

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
С.А. Махновский  
«23» марта 2017 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
ОП.03 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА  
программы подготовки специалистов среднего звена  
по специальности СПО  
15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)  
базовой подготовки**

Магнитогорск, 2017

**ОДОБРЕНО**

Предметно-цикловой комиссией  
Автоматизации технологических  
процессов

Председатель: Е.В. Менщикова  
Протокол №7 от 14 марта 2017 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 23 марта 2017 г.

**Разработчик:**

преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»  
Вера Яковлевна Самарина

Методические указания разработаны на основе рабочей программы  
учебной дисциплины «Техническая механика».

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение.....	4
2 Методические указания	
Практическая работа 1 Расчёт реакций опор для плоской системы сходящихся сил.....	5
Практическая работа 2 Момент силы относительно точки.....	6
Практическая работа 3 Определение реакций в 2х опорной балке.....	6
Практическая работа 4 Определение реакций в жесткой заделке.....	8
Практическая работа 5 Определение центра тяжести фигуры составленной из прокатных профилей.....	9
Практическая работа 6 Расчет на прочность при растяжении и сжатии.....	10
Практическая работа 7 Расчёт рационального сечения бруса.....	11
Практическая работа 8 Определение перемещения свободного края бруса.....	12
Практическая работа 9 Расчет на прочность, жесткость при кручении.....	13
Практическая работа 10 Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.....	14
Практическая работа 11 Расчёт на прочность при изгибе.....	15
Практическая работа 12 Определение рациональных сечений балки.....	16
Практическая работа 13 Составление кинематических схем приводов.....	17
Практическая работа 14 Кинематический расчет привода .....	18
Практическая работа 15 Расчет параметров цилиндрических прямозубых передач.....	19
Лабораторная работа 1 Испытание образцов материалов на растяжение и сжатие.....	28
Лабораторная работа 2 Изучение конструкций различных типов редукторов.....	31

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки студентов составляют практические и лабораторные занятия.

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

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений: умений решать задачи по технической механике, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений, законов, зависимостей.

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

В результате их выполнения, обучающийся *должен*:

**уметь:**

- проводить расчеты при проверке на прочность механических систем;
- рассчитывать параметры элементов электрических и механических схем.

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

ПК 1.1. Проводить анализ работоспособности измерительных приборов и средств автоматизации.

ПК 3.2. Контролировать и анализировать функционирование параметров систем в процессе эксплуатации.

ПК 3.3. Снимать и анализировать показания приборов.

А также формированию общих компетенций:

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Выполнение обучающимися лабораторных и практических работ по учебной дисциплине «Техническая механика» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- 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, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

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

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил

### Практическая работа № 1

#### Расчёт реакций опор для плоской системы сходящихся сил.

##### Цель:

научиться составлять уравнения равновесия плоской системы сходящихся сил и определять реакции опор.

##### Выполнив работу, Вы будете уметь:

- проводить расчеты при проверке на прочность механических систем;
- составлять уравнения равновесия плоской системы сходящихся сил

##### Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- индивидуальные карточки-задания;
- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»
- макеты и действующие модели
- плакаты

##### Задание:

Составить уравнения равновесия плоской системы сходящихся сил и определить реакции опор.

##### Краткие теоретические сведения:

###### Проекция сил на ось.

Проекция силы на ось — это отрезок, заключённый между проекциями начала и конца вектора силы.

Проекция силы на ось равна произведению силы на косинус **острого** угла.

$$F_{x(y)} = F \cos \alpha$$

###### Правило знаков.

Проекция силы на ось считается положительной, если сила совпадает по направлению с осью, и отрицательной- если нет.

##### Порядок выполнения работы:

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

##### Ход работы

1. Вычертить систему сил в первоначальном положении (см рисунок 2)
2. Вычертить систему сил в соответствии с данными (см рисунок 3)
3. Определить сумму проекций сил на оси X, Y

$$\sum F_{ix} = 0;$$

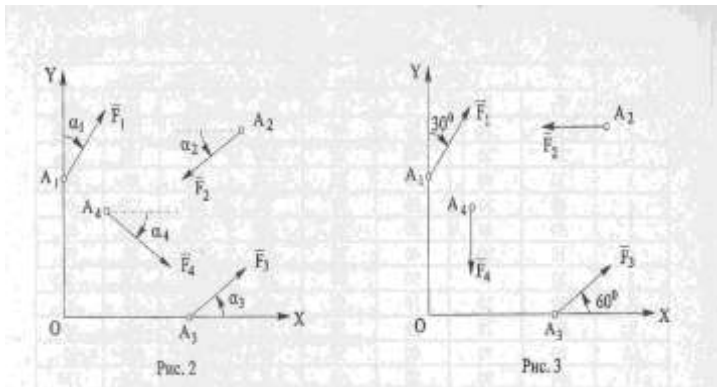
$$\sum F_{iy} = 0;$$

4. Подставить значения сил в уравнения и определить проекции равнодействующей.

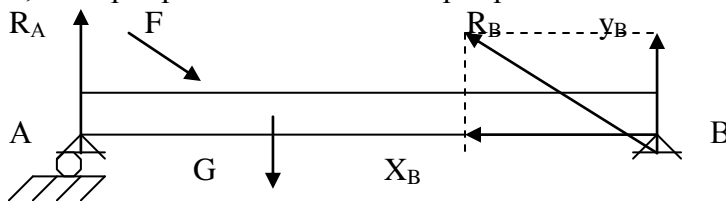
5. Определить величину равнодействующей

**Форма представления результата:**

Решение задач и оформление в тетради для практических работ



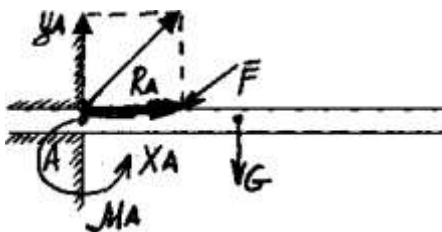
1,2. Шарнирно-подвижная и шарнирно-неподвижная опора.



В шарнирно-подвижной опоре возникает одна вертикальная реакция.

В шарнирно-неподвижной - вертикальная и горизонтальная составляющие.

3. Связь в виде жесткой заделки



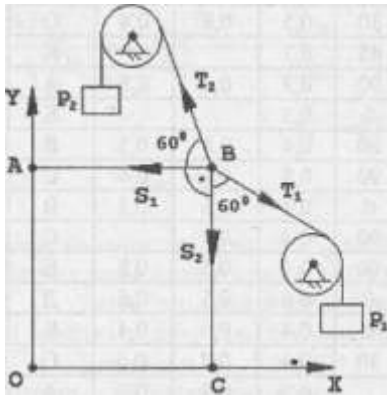
$M_A$  — реактивный момент:

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

**Ход работы:**

1. Рассмотрим равновесие точки В, где сходятся стержни и закреплены канаты. Связями для точки В являются два каната и два стержня ВА и ВС.
2. Освободимся от связей и заменим их действие силами реакций. Реакция гибкой связи (каната) направлена вдоль связи и обязательно внутрь связи. Реакция невесомого прямолинейного стержня, имеющего по краям шарниры, направлена вдоль стержня. Направим усилия в стержнях от точки В, предположив тем самым, что стержни работают на растяжение.

