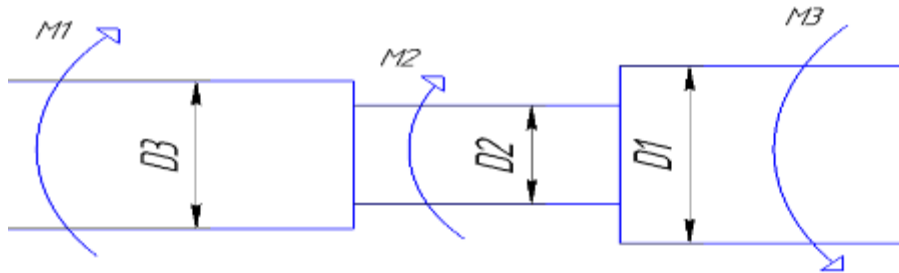
1. Разбить балку на участки.



1) участок



2)участок



3)участок

По методу сечений определить крутящий момент

Мкр, (кН\*м) на каждом участке.

$$M_{кр1} = -M3 = -5 \text{ кН*м}$$

$$M_{кр2} = -M3 + M2 = -5 + 10 = 5 \text{ кН*м}$$

$$M_{кр3} = -M3 + M2 - M1 = -5 + 10 - 30 = -25 \text{ кН*м}$$

2. По условию прочности определяем полярные моменты сопротивления ступеней вала.

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} \leq [\tau]$$

$$W_{p1} = \frac{M_{кр}}{[\tau]} = \frac{-5 \times 10^6}{140} = 35714,28, \text{ мм}^3$$

$$W_{p2} = \frac{M_{кр}}{[\tau]} = \frac{5 \times 10^6}{140} = 35714,28, \text{ мм}^3$$

$$W_{p3} = \frac{M_{кр}}{[\tau]} = \frac{-25 \times 10^6}{140} = 178571,4, \text{ мм}^3$$

3. Из формулы выражаем диаметры вала.

$$W_p = 0,2 \times D^3, \text{ мм}^3$$

$$D1 = \sqrt[3]{\frac{W_{p1}}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{35714,28}{0,2}} = 56 \text{ мм}$$

$$D2 = \sqrt[3]{\frac{W_{p2}}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{35714,28}{0,2}} = 56 \text{ мм}$$

$$D3 = \sqrt[3]{\frac{W_{p3}}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{178571,4}{0,2}} = 96 \text{ мм}$$

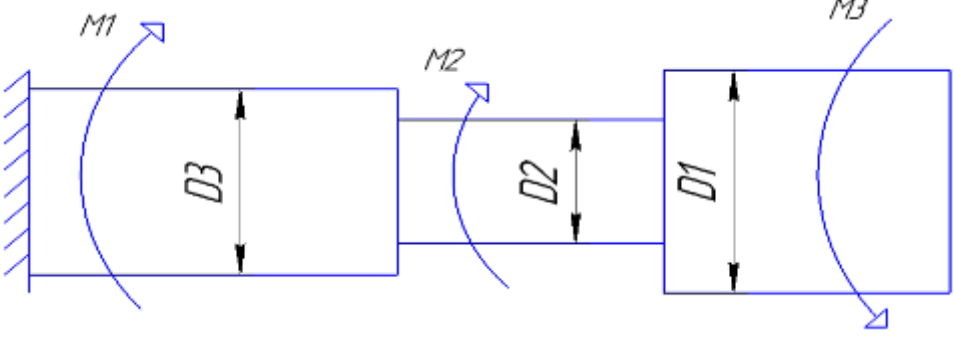
Изобразить на схеме брус с расчетными диаметрами.

**Ответ:** Уточненные D3 = 96 мм, D2 = 56 мм, D1 = 56 мм.

**Форма представления результата:**

Дано:	Решение:
M1 = 30 кН*м	
M2 = 10 кН*м	
M3 = 5 кН*м	



$[\tau] = 140$ Н/мм <sup>2</sup>	
Найти: рациональные сечения.  Ответ:	

### Критерии оценки:

Оценка 3 – По методу сечений правильно определены крутящие моменты на каждом участке и построена эпюра.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определены крутящие моменты на каждом участке и построена эпюра. Правильно определены полярные моменты сопротивления.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определены крутящие моменты на каждом участке и построена эпюра. Правильно определены полярные моменты сопротивления. Правильно сконструирован брус.

### Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:

1. Проговорить единицы измерения значений моментов, напряжений и площадей.
2. Проговорить формулу для нахождения напряжения
4. Какие внутренние силовые факторы возникают при кручении.
5. Правило знаков для крутящего момента.

## Тема 2.6. Изгиб

### Практическая работа № 8

#### Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов

**Цель:** иметь представление о видах изгиба и внутренних силовых факторах в сечении при изгибе. Знать методы определения внутренних силовых факторов и уметь ими пользоваться. Знать основные правила и порядок построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Уметь строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

#### **Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

#### **Задание:**

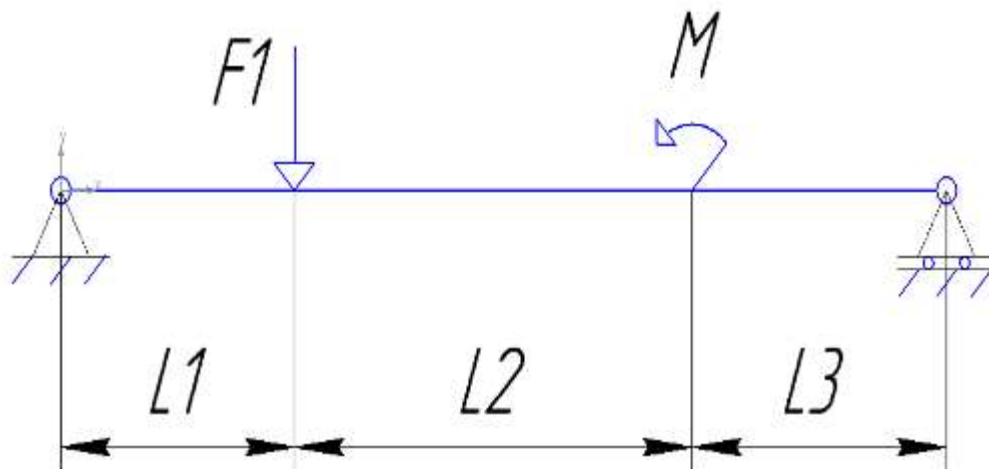
- 1.Найти реакции опор.
- 2.Определить по методу сечений поперечную силу.
- 3.Определить по методу сечений изгибающий момент.
4. Построить эпюры.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. находим реакции опор.
2. проводим проверку реакций опор.
3. делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем поперечную силу на каждом участке.
- 4 делим брус на участки по методу сечений и рассчитываем изгибающий момент на каждом участке..
- 5.строим эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

#### **Ход работы:**

#### **Решение:**



- 1.Определяем реакции опор, составляя уравнения равновесия.