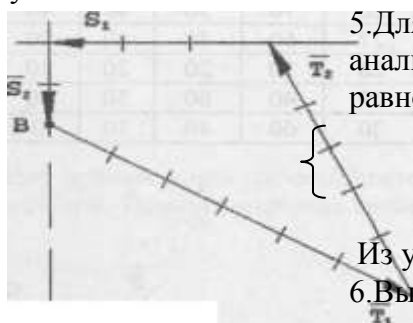


3. Расставим схему сил, действующих на точку В.

В точке В действует система сходящихся сил, которая уравновешена, т.е.  $(T_1, T_2, S_1, S_2) = 0$ . Графически это будет означать, что силовой многоугольник, построенный из сил системы, окажется замкнутым.

4. Выберем масштаб 5 мм/1 кН и построим силовой многоугольник. Учитывая, на основании аксиомы действия и противодействия, что  $T_1 = P_1$  и  $T_2 = P_2$  начнем построение многоугольника с известных сил  $T_1$  и  $T_2$ . После чего проводим линии действия двух неизвестных сил  $S_1$  и  $S_2$  через начало и конец известных векторов. Расставляем направление векторов, замкнув многоугольник. Измерив длины векторов

$S_1$  и  $S_2$  и умножив их значения на масштаб, определим значения усилий.



5. Для проверки найденных значений проведем аналитическое решение, составив для этого уравнения равновесия для узла.

$$\sum F_{ix} = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0$$

Из уравнений определим усилие в стержнях.

6. Вывод: погрешность при графическом решении незначительная  $S_1 = \text{Кн}$ ,  $S_2 = \text{Кн}$ . Оба стержня работают на растяжение.

### Форма представления результата:

Решение задач и оформление в тетради для практических работ

## Тема 1.4. Плоская система произвольно расположенных сил

### Практическая работа № 2

#### Момент силы относительно точки

#### Цель работы:

- научиться определять моменты сил относительно любой точки на балке
- научиться составлять уравнения равновесия плоской системы сил и решать их.

#### Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- проводить расчеты при проверке на прочность механических систем
- составлять уравнения равновесия плоской системы сил и решать их;

#### Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- индивидуальные карточки-задания;
- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»
- макеты и действующие модели
- плакаты

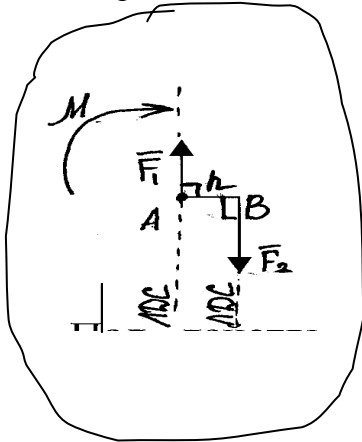


### Задание:

Составить уравнения равновесия плоской системы сил относительно разных точек на балке

### Краткие теоретические сведения:

#### Пара сил. Момент



$$F_1 = F_2$$
$$F_1 \parallel F_2 \quad h - \text{плечо}$$

**Пара сил** – две равные по величине, параллельные, противоположно направленные и не лежащие на одной ЛДС силы.

Под действием пары сил тело стремится вращаться. Характеристикой вращения является момент

$$M = F h \text{ (Нм)}$$

Момент пары сил равен произведению силы на плечо, где плечо — кратчайшее расстояние между ЛДС.

#### Правило знаков:

Момент считается положительным, если стремится вращать тело по часовой стрелке, и отрицательным, если - против.

#### **Свойство пар.**

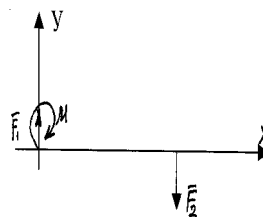
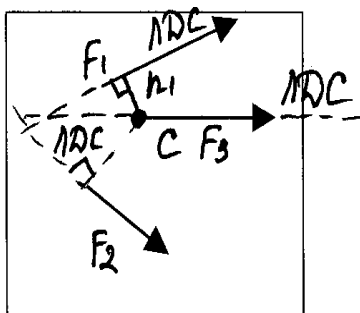
1. Пара сил не имеет равнодействующей

2. Сумма проекции сил на оси x, y

$$\begin{cases} \sum F_{ix} = 0 \\ \sum F_{iy} = F_1 - F_2 = 0 \end{cases}$$

3. Пара сил не имеет проекций ни на какую ось. **Момент в уравнении проекции не пишется!!!**

#### **Момент силы относительно точки**



$$M_{F1} = F_1 h_1$$

$$M_{F2} = F_2 h_2$$

$$M_{F3} = 0 \text{ т.к. } h_3 = 0$$

Момент силы относительно точки равен нулю, если точка лежит на ЛДС.

#### **Порядок выполнения работы:**

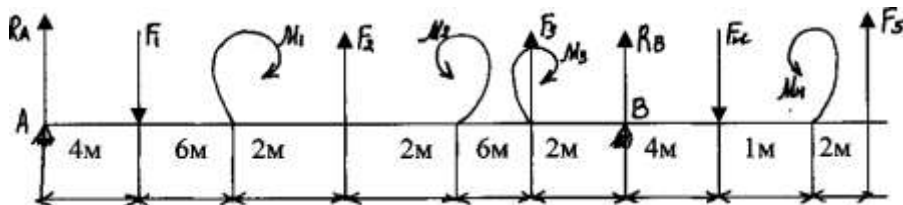
1. Изучите теоретический материал по данной теме

2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям

3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

**Ход работы:**

1. Записать уравнение моментов относительно выбранных точек.