$$\sum F_x = -R_x = 0$$

$$R_x = 0$$

$$\sum M = (F_1 \times 1) - M - (R_b \times 4) = 0$$

$$R_b = \frac{M - F_1}{4} = \frac{5 - 30}{4} = -6,25 \text{ кН}$$

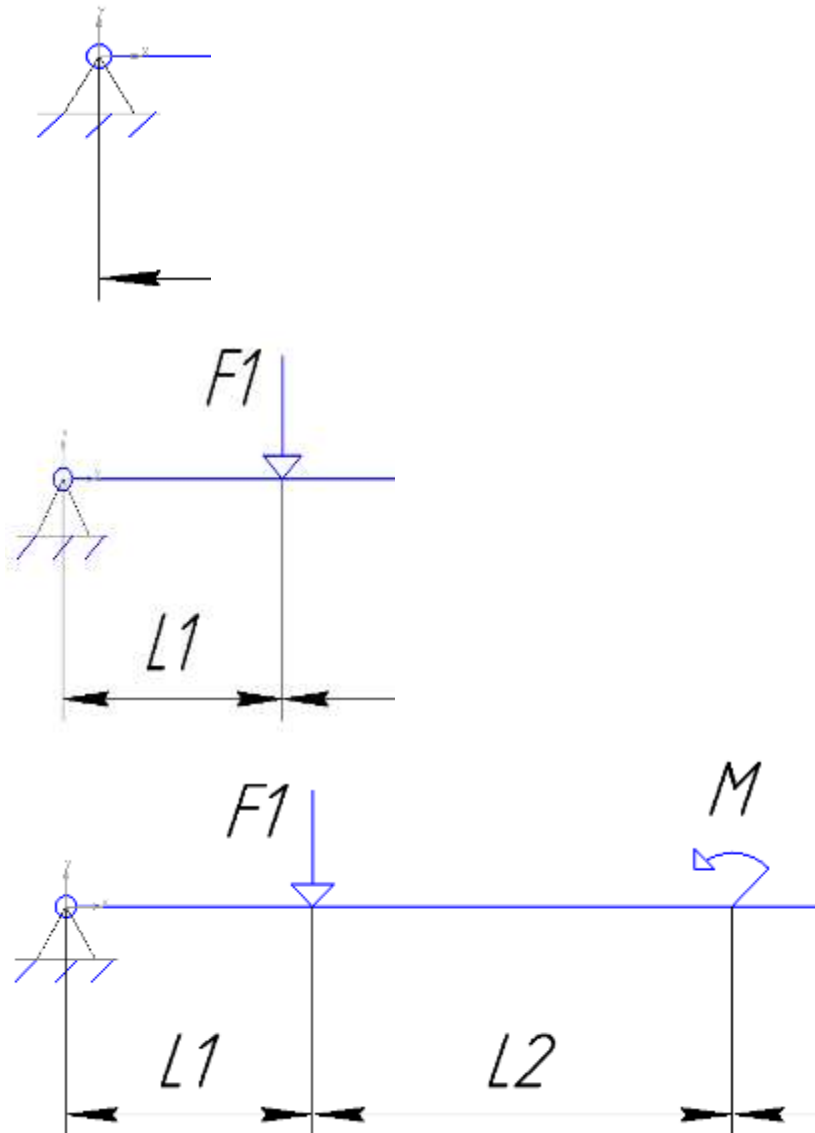
$$\sum F_y = R_a - R_b - F_1 = 0$$

$$R_a = F_1 + R_b = 30 + 6.25 = 36.25 \text{ кН}$$

2. Проверка:

$$\sum F_y = 36,25 - 6,25 - 30 = 0$$

3-4. Разбить брус на участки.



По методу сечений определить поперечную силу  $Q$ , (кН) на каждом участке.

$$Q_1 = R_a = 36,25 \text{ кН}$$

$$Q_2 = R_a - F_1 = 36,25 - 30 = 6,25 \text{ кН}$$

$$Q_3 = R_a - F_1 = 36,25 - 30 = 6,25 \text{ кН}$$

По методу сечений определить изгибающий момент  $M_{изг}$ , (кН\*м).

$$M_1 = R_a \times z, z \rightarrow 1 \text{ м}$$

$$M_1 = 36,25 \times 0 = 0$$

$$M_1 = 36,25 \times 1 = 36,25 \text{ кН*м}$$

$$M_2 = Ra \times (1 + z) - F_1 \times z, z \rightarrow 2\text{м}$$

$$M_2 = 36,25 \times (1 + 0) - 30 \times 0 = 36,25 \text{ кН*м}$$

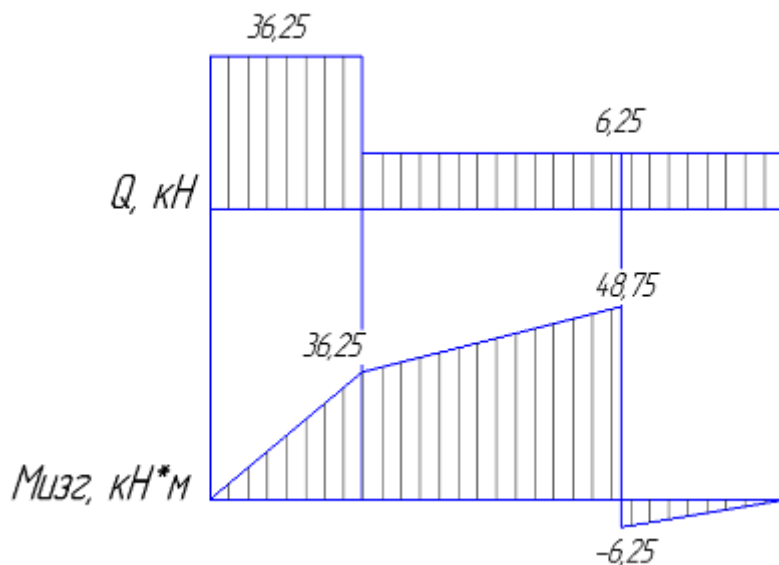
$$M_2 = 36,25 \times (1 + 2) - 30 \times 2 = 48,75, \text{ кН*м}$$

$$M_3 = Ra \times (3 + z) - F_1 \times (2 + z) - M, z \rightarrow 1\text{м}$$

$$M_3 = 36,25 \times (3 + 0) - 30 \times (2 + 0) - 55 = -6,25, \text{ кН*м}$$

$$M_3 = 36,25 \times (3 + 1) - 30 \times (2 + 1) - 55 = 50, \text{ кН*м}$$

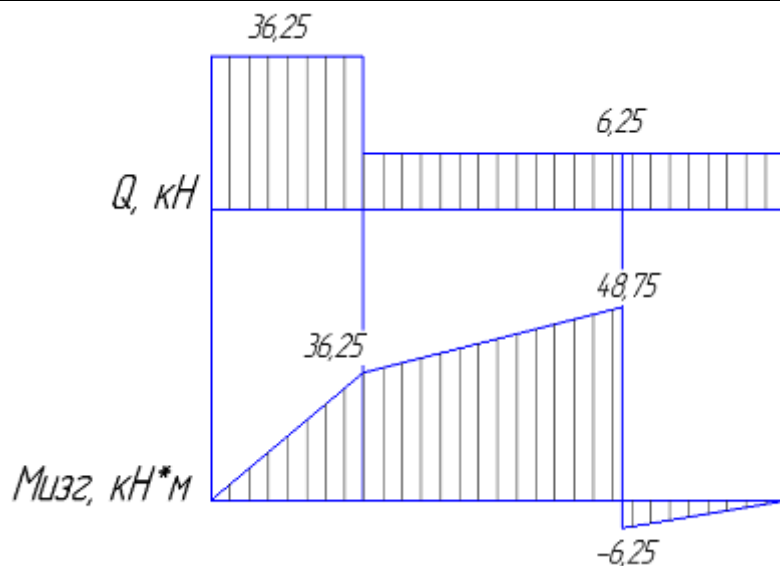
5. Строим эпюры Q и Мизг.



**Ответ:** Опасным считаются сечение 1 здесь максимальный скачок силы поперечной Q и переход от сечения 2 к сечению 3 здесь максимальное значение момента.

**Форма представления результата:**

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>F_1 = 30 \text{ кН}</math></p> <p><math>M = 55 \text{ кН*м}</math></p>	<p><b>Решение:</b></p>
<p><b>Найти:</b> опасные сечения</p>	



**Ответ:** Опасным считаются сечение 1 здесь максимальный скачек силы поперечной  $Q$  и переход от сечения 2 к сечению 3 здесь максимальное значение момента.

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – По методу сечений правильно определены поперечные силы на каждом участке.

Оценка 4 – По методу сечений правильно определены поперечные силы на каждом участке.

Правильно определены изгибающие моменты.

Оценка 5 – По методу сечений правильно определены поперечные силы на каждом участке.

Правильно определены изгибающие моменты. Построены обе эпюры.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Правило знаков для поперечной силы.
2. Правило знаков для изгибающего момента.
4. Какие внутренние силовые факторы возникают при изгибе.
5. Какие использовали уравнения равновесия, проговорить их полное название.

## Тема 5.1. Общие положения. Общие сведения о передачах

### Практическая работа № 9

#### Расчет основных кинематических и силовых соотношений в передачах

**Цель:** иметь представление о назначении передач, о передачах, используемых в специальном оборудовании. Знать кинематические и силовые соотношения в передачах, формулы для расчета передаточного отношения и коэффициента полезного действия многоступенчатой передачи. Знать типы и особенности механических передач, их обозначения на кинематических схемах. Уметь проводить кинематические и силовые расчеты много ступенчатого привода.

#### Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

#### Материальное обеспечение:

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

#### Задание:

1. Вычертить кинематическую схему многоступенчатой передачи.
2. Провести кинематический и силовой расчет передачи.

#### Порядок выполнения работы:

1. определить общее передаточное число.
2. определить КПД передачи.
3. определить мощности на валах.
4. определить вращающие моменты.

#### Ход работы:

#### Решение:

1. Вычертить кинематическую схему.

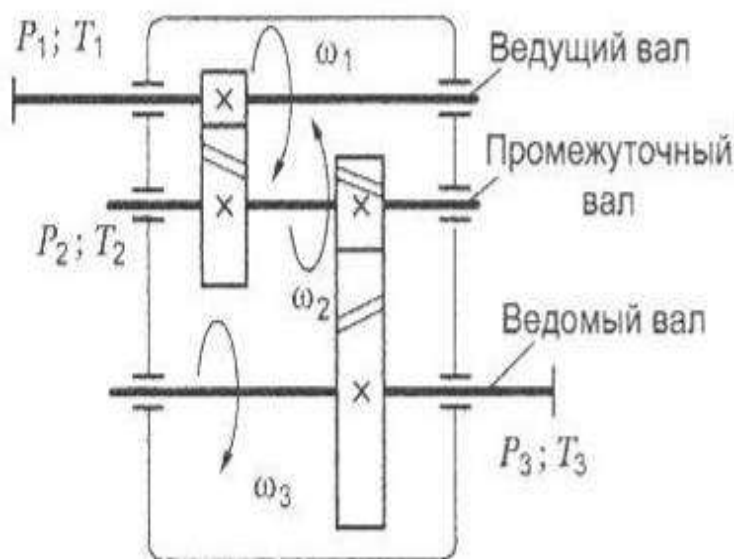


Рис. 17.7. Схема двухступенчатой передачи

2. Определяем передаточные числа по ступеням, общее передаточное число.  
 $U_1 = Z_2/Z_1$ ;

$$U_2 = Z_4/Z_3;$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 \cdot U_2;$$

$$\Omega_{\text{вых}} = \Omega_{\text{вх}}/U_{\text{общ}}$$

2. Определяем КПД передачи. Коэффициенты полезного действия передач получены экспериментально и выбираются по справочнику.

Обе ступени - цилиндрические зубчатые. КПД таких передач 0,98-0,99

$$\eta_1 = \eta_2 = 0,98$$

3. Мощности на валах

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1;$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_2$$

4. Вращающие моменты

$$T_2 = T_1 \cdot U_1 \cdot \eta_1$$

$$T_3 = T_2 \cdot U_2 \cdot \eta_2$$

**Форма представления результата:**

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>P_1 = 10 \text{ Вт}</math></p> <p><math>T_1 = 20 \text{ кН*м}</math></p>	<p><b>Решение:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Рис. 17.7. Схема двухступенчатой передачи</b></p>
<p><b>Найти:</b></p> <p><math>P_2 = ?</math></p> <p><math>P_3 = ?</math></p> <p><math>T_2 = ?</math></p> <p><math>T_3 = ?</math></p>	<p><b>Ответ:</b> <math>P_2 = \quad \text{Вт}, P_3 = \quad \text{Вт}, T_2 = \quad \text{кН*м}, T_3 = \quad \text{кН*м}.</math></p>

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – Определено общее передаточное число и КПД передачи.

Оценка 4 – Определено общее передаточное число и КПД передачи. Мощности на валах посчитаны верно.

Оценка 5 – Определено общее передаточное число и КПД передачи. Мощности на валах посчитаны верно. Моменты на валах посчитаны верно.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Какие передачи изображены на схеме?
2. Откуда куда передается движение?
4. Чем отличается редуктор от мультипликатора?
5. Для чего используют передачи?

## Тема 5.2. Фрикционные передачи и вариаторы

### Практическая работа № 10

#### Определение мощности электродвигателя для заданного привода

**Цель:** иметь представление о назначении передач, о передачах, используемых в специальном оборудовании. Знать кинематические и силовые соотношения в передачах, формулы для расчета передаточного отношения и коэффициента полезного действия многоступенчатой передачи. Знать типы и особенности механических передач, их обозначения на кинематических схемах. Уметь проводить кинематические и силовые расчеты много ступенчатого привода. Уметь подбирать электродвигатель для заданного привода.

#### Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

#### Материальное обеспечение:

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, ластик.

#### Задание:

1. Вычертить кинематическую схему многоступенчатой передачи.
2. Провести кинематический и силовой расчет передачи.
3. Провести подбор электродвигателя на основе расчетов.

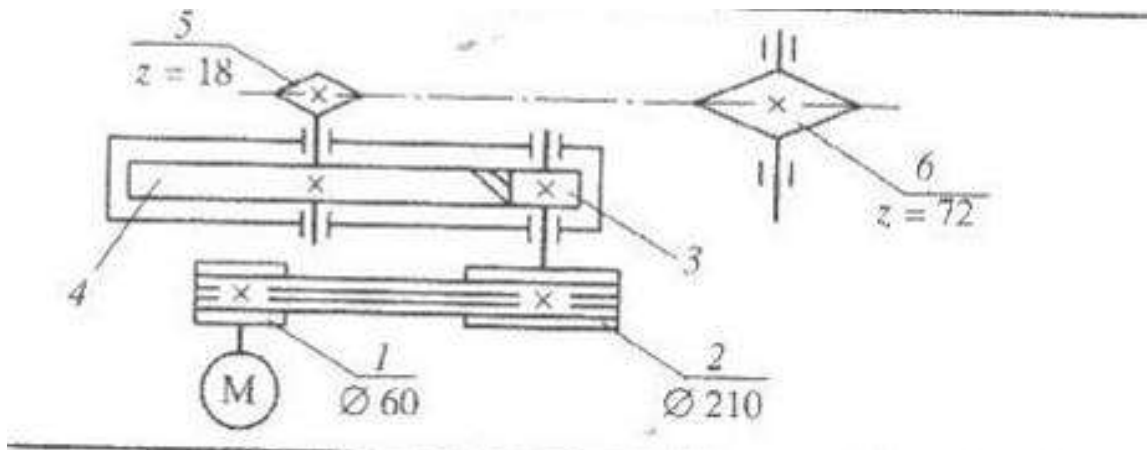
#### Порядок выполнения работы:

1. определить КПД привода.
3. определить требуемую мощность электродвигателя.
4. определить частоту вращения барабана.
5. определить угловую скорость барабана.
6. выбираем электродвигатель.
7. определяем общее передаточное отношение.

#### Ход работы:

#### Решение:

1. Вычертить кинематическую схему.



2. Определить КПД привода.

$$\eta = \eta_{\text{зубч. перед.}} \cdot \eta_{\text{рем. перед.}} \cdot \eta_{\text{цепн. перед.}} \cdot \eta_{\text{подш.}}^3$$



По таблице определяем значение КПД для всех передач  
 Зубчатая цилиндрическая косозубая  
 Ременная передача  
 Цепная передача  
 Пары подшипников на трех валах

3. Определяем требуемую мощность электродвигателя.

$$P = F \cdot v / \eta, \text{ Вт}$$

4. Определяем частоту вращения барабана.

$$n = 60 \cdot v / \pi \cdot D_{\text{б}}, \text{ об/мин}$$

5. Определяем угловую скорость барабана.