2. Решить уравнения
3. Сделать проверку

**Форма представления результата:**

Решение задач и оформление в тетради для практических работ

$$\sum M_A = 0; F_1 \cdot 4 + M_1 - F_2 \cdot 12 - M_2 + F_3 \cdot 20 + M_3 - R_B \cdot 22 + F_4 \cdot 26 - M_4 - F_5 \cdot 29 = 0$$

$$\sum M_B = 0, R_A \cdot 22 - F_1 \cdot 18 + M_1 + F_2 \cdot 10 - M_2 + M_3 - F_3 \cdot 2 + F_4 \cdot 4 - M_4 - F_5 \cdot 7 = 0$$

Проверка.  $\sum F_{iy} = 0 \quad R_A - F_1 + F_2 - F_3 + R_B - F_4 + F_5 = 0$

## Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил

### Практическая работа № 3

#### Определение реакций в 2х опорной балке

**Цель работы:**

- научиться составлять уравнения равновесия плоской системы произвольно расположенных сил в 2х опорной балке и решать их.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- проводить расчеты при проверке на прочность механических систем
- составлять уравнения равновесия плоской системы произвольно расположенных сил и решать их;

**Материальное обеспечение:**

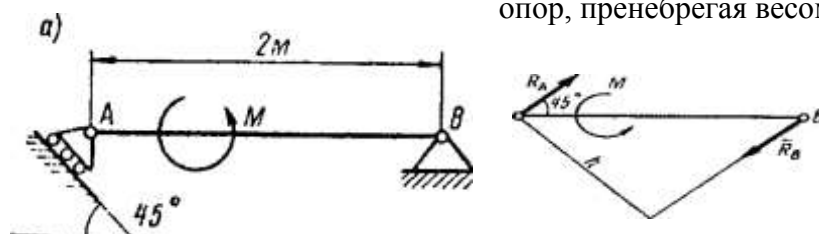
- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- индивидуальные карточки-задания;
- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»
- макеты и действующие модели
- плакаты

**Задание:**

- классифицировать нагрузки и определить реакции в различных видах опор

**Краткие теоретические сведения:**

На балку А В действует пара сил, момент которой известен. Определить реакции опор, пренебрегая весом балки. .



Рассмотрим равновесие балки АВ

Связь в точке В — шарнирно-неподвижная опора (рис. а), величина и направление реакции которой заранее неизвестны.

Связь в точке А — шарнирно-подвижная опора. Реакция ее направлена перпендикулярно к плоскости катания.

Так как на балку действует пара сил с моментом  $M$ , то она может быть уравновешена только парой сил. Следовательно, опорные реакции  $R_a$  и  $R_b$  должны образовать пару сил. Направление линии действия реакции  $R_b$  определено.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

#### **Ход работы:**

1. Вычертить заданную балку в соответствии с требованиями инженерной графики.
2. Показать реакции в опорах - направление выбирается произвольно.
3. Составить уравнения равновесия плоской системы произвольно расположенных сил относительно разных точек. Правило знаков – часы.

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

Решение задач и оформление в тетради для практических работ.

## **Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил**

### **Практическая работа № 4 Определение реакций в жесткой заделке**

#### **Цель работы:**

- научиться составлять уравнения равновесия плоской системы произвольно расположенных сил в жесткой заделке и решать их.

#### **Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- проводить расчеты при проверке на прочность механических систем  
-- составлять уравнения равновесия плоской системы произвольно расположенных сил и решать их;

#### **Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- индивидуальные карточки-задания;
- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»
- макеты и действующие модели
- плакаты

#### **Задание:**

- классифицировать нагрузки и определить реакции в различных видах опор

#### **Краткие теоретические сведения:**

Жесткая заделка. Заделка (рис. 1.12) исключает возможность любых перемещений вдоль осей  $Ox$  и  $Oy$ , а также поворот в плоскости  $xOy$ . Поэтому такая связь при освобождении тела от связи будет заменяться реакцией  $R$  (или ее проекциями  $R_x$  и  $R_y$  и моментом в заделке  $M_A$ ).

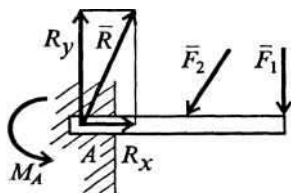


Рис. 1.12

#### Порядок выполнения работы:

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

#### Ход работы:

4. Вычертить заданную балку в соответствии с требованиями инженерной графики.
5. Показать реакции в опорах - направление выбирается произвольно.
6. Составить уравнения равновесия плоской системы произвольно расположенных сил относительно разных точек. Правило знаков – часы.

#### Форма представления результата:

Решение задач и оформление в тетради для практических работ.

## Тема 1.5. Центр тяжести

### Практическая работа № 5

#### Определение центра тяжести фигуры составленной из прокатных профилей

Сила тяжести – это сила, с которой тело притягивается к Земле. Точка, в которой прикладывается сила тяжести, называется центром тяжести.

Возьмем плоскую фигуру, разобьем ее на элементарные квадраты (Рис. 12), в котором:

$A_i$  – площадь;

$X_i$  – расстояние от центра тяжести простой фигуры до выбранной оси  $y$ ;

$Y_i$  – расстояние от центра тяжести простой фигуры до выбранной оси  $x$ ;

$C_i$  – центр тяжести простой фигуры.

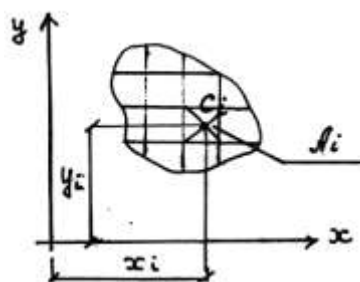


Рис. 1 Плоская фигура

Произведение площади элементарного квадрата на кратчайшее расстояние ее до какой-либо оси, лежащей в той же плоскости, называется статическим моментом элементарного квадрата относительно данной оси. Сумма же этих произведений, распространенная на всю площадь фигуры, называется статическим моментом площади относительно оси, т.е.  $A_i \cdot x_i$  или  $A_i \cdot y_i$ .

Координаты центра тяжести любого сечения будут определяться по формулам:

$$x_c = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i}; y_c = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}$$

Центры тяжести простых геометрических фигур:

а)

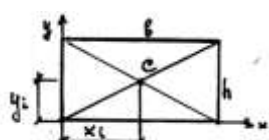


Рис. 2 Прямоугольник

$$x_i = \frac{1}{2} b$$

$$y_i = \frac{1}{2} h$$

$$A = b \cdot h$$

б)

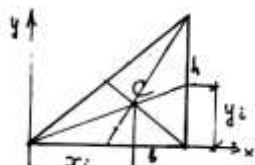


Рис. 3 Треугольник

$$x_i = \frac{2}{3} b$$

$$y_i = \frac{1}{3} h$$

$$A = \frac{1}{2} b \cdot h$$

в)

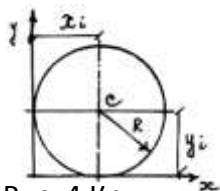


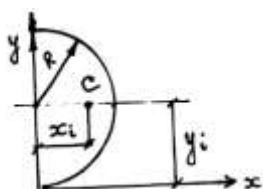
Рис. 4 Круг

$$x_i = R$$

$$y_i = R$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2$$

г)



$$x_i = \frac{4R}{3\pi}$$

$$y_i = R$$

$$A = \frac{1}{2} \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{8}$$

Рис. 5 Полуокруг

### Центры тяжести прокатных профилей

Сталь, играющая огромную роль в современном строительстве, поступает с завода главным образом в виде проката, т.е. в виде полос, листов, уголка, балок и др. Эти материалы, удовлетворяющие всем требованиям в отношении однородности механических свойств и точности размеров, составляют нормальный сортамент прокатной стали (Рис. 17).