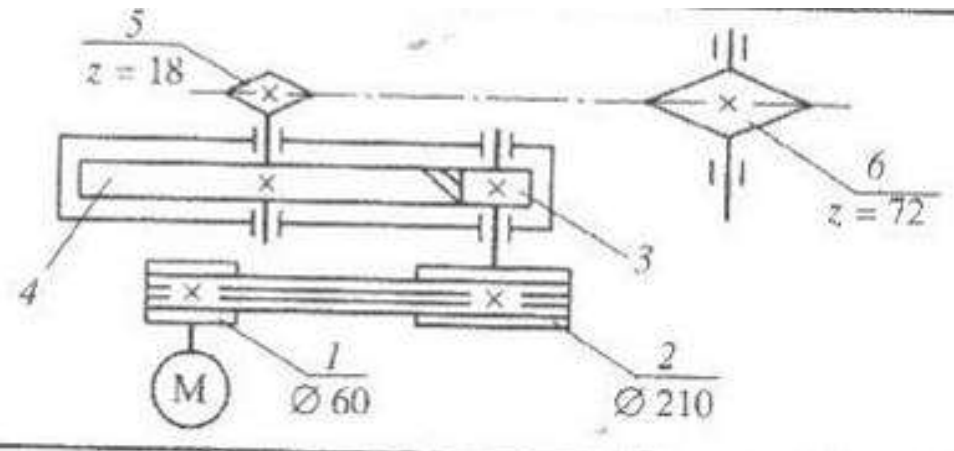
$$\omega_{\text{б}} = 2 \cdot v / D_{\text{б}}, \text{ рад/с}$$

6. По таблице подставляя свои значения, мощности и частоты вращения определяем тип двигателя.

7. Общее передаточное отношение.

$$i = \Omega_{\text{двиг}} / \Omega_{\text{б}}$$

**Форма представления результата:**

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>F = 10 \text{ Н}</math></p> <p><math>V = 5 \text{ м/с}</math></p> <p><math>D = 25 \text{ м}</math></p>	<p><b>Решение:</b></p> 
<p><b>Найти:</b></p> <p><math>P = ?</math></p> <p><math>n = ?</math></p> <p><math>\omega = ?</math></p> <p><math>i = ?</math></p>	<p><b>Ответ:</b> тип двигателя.....</p>

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – Посчитан правильно КПД и мощность.

Оценка 4 – Посчитан правильно КПД и мощность, частота вращения.

Оценка 5 – Посчитан правильно КПД и мощность, частота вращения, угловая скорость, общее передаточное отношение.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Какие передачи изображены на схеме?
2. Откуда куда передается движение?
4. Чем отличается редуктор от мультипликатора?

5. Для чего используют передачи?

6. Какие значения необходимы для выбора электродвигателя?

7. Какие единицы измерения в расчете?

## Тема 5.3. Зубчатые передачи

### Практическая работа № 11

#### Расчет зубчатых передач.

**Цель:** иметь представление о методах зубонарезания и требованиях к профилю зубьев, об основной теореме зацепления, о эвольвентном зацеплении зубьев, шаге зацепления, модуле зуба колеса. Знать характеристики эвольвентного зацепления зубьев, формулы для геометрического расчета цилиндрических колес и уметь ими пользоваться.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

#### **Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, циркуль, карандаш, ластик.

#### **Задание:**

- 1.Расчитать геометрические параметры зубчатой цилиндрической передачи.
- 2.Схематично зарисовать геометрию двух колес в зацеплении.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 1.По выданному зубчатому колесу измерив высоту зуба определить модуль зубчатой передачи.
- 2.Определить передаточное отношение.
- 3.Определить межцентровое расстояние.
- 4.Расчитать геометрические параметры зубчатой цилиндрической передачи.
- 5.Схематично зарисовать геометрию двух колес в зацеплении.

#### **Ход работы:**

#### **Решение:**

- 1.С колеса замерить высоту зуба и посчитать число зубьев.  
Модуль передачи определяется по формуле

$$m = h/2.25$$

выбираем ближайшее к полученному значению по ряду ГОСТ

$$Z1 =$$

- 2.Определить передаточное отношение.

$$U = Z2/Z1$$

выбираем ближайшее к полученному значению по ряду ГОСТ

3. Определяем межцентровое расстояние.

$$a_w = 0,5m(Z1+Z2)$$

выбираем ближайшее к полученному значению по ряду ГОСТ

4. Определяем геометрические параметры передачи.

Диаметр делительной окружности:  $d = mZ$

Диаметр окружности выступов:  $d_a = d + 2h_a = m(z + 2)$

Диаметр окружности впадин:  $d_f = d - 2h_f = m(z - 2.5)$

Высота головки зуба:  $h_a = m$

Высота ножки зуба:  $h_f = 1.25m$

5. Схематично изобразить полученные результаты.

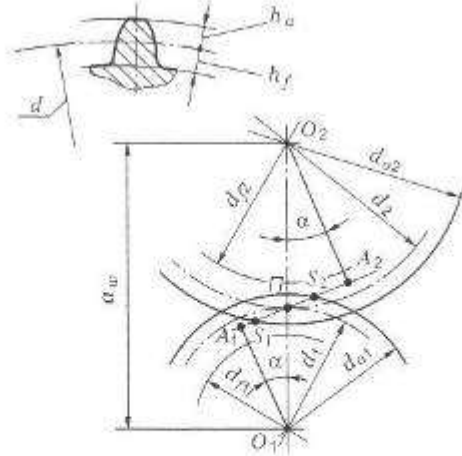
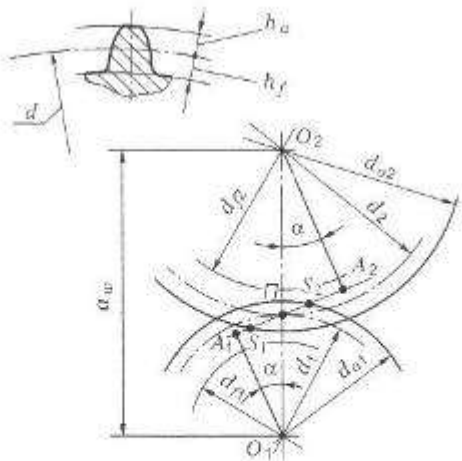


Рис. 18.1. Геометрия цилиндрической передачи:  $H$  — полюс зацепления;  $A_1A_2$  — линия зацепления;  $S_1, S_2$  — длина активной линии зацепления;  $\alpha$  — угол зацепления;  $a_w$  — межосевое расстояние;  $d_1, d_2$  — диаметры делительных окружностей;  $h_a, h_f$  — высота головки и ножки зуба соответственно;  $d_{f1}, d_{f2}$  — диаметры окружностей впадин;  $d_{a1}, d_{a2}$  — диаметры окружностей выступов

**Форма представления результата:**

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>Z_2 = 10</math></p>	<p><b>Решение:</b></p>
<p><b>Найти:</b></p> <p><math>m = ?</math></p> <p><math>Z_1 = ?</math></p> <p><math>U = ?</math></p> <p><math>a_w = ?</math></p> <p><math>d = ?</math></p> <p><math>d_a = ?</math></p> <p><math>d_f = ?</math></p> <p><math>h_a = ?</math></p> <p><math>h_f = ?</math></p>	<p><b>Ответ:</b></p>  <p>Рис. 18.1. Геометрия цилиндрической передачи: <math>H</math> — полюс зацепления; <math>A_1A_2</math> — линия зацепления; <math>S_1, S_2</math> — длина активной линии зацепления; <math>\alpha</math> — угол зацепления; <math>a_w</math> — межосевое расстояние; <math>d_1, d_2</math> — диаметры делительных окружностей; <math>h_a, h_f</math> — высота головки и ножки зуба соответственно; <math>d_{f1}, d_{f2}</math> — диаметры окружностей впадин; <math>d_{a1}, d_{a2}</math> — диаметры окружностей выступов</p>

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – Колесо или шестерня посчитаны верно.

Оценка 4 – Колесо и шестерня посчитаны верно.

Оценка 5 – Колесо и шестерня посчитаны верно и на схеме видно все размеры.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1.Сопоставлять название диаметров со схемой.