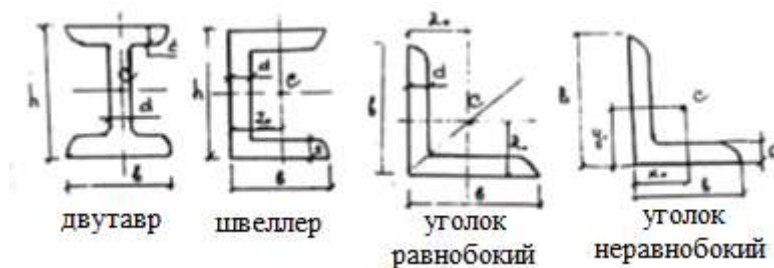


Рис. 6 Сортамент прокатной стали

Зная центры тяжести простых геометрических фигур и прокатных профилей, а также формулы для определения координат центра тяжести, можно использовать эти знания для определения площадей и координат центра тяжести фигур, составленных из простых геометрических тел или из прокатных профилей. Решение этих задач обрабатывается на практических работах.

Пример расчета:

Определение центра тяжести составных прокатных профилей.

Цель: формирование умений определять положение центра тяжести составных прокатных профилей, рассчитав его координаты. Уметь пользоваться справочной литературой.

Задание: определите координаты центра тяжести сечения, составленного из прокатных профилей (Рис. 18).

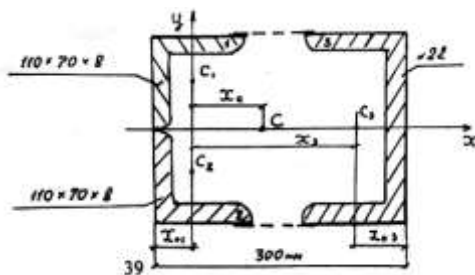


Рис. 7 Расчетная схема

Решение:

1. Разбейте сечение на составные профили проката:

- 1) уголок неравнобокий – 110 x 70 x 8;
- 2) уголок неравнобокий – 110 x 70 x 8;
- 3) швеллер №22.

Положение центра тяжести примите по сортаменту:

$C_1; C_2; C_3$ .

2. Положение координатных осей примите следующим образом: ось  $x$  совместите с осью симметрии сечения, следовательно координата  $y_c = 0$ .

Ось  $y$  проведите перпендикулярно оси  $x$  через центры тяжести неравнобоких уголков  $C_1$  и  $C_2$ .

3. Выпишите из соответствующих таблиц «Приложения таблица 11» площади профилей и, используя размеры, найдите абсциссы их центров тяжести.

Уголок 110 x 70 x 8:  $B = 11$  см;  $b = 7$  см;  $d = 0,8$  см;  $A = 13,9$  см<sup>2</sup>

$x_0 = 1,64$  см;  $y_0 = 3,61$  см.

Швеллер 22:  $h = 22$  см;  $b = 8,2$  см;  $z = 2,21$  см;  $d = 0,54$  см;

$t = 0,95$  см;  $A = 26,7$  см<sup>2</sup>.

$x_1 = x_2 = 0$ , т.к. ось  $y$  проведена через центры тяжести  $C_1$  и  $C_2$ .

$x_3 = 30 - x_{01} - z_{03} = 30 - 1,64 - 2,21 = 26,15$  см.

4. Определите координату центра тяжести  $X_c$ :

$$X_c = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{13,9 \cdot 0 + 13,9 \cdot 0 + 26,7 \cdot 26,15}{2 \cdot 13,9 + 26,7} = \frac{698,205}{54,5} = 12,8 \text{ см.}$$

5. Точка  $C$  имеет координаты: 12,8; 0. Нанесите найденный центр тяжести на расчетную схему.

## Тема 4.2 Растяжение и сжатие

### Практическая работа № 6,7

#### Расчёт на прочность при растяжении и сжатии.

#### Расчёт рационального сечения бруса

**Цель работы:** Из заготовки квадратного сечения спроектировать наиболее рациональную форму балки исходя из условий прочности и экономичности; проверить спроектированную балку на прочность и экономичность; дать рекомендации по эксплуатации.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- проводить расчеты при проверке на прочность механических систем
- рассчитывать наиболее рациональную форму балки исходя из условий прочности и экономичности;

**Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- индивидуальные карточки-задания;
- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»
- макеты и действующие модели
- плакаты

**Задание:**

1 спроектировать наиболее рациональную форму балки исходя из условий прочности и экономичности;

2. проверить спроектированную балку на прочность и экономичность; 3. дать рекомендации по эксплуатации.

#### **Краткие теоретические сведения:**

Под растяжением понимается такой вид нагружения, при котором в поперечных сечениях бруса (стержня) возникают только нормальные силы, а все прочие внутренние силовые факторы (поперечные силы, крутящий и изгибающие моменты) **равны нулю**. Сжатие отличается от растяжения только знаком силы  $N$ : при растяжении нормальная сила  $N$  направлена от сечения (см. рис. 2.1), а при сжатии - к сечению. Поэтому при анализе внутренних сил сохраняется единство подхода к вопросам растяжения и сжатия. Исключение составят длинные тонкие стержни, для которых сжатие сопровождается изгибом

**Закон Гука.** Многочисленные наблюдения за поведением твердых тел показывают, что в подавляющем большинстве случаев перемещения в определенных пределах пропорциональны действующим силам. Впервые в 1676 г. Гуком был сформулирован закон о том, что «какова сила, такова и деформация».

В современной трактовке закон Гука определяет *линейную зависимость между напряжением и деформацией*:

$$\sigma = E\varepsilon.$$

Здесь коэффициент пропорциональности  $E$  есть *модуль упругости первого рода*,  $\varepsilon$  - деформация, которую для однородного стержня можно определить как

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}.$$

Величину  $\varepsilon$  иногда называют *относительным удлинением* стержня длиной  $l$ , удлинение которого под действием приложенной силы составило  $\Delta l$ .

Модуль упругости первого рода является физической константой материала; он определяется экспериментально. Для наиболее часто встречающихся материалов его значения приведены в табл. 2.1 (см. подразд. 2.3).

**Построение эпюр.** График изменения нормальной силы, напряжений и перемещений стержня вдоль его оси называется *эпюрой* соответственно нормальных сил, напряжений и перемещений. Эпюры дают наглядное представление о законах изменения различных исследуемых величин. Построение эпюр рассмотрим на конкретном примере.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

#### **Ход работы:**

1. Разбиваем балку на участки, начиная со свободной стороны.
2. Определяем продольные силы на каждом участке.
3. Строим эпюру продольных сил.
4. Определяем наиболее рациональные размеры на каждом участке, исходя из условия прочности и экономичности
5. Определяем нормальное напряжение на каждом участке и строим эпюру.
6. Определяем коэффициент запаса прочности и экономичности.
7. Делаем вывод №1 о прочности и экономичности.
8. Расчет на жесткость: Всегда начинаем с закрепленной стороны. Проставляем характерные точки на оси балки, начиная с закрепленной стороны в местах приложения сил, или изменения сечения.
9. Определяем абсолютное удлинение на каждом участке.



10. Строим эпюру абсолютного удлинения.
11. Определяем допускаемое абсолютное удлинение.
12. Определяем коэффициент запаса жесткости и экономичности.
13. Делаем вывод №2 о прочности, жесткости и экономичности.
14. Даем рекомендации по эксплуатации.

**Форма представления результата:**

Решение задач и оформление в тетради для практических работ.

### **Практическая работа 8** **Определение перемещения свободного края бруса**

**Удлинение стержня.** Если в закон Гука вместо напряжения подставить  $\sigma = N/S$ , а вместо деформации  $\epsilon = \Delta l/l$ , то для стержня, у которого на длине  $l$  внутренняя нормальная сила постоянная и поперечное сечение не изменяется, получим выражение для определения удлинения стержня:

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

При решении многих практических задач возникает необходимость наряду с удлинением, обусловленным напряжением  $\sigma$ , учитывать также удлинения, связанные с температурным воздействием.

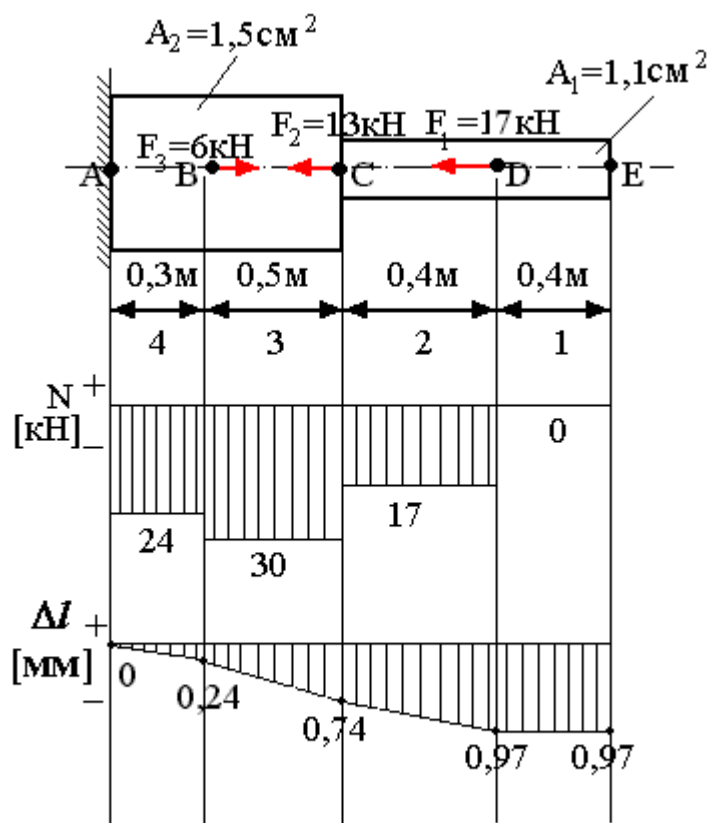
В этом случае деформацию рассматривают как сумму силовой и чисто температурной деформации:

$$\epsilon = \sigma/E + \alpha t,$$

где  $\alpha$  - коэффициент температурного расширения материала. Для однородного стержня, нагруженного по концам и равномерно нагретого, имеем

$$\Delta l = \frac{Nl}{ES} + \alpha lt.$$

Цель: Определить перемещение свободного края бруса.



Решение:

1. Разбиваем брус на участки, начиная со свободного края.

2. Используя метод сечения определяем N на каждом участке:

2.1.  $N_1 = 0 \text{ кН};$

2.2.  $N_2 = -F_1 = -17 \text{ кН};$

2.3.  $N_3 = -F_1 - F_2 = -17 - 13 = -30 \text{ кН};$

2.4.  $N_4 = -F_1 - F_2 + F_3 = -17 - 13 + 6 = -24 \text{ кН}.$

3. Определяем абсолютное удлинение или абсолютное укорочение по закону

Гука:

3.1.  $\Delta l_A = 0;$

3.2.  $\Delta l_B = \Delta l_A + \frac{N_{AB} \cdot l_{AB}}{E \cdot A_{AB}} = 0 + \frac{-24000 \cdot 300}{2 \cdot 10^5 \cdot 150} = -0,24 \text{ мм};$

3.3.  $\Delta l_C = \Delta l_B + \frac{N_{BC} \cdot l_{BC}}{E \cdot A_{BC}} = -0,24 + \frac{-30000 \cdot 500}{2 \cdot 10^5 \cdot 150} = -0,74 \text{ мм};$

3.4.  $\Delta l_D = \Delta l_C + \frac{N_{CD} \cdot l_{CD}}{E \cdot A_{CD}} = -0,74 + \frac{-17000 \cdot 400}{2 \cdot 10^5 \cdot 110} = -0,97 \text{ мм};$

3.5.  $\Delta l_E = \Delta l_D + \frac{N_{DE} \cdot l_{DE}}{E \cdot A_{DE}} = -0,97 + \frac{0 \cdot 400}{2 \cdot 10^5 \cdot 110} = -0,97 \text{ мм};$

Вывод: Свободный край бруса перемещается влево на 0,97 мм.

## Практическая работа № 9 Расчёт на прочность, жёсткость при кручении. Расчет рациональной формы вала

### Цель работы:

- строить эпюры крутящих моментов;
- выполнять проверочные расчеты круглого бруса для статически определимых систем;

### Выполнив работу, Вы будете уметь:

- проводить расчеты при проверке на прочность механических систем
- проводить проверочные расчеты круглого бруса для статически определимых систем

### Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- индивидуальные карточки-задания;
- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»
- макеты и действующие модели
- плакаты

### Задание:

Проверить вал на прочность, жесткость и экономичность; дать рекомендации по эксплуатации.

### Краткие теоретические сведения:

Под кручением понимается такой вид нагружения, при котором в поперечных сечениях возникает только крутящий момент. Прочие внутренние силовые факторы (нормальная и поперечные силы, изгибающие моменты) равны нулю.