2.Сопоставлять высоту головки и ножки зуба.

4.Для чего некоторые значения уточняют по ГОСТ?

## Тема 5.3. Зубчатые передачи

### Практическая работа № 12

#### Расчет цилиндрической прямозубой передачи по контактным напряжениям.

**Цель:** иметь представление о напряжениях возникающих в ходе работы передачи. Понимать причины выхода из строя оборудования, значимость используемого материала. Знать виды разрушения зубчатых колес.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

#### **Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик.

#### **Задание:**

Исходя из полученных допускаемых напряжений провести расчет геометрических значений.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 1.Выбираем материал.
- 2.Определить допускаемые контактные напряжения.
- 3.Определить межцентровое расстояние.
- 4.Проверка контактных напряжений.
- 5.Определение модуля зацепления.
6. Угол наклона и число зубьев.
- 7.Определяем уточненное значение угла наклона зубьев.
- 8.Определяем размеры шестерни и колеса.
- 9.Определяем диаметры вершин зубьев и впадин.
- 10.Определяем ширину колес.

#### **Ход работы:**

- 1.Выбираем материалы со средними механическими характеристиками по таблице.  
Для шестерни сталь..., термическая обработка -..., твердость HB....  
Для колеса сталь..., термическая обработка -..., твердость HB....  
Твердость колеса должна быть на 30 единиц ниже.
2. Определяем допускаемое контактное напряжение:

$$[\sigma_H] = (\sigma_{H \lim} b^* K_{Hl}) / [Sh]$$

Где  $\sigma_{H \lim} b$  – предел контактной выносливости при базовом числе циклов.(по таблице)

$K_{Hl}$  – коэффициент долговечности, при числе циклов нагружения больше базового, что имеет место при длительной эксплуатации редуктора, принимают равным 1.

$Sh$  – коэффициент безопасности (по таблице)

По таблице для углеродистых сталей с твердостью поверхностей зубьев менее HB 350 и термической обработкой (улучшением)

$$\sigma_{H \lim} b = 2HB + 70$$

Допускаемое контактное напряжение определяется по формуле:

$$\text{Для шестерни } [\sigma_{H1}] = ((2HB1+70)*Khl)/[Sh], \text{ МПа}$$

$$\text{Для колеса } [\sigma_{H2}] = ((2HB2+70)*Khl)/[Sh], \text{ МПа}$$

Для прямозубых колес	Для косозубых и шевронных колес
$[\sigma_H]$ принимают меньшее значение	$[\sigma_H] = 0,45([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}])$
Требуемое условие $[\sigma_H] < 1,23[\sigma_{H2}]$	

3. Определяем межцентровое расстояние:

$$a\omega = Ka(U+1)^3$$

где  $Ka$  – по таблице

$U$  – передаточное отношение

$K_{H\beta}$  – по таблице

$\Psi_{ba}$  – по таблице

Межцентровое расстояние выбираем по ряду ГОСТ ближайшее к расчетному значению

1-й ряд: 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500.

2-й ряд: 71, 90, 112, 140, 180, 224, 280, 355, 450, 560, 710, 900, 1120, 1400, 1800, 2240.

4. Проверка контактных напряжений:

Для прямозубых колес	Для косозубых и шевронных колес
Где $K_H$ – коэффициент нагрузки, определяется по формуле: $K_H = K_{H\beta} * K_{Ha} * K_{H\alpha}$	

5. Определяем модуль зацепления по следующей рекомендации:

$$m_n = (0.01 \div 0.02)a\omega$$

Полученное значение принимаем по ряду ГОСТ:

1-й ряд: 1, 1,25, 2, 2,5, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20.

2-й ряд: 1, 3,75, 1,75, 2,25, 2,75, 3,5, 4,5, 7, 9, 11, 14, 18, 22.

Первый ряд следует предпочитать второму.

6. Принимаем предварительно угол наклона зубьев  $\beta = \dots^0$

Для прямозубых колес  $0^0$

Для косозубых колес  $10^0$

Для шевронных колес  $30^0$

Определим числа зубьев шестерни и колеса:

$$Z1 = (2a\omega * \cos\beta) / ((U+1) * m_n)$$

Принимаем  $Z1 = \dots$  (целому числу), тогда  $Z2 = Z1 * U$

7. Определяем уточненное значение угла наклона зубьев:

$$\cos\beta = ((Z1+Z2) * m_n) / 2a\omega$$

Полученный результат переводим в градусы по таблице Брадиса

Для прямозубых  $\beta = 0^0$

Для косозубых  $\beta = 8 \div 15^\circ$   
 Для шевронных  $\beta = 25 \div 40^\circ$

8. Определяем размеры шестерни и колеса:

Делительный диаметр шестерни:  $d_1 = (m_n / \cos \beta) * z_1$

Делительный диаметр колеса:  $d_2 = (m_n / \cos \beta) * z_2$

9. Определяем диаметры вершин зубьев и впадин:

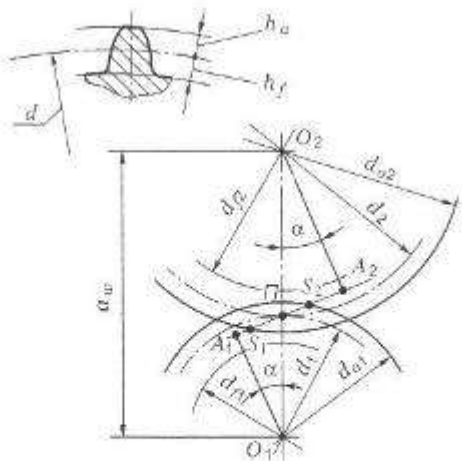
Шестерни  $d_{a1} = d_1 + 2m_n$ ;  $d_{f1} = d_1 - 2,5m_n$ .

Колеса  $d_{a2} = d_2 + 2m_n$ ;  $d_{f2} = d_2 - 2,5m_n$ .

10. Определяем ширину колеса  $b_2 = \Psi_{ba} * a_w$

Определяем ширину шестерни  $b_1 = b_2 + 5$

### Форма представления результата:

<p><b>Дано:</b></p> <p>Справочные коэффициенты</p> <p><math>U = 4,5</math></p> <p><math>T_2 = 50 \text{ кН*м}</math></p>	<p><b>Решение:</b></p> <p><b>Ответ:</b></p>  <p><b>Рис. 18.1.</b> Геометрия цилиндрической передачи: <math>H</math> — полюс зацепления; <math>A_1A_2</math> — линия зацепления; <math>S_1S_2</math> — длина активной линии зацепления; <math>\alpha</math> — угол зацепления; <math>a_w</math> — межосевое расстояние; <math>d_1, d_2</math> — диаметры делительных окружностей; <math>h_a, h_f</math> — высота головки и ножки зуба соответственно; <math>d_{f1}, d_{f2}</math> — диаметры окружностей впадин; <math>d_{a1}, d_{a2}</math> — диаметры окружностей выступов</p> <p>Вывод: Проведя расчет по контактным напряжения установили размеры колеса и шестерни наиболее рациональные для передачи вращающего момента при выбранных материалах.</p>
<p><b>Найти:</b></p> <p><math>m = ?</math></p> <p><math>Z_1 = ?</math></p> <p><math>Z_2 = ?</math></p> <p><math>a_w = ?</math></p> <p><math>d = ?</math></p> <p><math>d_a = ?</math></p> <p><math>d_f = ?</math></p> <p><math>b = ?</math></p>	

### Критерии оценки:

Оценка 3 – Колесо или шестерня посчитаны верно.

Оценка 4 – Колесо и шестерня посчитаны верно.

Оценка 5 – Колесо и шестерня посчитаны верно и на схеме видно все размеры.

Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:



1. Сопоставлять название диаметров со схемой.
2. Для чего некоторые значения уточняют по ГОСТ?
3. Для чего проводят проверку на прочность?