Рассмотрим кручение круглого бруса (рис. 2.9). К круглому брусу, жестко заделанному в стенку, на свободном торце приложен крутящий момент  $M$ . В результате этого брус деформируется: смежные сечения поворачиваются относительно друг друга, образующая  $OB$  искривляется и занимает положение  $OC$ . При описании кручения принимаются следующие допущения и правила:

- ось бруса не деформируется;
- поперечные сечения, плоские до деформации, после деформации также остаются плоскими;
- продольные волокна не изменяют своей длины (угол  $\alpha$  настолько мал, что изменением длины можно пренебречь);
- радиусы  $r$  поперечных сечений остаются прямыми после деформации, поворачиваясь на некоторый угол  $\varphi$ ;

для внутренних крутящих следующее правило знаков: если поперечное сечение со стороны внутренний крутящий момент  $M_{кр}$  хода часовой стрелки, то момент считается положительным.

Таким образом, при кручении в бруса возникают касательные сдвиг).

Существуют понятия угла за- относительного угла закручивания  $\theta$ :

$$\theta = \varphi/l.$$

Касательные напряжения  $\tau$  при кручении распределяются по сечению неравномерно: в центре они равны нулю, а на максимальной окружности поперечного сечения - максимальному значению  $\tau_{max}$ . Поэтому расчет ведется по  $\tau_{max}$ . Значение касательного напряжения зависит от внутреннего крутящего момента и геометрической характеристики по-



моментам принято наблюдатель смотрит на внешней нормали и видит направленным против тается положительным. поперечном сечении напряжения (чистый кручивания  $\varphi$  и

$$\tau_{max} = M_{кр} / W_p,$$

Рис. 2.9

где  $W_p$  есть **полярный момент сопротивления**.

Для сплошного поперечного сечения диаметром  $D$   $W_p = 0,2D^3$ ;  
для кольцевого сечения (полый вал)  $W_p = 0,2D^3(1-d^4/D^4)$ , где  $d$  -  
внутренний диаметр (диаметр отверстия),  $D$  - внешний диаметр вала.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

#### **Ход работы:**

1. Разбиваем вал на участки.  $\varphi = \frac{M_{кр} l}{GJ_p}$
2. Находим крутящий момент  $\varphi = \frac{M_{кр} l}{GJ_p}$  на каждом участке.
3. Проверяем вал на прочность и экономичность. Определяем касательное напряжение на каждом участке.
4. Делаем вывод о прочности вала.
5. Расставляем характерные точки в местах приложения моментов, начиная с закреплённой стороны вала.
6. Проверяем жесткость вала: определяем углы закручивания на каждом участке.
7. Строим эпюру
8. Делаем вывод о жесткости.
9. Даем рекомендации по эксплуатации.

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

Решение задач и оформление в тетради для практических работ.

### **Тема 4.6 Изгиб**

#### **Практическая работа № 10**

#### **Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.**

#### **Построение эпюр Q и M<sub>изгиба</sub>**

#### **Цель работы:**

- применять при анализе механического состояния тела терминологию технической механики;
- определять характер нагружения и напряженное состояние в точке элемента конструкций;
- проводить несложные расчеты элементов конструкции на прочность и жесткость;
- использовать справочную и нормативную документацию;
- строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- проводить расчеты при проверке на прочность механических систем
- определять ВСФ и строить эпюры

#### **Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- индивидуальные карточки-задания;

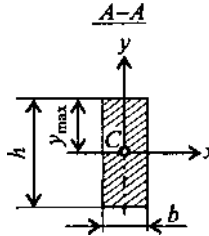
- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»
- макеты и действующие модели
- плакаты

**Задание:**

Определить поперечные силы и изгибающие моменты и построить эпюры для данной балки

**Краткие теоретические сведения:**

Под изгибом понимается такой вид в поперечных сечениях бруса возникают. Если изгибающий момент является фактором, а поперечные и нормальные силы отсутствуют, то такой изгиб называется *чистым*. В большинстве сечений бруса наряду с изгибающими поперечными силами. В этом случае изгиб бруса, работающий в основном на изгиб,



нагружения, при котором изгибающие моменты единственным силовым фактором являются, то такой изгиб называется *поперечным*. называется балкой.

На балку могут действовать *сосредоточенные* силы и моменты, а также *распределенные* по длине. Например, на рис. 2.11  $F$  - сосредоточенная сила,  $M$  - сосредоточенный момент; на участке  $a$  приложена распределенная нагрузка от нуля до  $q_{max}$ .

При описании явления изгиба используют **геометрические характеристики поперечного сечения**, учитывающие распределение материала по высоте сечения:  $J_x$  - момент инерции сечения относительно главной оси, перпендикулярной к плоскости изгибающего момента;  $W_x$  - момент сопротивления сечения при изгибе,  $W_x = J_x \cdot y$ . Ушах, где  $y_{max}$  - координата точки, наиболее удаленной от нейтральной линии бруса (см. рис.

$$J_x = \frac{bh^3}{12}; \quad W_x = \frac{bh^2}{6},$$

2.12, б).

Например, для прямоугольного сечения

$$J_x = \frac{\pi D^4}{64}; \quad W_x = \frac{\pi D^3}{32} \approx 0,1 D^3,$$

где  $B$  - ширина;  $h$  - высота сечения; для круглого поперечного сечения

где  $D$  - диаметр сечения.

**Анализ внутренних силовых факторов** начинается с определения полной системы внешних сил. Рассмотрим некоторые характерные примеры и установим правила определения изгибающих моментов и поперечных сил

На рис. 2.12, а показана простейшая двухопорная балка, нагруженная силой  $F$ . Освобождаем балку от связей и заменяем их действие реакциями. Опора  $A$  представляет собой невесомый стержень, поэтому реакция  $R_A$  пойдет вдоль него. В шарнире  $B$  реакцию раскладываем на две составляющие. Несмотря на то, что выбор системы координат, безусловно, произволен, в сопротивлении материалов принято ось  $z$  направлять вдоль бруса; оси  $x$  и  $y$  должны лежать в плоскости, перпендикулярной к этой оси, причем поворот от оси  $x$  к оси  $y$  должен происходить против хода часовой стрелки, если смотреть с конца оси  $z$  (рис. 2.12, б). Начало отсчета для осей располагается в центре тяжести поперечного сечения. В этом случае оси  $x$  и  $y$  называются *главными центральными осями поперечного сечения*.