## Тема 5.4. Червячная передача. Передача винт-гайка.

### **Практическая работа № 13**

#### Расчет геометрических параметров червячной передачи.

**Цель:** знать принцип работы, особенности рабочего процесса, КПД и причины выхода из строя червячных передач. Знать геометрические и силовые соотношения в червячных передачах, знать формулы для геометрического и силового расчета червячных передач и уметь ими пользоваться.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

#### **Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик.

#### **Задание:**

Рассчитать геометрические параметры червячной передачи.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 1.Подобрать соотношение зубьев червяка и червячного колеса.
- 2.Подбираем модуль передачи.
- 3.Определяем геометрические соотношения.
- 4.Уточняем межцентровое расстояние.

#### **Ход работы:**

- 1.Исходя из имеющихся рекомендаций подбирают необходимое соотношение чисел зубьев червяка и колеса.

$$U = z_2/z_1; z_2 = 30 \div 80; z_1 = 1; 2; 3; 4.$$

2. По выбранным величинам  $z_1$   $z_2$  подбираем:

-модуль передачи из соотношения  $m = (1.5 \div 1.7) a_{\omega} / z_2$

-число модулей в делительной окружности червяка из соотношения  $q_{\min} = 0.212 * z_2$

Полученные соотношения уточняем по стандарту

- 3.Определяем геометрические параметры передачи:

Делительный диаметр червяка  $d_1 = qm$

Диаметр делительной окружности колеса  $d_2 = mz_2$

Диаметр впадин зубьев червячного колеса в среднем сечении  $df_2 = d_2 - 2.4m$

Диаметр вершин зубьев в среднем сечении  $da_2 = d_2 + 2m$

Наибольший диаметр червячного колеса  $dam = da_2 + 6m / (z_1 + 2)$

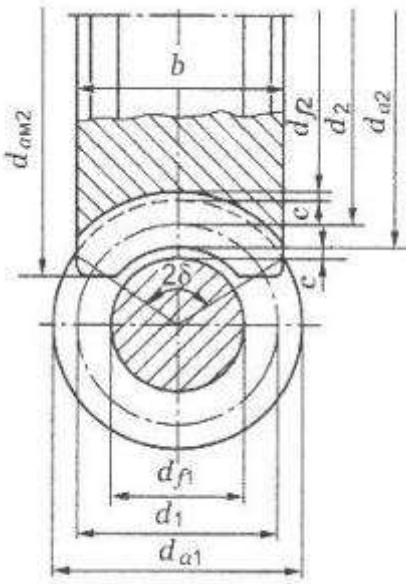
- 4.После определения параметров червяка и колеса уточнить полученное значение  $a_{\omega}$

Межцентровое расстояние  $a_{\omega} = 0.5(d_1 + d_2)$

Полученное значение округляем по ряду ГОСТ 40, 50, 63, 80, 100, 125, 140, 160, 180, 200, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500.

Если полученное значение не соответствует заданному расчет нужно повторить, изменив величину модуля или  $q$ .

#### **Форма представления результата:**

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>U = 12,5</math></p> <p><math>a\omega = 63</math></p>	<p><b>Решение:</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Рис. 19.4</p> <p><b>Ответ:</b></p>
<p><b>Найти:</b></p> <p><math>m = ?</math></p> <p><math>Z1 = ?</math></p> <p><math>Z2 = ?</math></p> <p><math>d = ?</math></p> <p><math>d_a = ?</math></p> <p><math>d_f = ?</math></p>	

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – Колесо или червяк посчитаны верно.

Оценка 4 – Колесо и червяк посчитаны верно.

Оценка 5 – Колесо и червяк посчитаны верно и на схеме видно все размеры.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Сопоставлять название диаметров со схемой.

2. Для чего некоторые значения уточняют по ГОСТ?

## Тема 5.5. Общие сведения о редукторах.

### Практическая работа № 14

#### Составление кинематических схем приводов.

**Цель:** иметь представление о типоразмерах, исполнении и компоновках редукторов. Знать назначение, основные параметры, достоинства и недостатки редукторов основных типов.

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

**Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик.

**Задание:**

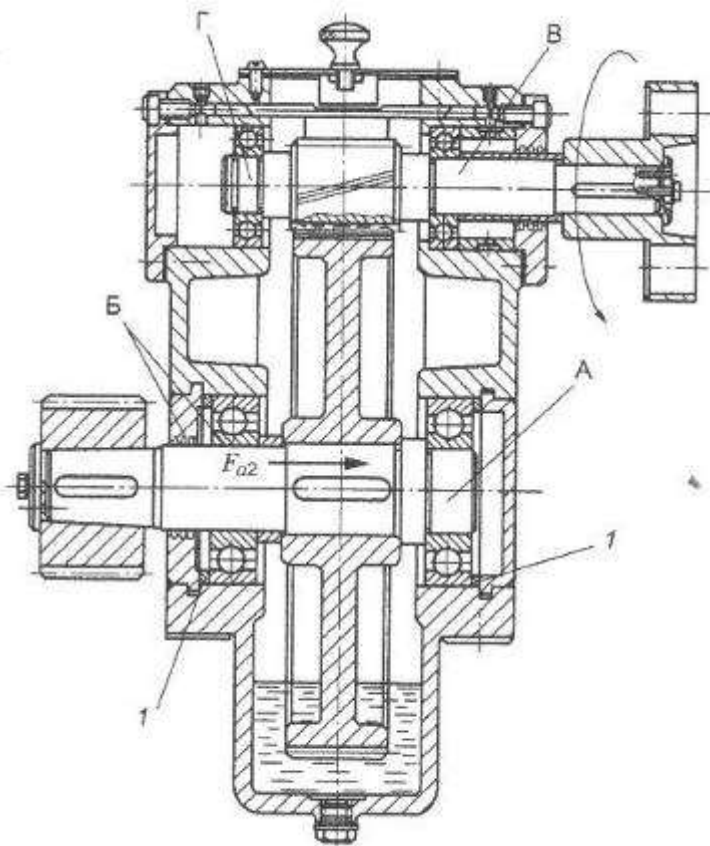
Рассмотреть конструкцию редуктора. Изобразить кинематическую схему редуктора. Пояснить работу редуктора

**Порядок выполнения работы:**

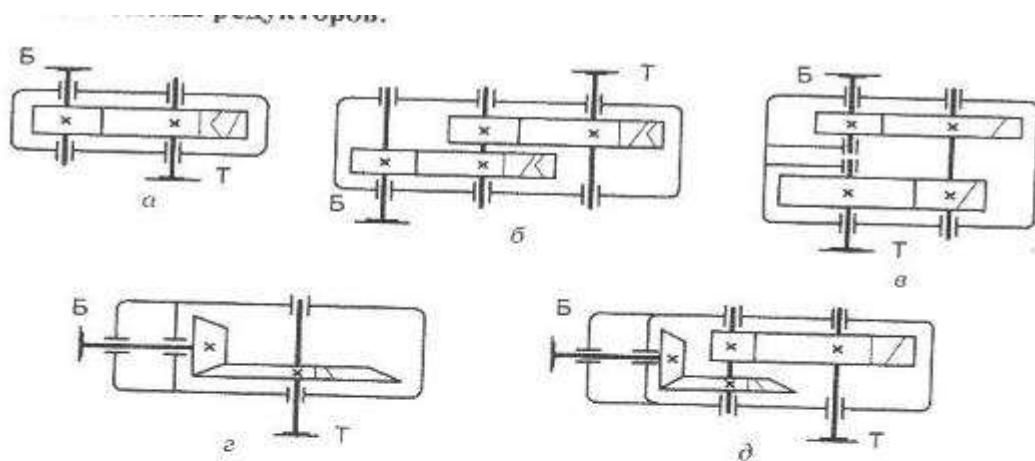
1. Провести анализ редуктора изображенного на чертеже.
2. Построить кинематическую схему.
3. Определить скорость и вращающий момент тихоходного вала редуктора.