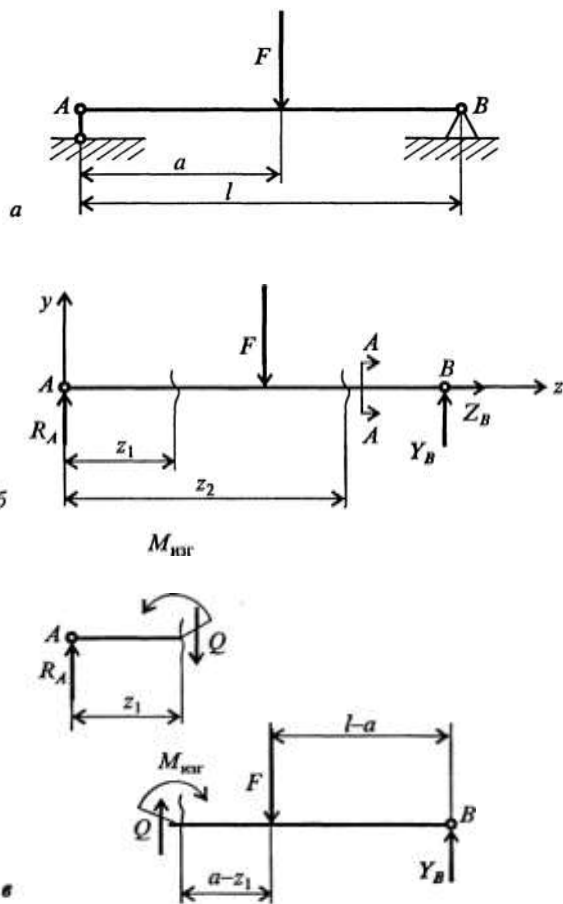


Рис. 2.12

### Порядок выполнения работы:

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

### Ход работы:

1. Показываем реакции в опорах и определяем их значение. Правило знаков – Часы
2. Делаем вывод №1 о более нагруженной опоре.
3. Строим эпюру  $Q$ , начиная с левой стороны балки – по правилу гимнаста (акробата)
4. Делаем вывод №2. По эпюре  $Q$  предположим, что опасным является сечение в точке приложения силы  $F_1$  - мах скачок.
5. Расставляем характерные точки в местах приложения сил и моментов.
6. Определяем изгибающиеся моменты относительно данных точек, начиная с левой стороны балки. Держим балку в заданной точке в правой руке, рассматривая каждую силу отдельно.
7. Определяем изгибающие моменты справа. Держим линейку в левой руке.
8. Строим эпюру  $M_{II}$
9. Делаем вывод №3 о нахождении опасного сечения балки – мах  $M$  без учета знака.

### Форма представления результата:

Решение задач и оформление в тетради для практических работ.

## Тема 2.6 Изгиб

### Практическая работа № 11,12 Расчёт на прочность при изгибе. Определение рациональных сечений балки

#### Цель работы:

-применять при анализе механического состояния тела терминологию технической механики;

-определять характер нагружения и напряженное состояние в точке элемента конструкций;

- проводить несложные расчеты элементов конструкции на прочность и жесткость;

- использовать справочную и нормативную документацию;

-строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;

-выполнять проверочные расчеты на прочность;

#### Выполнив работу, Вы будете уметь:

-проводить расчеты при проверке на прочность механических систем

- определять опасное сечение балки

#### Материальное обеспечение:

- посадочные места по количеству обучающихся;

- рабочее место преподавателя;

- индивидуальные карточки-задания;

- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»

- макеты и действующие модели

- плакаты

#### Задание:

Определить опасное сечение балки.

#### Краткие теоретические сведения:

**Напряжения в брус при прямом чистом изгибе.** Чистый изгиб в брус может иметь место по всей длине бруса  $ab$  (рис. 2.15,  $a$ ) или только на его части  $ab$  (рис. 2.15,  $b$ ). При чистом изгибе в брус возникают напряжения, непостоянные по высоте поперечного сечения. Из рис. 2.16 видно, что при изгибе бруса напряжение меняется от  $+\sigma_{\max}$  до  $-\sigma_{\max}$ . Следовательно, в поперечных сечениях есть недеформируемые точки, которые образуют **нейтральную линию**, проходящую через центр тяжести поперечных сечений. Если

$$\sigma_{\max} = M_{\text{изг}}/W_x.$$

изменение кривизны бруса происходит в плоскости, в которой действует изгибающий момент, и эта плоскость проходит через главные оси сечения, то такой изгиб называется **прямым**.

При прямом чистом изгибе

определяются геометрические размеры поперечного сечения бруса.

прочность при растяжении и кручении. Подсчитываются напряжения в сечениях по длине бруса и из них (по эпюре напряжений) выбирается наибольшее. После чего из условия

$$\sigma_{\max \text{ наиб}} \leq [\sigma]_{\text{р,сж}}$$

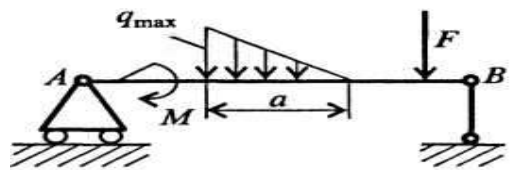


Рис. 2.11

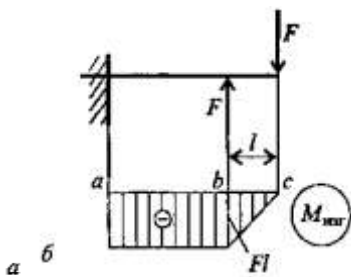


Рис. 2.15

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

**Ход работы:**

1. Показываем реакции в опорах и определяем их значение. Правило знаков – Часы
2. Делаем вывод №1 о более нагруженной опоре.
3. Строим эпюру Q, начиная с левой стороны балки – по правилу гимнаста (акробата)
4. Делаем вывод №2. По эпюре Q предположим, что опасным является сечение в точки приложения силы  $F_1$  - мах скачок.
5. Расставляем характерные точки в местах приложения сил и моментов.
6. Определяем изгибающиеся моменты относительно данных точек, начиная с левой стороны балки. Держим балку в заданной точке в правой руке, рассматривая каждую силу отдельно.
7. Определяем изгибающие моменты справа. Держим линейку в левой руке.
8. Строим эпюру  $M_{II}$
9. Делаем вывод №3 о нахождении опасного сечения балки – мах M без учета знака.
10. Проверяем предложенное сечение на прочность и экономичность.
11. Делаем вывод №4 о прочности и экономичности выбранного сечения, даем рекомендации по эксплуатации.

**Форма представления результата:**

Решение задач и оформление в тетради для практических работ.

**Тема 5.4. Зубчатые передачи**

**Практическая работа № 13, 14.  
Составление кинематических схем приводов.  
Кинематический расчет привода**

**Цель работы:** научиться

- составлять схемы различных механических систем и рассчитывать их;
- выбирать тип механической передачи для преобразования одного вида движения в другой;
- производить кинематические и силовые расчеты многоступенчатого привода, оперируя понятиями «передаточное отношение» КПД.