**Ход работы:**

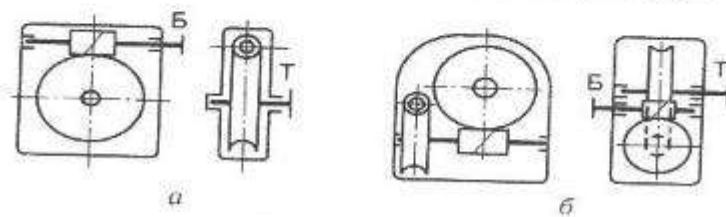
1. Провести анализ редуктора изображенного на чертеже.



2. Построить кинематическую схему:



**Рис. 25.1.** Редукторы:  
цилиндрические: *а* — одноступенчатый; *б* — двухступенчатый по развернутой схеме; *в* — двухступенчатый по соосной схеме; конические: *г* — одноступенчатый;  
*д* — двухступенчатый коническо-цилиндрический



**Рис. 25.2.** Червячные редукторы:  
*а* — одноступенчатый с верхним расположением червяка; *б* — двухступенчатый

3. Определить скорость и вращающий момент тихоходного вала редуктора:

Определяем КПД передачи. Коэффициенты полезного действия передач получены экспериментально и выбираются по справочнику  $0,7 \div 0,75$ .

Мощность

$$P_2 = P_1 \cdot \eta;$$

Вращающий момент

$$T_2 = P_2 / \omega_2$$

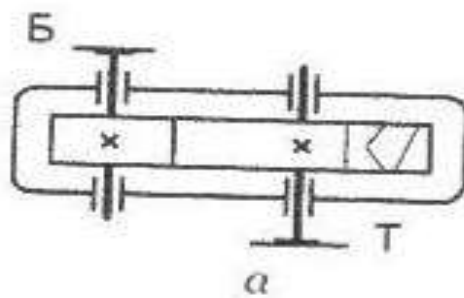
**Форма представления результата:**

Дано:	Решение:
$P_1 = 2,5 \text{ кВт}$ $\omega_2 = 80 \text{ рад/с}$	

**Найти:**

$P_2 = ?$

$T_2 = ?$



**Ответ:**

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – Верно составлена кинематическая схема.

Оценка 4 – Посчитаны верно скорость и момент.

Оценка 5 – Свободно ориентируется в сопоставлении кинематической схемы и чертежа.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Кинематическое изображение подшипника указать на схеме.
2. Кинематическое изображение вала указать на схеме.
3. Полное название указанного редуктора.

## Тема 5.6. Ременные передачи. Цепные передачи.

### Практическая работа № 15

#### Определение основных геометрических параметров цепной передачи.

**Цель:** иметь представление об геометрических параметрах цепной передачи. Уметь расшифровать обозначение заданной цепи.

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

**Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик.

**Задание:**

Расшифровать заданную цепь и просчитать геометрию передачи.

**Порядок выполнения работы:**

- 1.Расшифровать цепь.
- 2.Определить геометрию передачи.
- 3.Изобразить кинематическую схему своей передачи по посчитанным размерам.

**Ход работы:**

1. Расшифровать цепь.

Пример: ПР-12,7-1820-1: приводная роликовая цепь, однорядная, шаг 12,7 мм, разрушающая нагрузка 18200 Н, первое исполнение по ширине.

2. Определить геометрию передачи:

Определяем число зубьев меньшей  $z_{1min}$  звездочки по формуле

$$Z_{1min} = 29 - 2U$$

Полученную величину округляют до целого числа.

Число зубьев ведомой звездочки.

$$Z_2 = U * z_1$$

Округляем полученное значение до целого числа.

Минимальный диаметр делительной окружности меньшей звездочки.

$$d_1 = t / \sin(180^\circ / z_1)$$

Минимальный диаметр делительной окружности большей звездочки.

$$d_2 = t / \sin(180^\circ / z_2)$$

где  $t$  - шаг цепи, определяем из обозначения цепи.

Определяем межцентровое расстояние

$$a = (30 \div 50)t$$

Определяем длину цепи.

$$L = (2a/t) + ((z_1 + z_2)/2) + ((z_2 - z_1)/2)^2 * t/a$$

3. Изобразить схему по своим размерам:

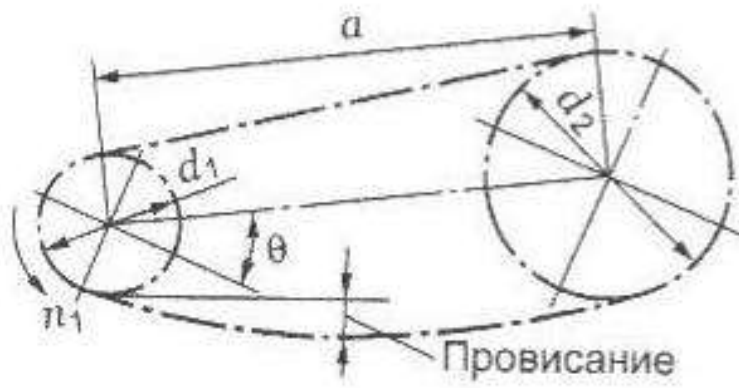
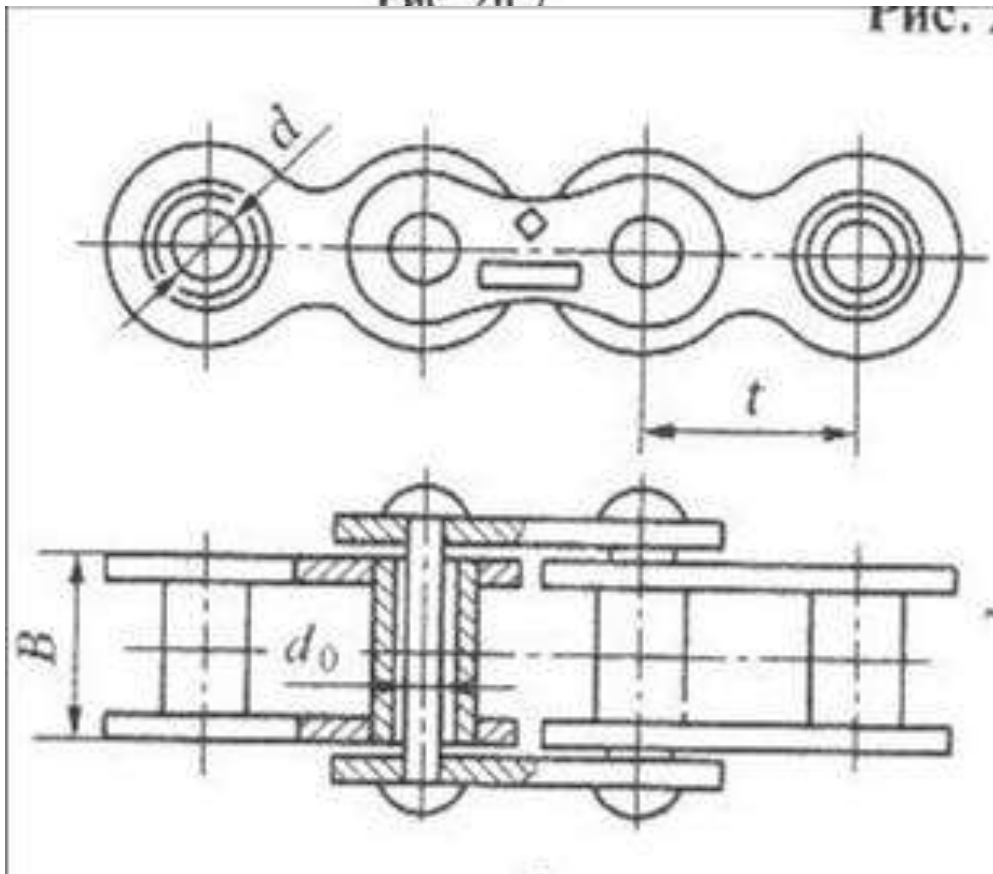


Рис. 20.7

Рис. 20.8



Размеры роликов и втулок указаны в таблице по типу цепи.

**Форма представления результата:**

<p><b>Дано:</b> <math>U = 2</math></p>	<p><b>Решение:</b></p>
--	------------------------



**Найти:**

$Z_1 = ?$

$Z_2 = ?$

$d_1 = ?$

$d_2 = ?$

$a = ?$

$L = ?$

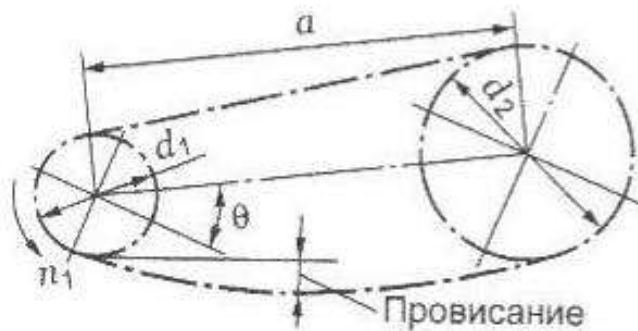
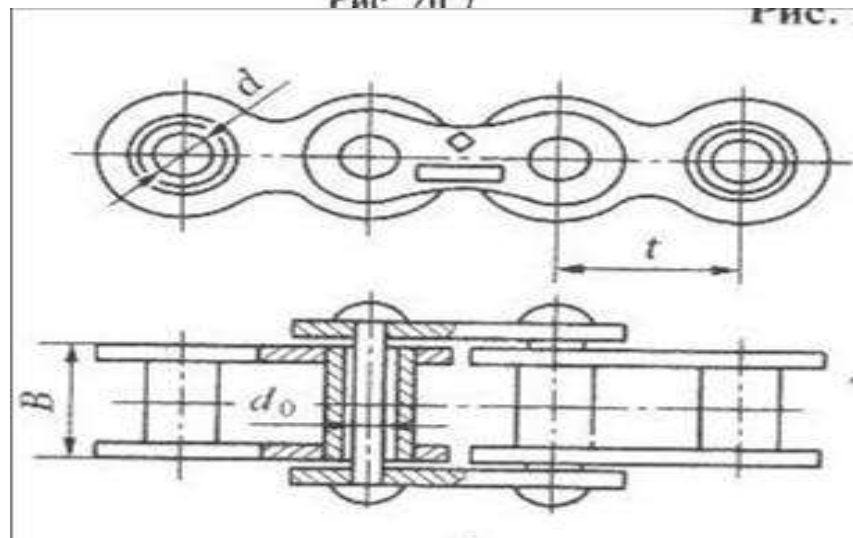


Рис. 20.7



**Ответ:**

**Критерии оценки:**

Оценка 3 – Верно расшифровано обозначение цепи.

Оценка 4 – Верно проведены геометрические расчеты.

Оценка 5 – На схему верно нанесены все размеры.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Какие цепи бывают классификация.
2. Покажите от куда и как передается движение.
3. Расшифруйте обозначение цепи

## Тема 5.6. Ременные передачи. Цепные передачи.

### Практическая работа № 16

#### Определение основных геометрических параметров ременной передачи.

**Цель:** иметь представление об геометрических параметрах ременной передачи.

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- Выбирать материалы, детали и узлы, на основе анализа их свойств, для конкретного применения.

**Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, учебники, интернет-ресурсы, линейка, карандаш, циркуль, ластик.

**Задание:**

Просчитать геометрию ременной передачи.

**Порядок выполнения работы:**

1. Просчитать геометрию ременной передачи.
2. Изобразить кинематическую схему своей передачи по посчитанным размерам.

**Ход работы:**

1. Определить геометрию передачи:

Определяем диаметр большего шкива.

$$d_2 = U \cdot d_1 (1 - \varepsilon)$$

где  $\varepsilon = 0,01 \div 0,02$  коэффициент скольжения в передаче

Определяем межцентровое расстояние.

$$a = 1,5(d_2 + d_1)$$

Определяем длину ремня.

$$L = 2a + \pi \left[ \frac{d_2 + d_1}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} \right]$$

2. Изобразить схему по своим размерам:

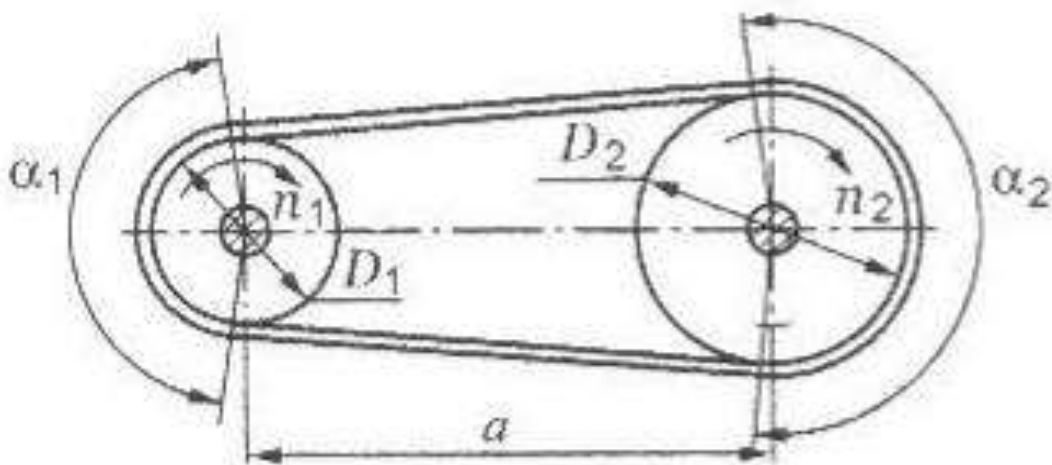
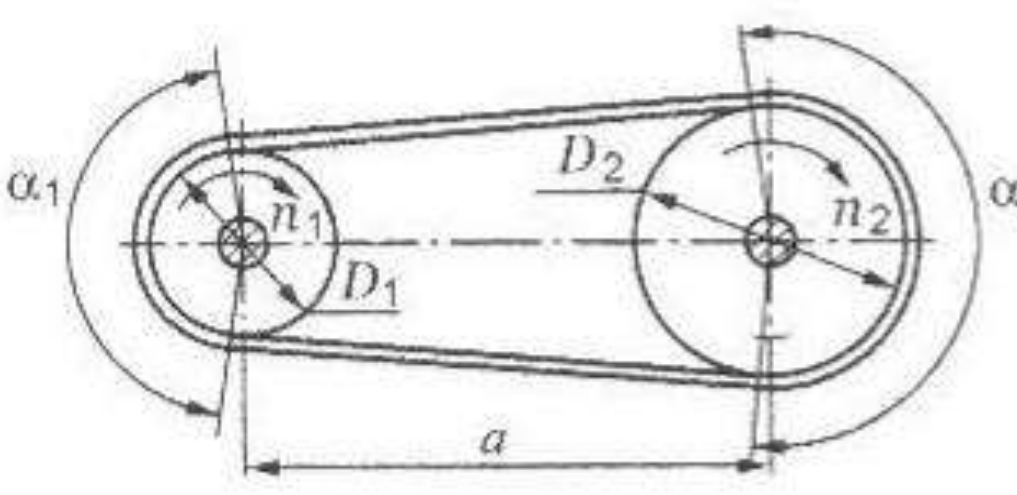


Рис. 20.1. Ременная передача

**Форма представления результата:**

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>U = 2</math></p> <p><math>d_1 = 50 \text{ мм}</math></p>	<p><b>Решение:</b></p>  <p><b>Рис. 20.1. Ременная передача</b></p> <p><b>Ответ:</b></p>
<p><b>Найти:</b></p> <p><math>d_2 = ?</math></p> <p><math>a = ?</math></p> <p><math>L = ?</math></p>	

**Критерии оценки:**

- Оценка 3 – Два из трех параметров посчитаны верно.
- Оценка 4 – Верно проведены геометрические расчеты.
- Оценка 5 – На схему верно нанесены все размеры.

**Дополнительная оценка за защиту работы устно по списку вопросов:**

1. Какие ремни бывают классификация.
2. Покажите от куда и как передается движение.
3. Сопоставить размеры с рисунком.