**Выполнив работу, Вы будете:**



уметь:

- составлять схемы различных механических систем и рассчитывать их
- выбирать тип механической передачи для преобразования одного вида движения в другой;

**Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству студентов;
- рабочее место преподавателя;
- индивидуальные карточки-задания;
- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»
- макеты и действующие модели
- плакаты

**Задание:**

Выбрать электродвигатель и определить основные характеристики привода

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.
4. Сформулируйте вывод.
5. Защитите работу.

**Ход работы:**

1. Находим общий КПД привода
2. Находим мощность на валу барабана
3. Находим требуемую мощность электродвигателя
4. Находим угловую скорость барабана
5. Находим частоту вращения барабана
6. Выбираем электродвигатель по таблице П1
7. Находим номинальную частоту вращения двигателя.
8. Находим угловую скорость двигателя
9. Находим передаточное отношение
10. Выбираем передаточное число редуктора по ГОСТ 2185-66
11. Выбираем передаточное число цепи
12. Заполняем таблицу №1: Частота вращения и угловая скорость валов редуктора и приводного барабана.
13. Находим вращающий момент на валу шестерни
14. Находим вращающий момент на валу колеса

**Форма представления результата:**

Решение задач и оформление в тетради для практических работ

## Тема 5.4. Зубчатые передачи

### Практическая работа № 15

#### Расчет параметров цилиндрической прямозубой передачи

**Цель работы:**

- выбирать машиностроительные материалы для конкретного применения в элементах конструкции и деталях механизмов и машин;
- проверять прочность механических систем;
- пользоваться нормативной и технической документацией и применять её при проектировании.

- выполнять кинематические, геометрические, силовые расчеты;
- выполнять проектировочные и проверочные расчеты зубчатых передач.

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- выполнять кинематические, геометрические, силовые расчеты;
- выполнять проектировочные и проверочные расчеты зубчатых передач.

**Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству студентов;
- рабочее место преподавателя;
- индивидуальные карточки-задания;
- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика»
- макеты и действующие модели
- плакаты

**Задание:**

1. Определить основные параметры прямозубой цилиндрической передачи
2. Проверить зубья на контактное напряжение и выносливость по напряжению изгиба.
3. Дать рекомендации по эксплуатации.

**Краткие теоретические сведения:**

Механизм, в котором два подвижных звена являются зубчатыми колесами, образующими с неподвижным звеном вращательную или поступательную пару, называют зубчатой передачей (рис. 3.1). В большинстве случаев зубчатая передача служит для передачи вращательного движения. В некоторых механизмах эту передачу применяют для преобразования вращательного движения в поступательное (или наоборот, см. рис. 3.1, *з*). Зубчатые передачи — наиболее распространенный тип передач в современном машиностроении и приборостроении; их применяют в широких диапазонах скоростей (до 100 м/с), мощностей (до десятков тысяч киловатт).

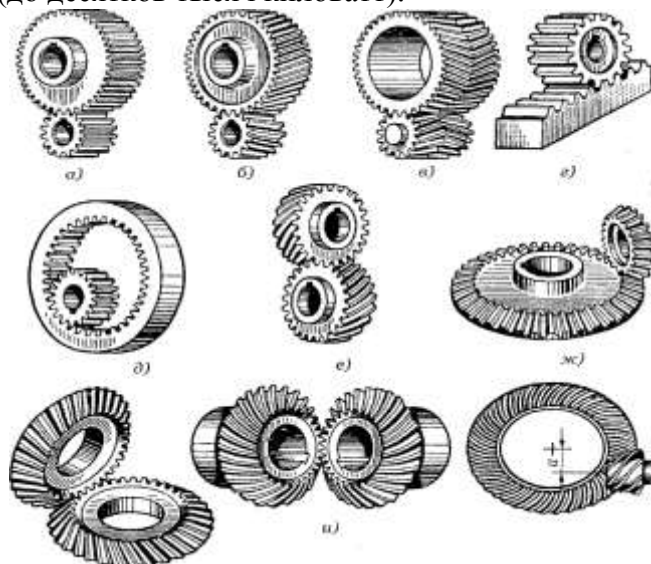


Рис. 3.1. Виды зубчатых передач: *а, б, в* — цилиндрические зубчатые передачи с внешним зацеплением; *г* — передача винт-гайка; *д* — цилиндрическая передача с внутренним зацеплением; *е* — зубчатая винтовая передача; *ж, з, и* — конические зубчатые передачи; *к* — гипоидная передача

*Основные достоинства зубчатых передач по сравнению с другими передачами:*

- технологичность, постоянство передаточного числа;
- высокая нагрузочная способность;
- высокий КПД (до 0,97—0,99 для одной пары колес);
- малые габаритные размеры по сравнению с другими видами передач при равных

условиях;

- большая надежность в работе, простота обслуживания;
- сравнительно малые нагрузки на валы и опоры.

*К недостаткам зубчатых передач* следует отнести:

- невозможность бесступенчатого изменения передаточного числа;
- высокие требования к точности изготовления и монтажа;
- шум при больших скоростях; плохие амортизирующие свойства;
- громоздкость при больших расстояниях между осями ведущего и ведомого валов;
- потребность в специальном оборудовании и инструменте для нарезания зубьев;
- зубчатая передача не предохраняет машину от возможных опасных перегрузок.

*Зубчатые передачи и колеса классифицируют по следующим признакам* (см. рис. 3.1):

- по взаимному расположению осей колес — с параллельными осями (цилиндрические, см. рис. 3.1, а—д), с пересекающимися осями (конические, см. рис. 3.1, ж—и), со скрещивающимися осями (винтовые, см. рис. 3.1, е, к);
- по расположению зубьев относительно образующих колес — прямозубые, косозубые, шевронные и с криволинейным зубом;
- по конструктивному оформлению — открытые и закрытые;
- по окружной скорости — тихоходные (до 3 м/с), для средних скоростей (3—15 м/с), быстроходные (св. 15 м/с);
- по числу ступеней — одно- и многоступенчатые;
- по расположению зубьев в передаче и колесах — внешнее, внутреннее (см. рис. 3.1, д) и реечное зацепление (см. рис. 3.1, г);

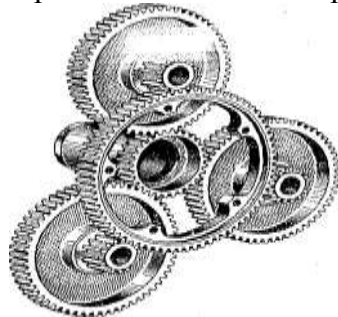
- по форме профиля зуба — с эвольвентными, круговыми;
- по точности зацепления. Стандартом предусмотрено 12 степеней точности.

Практически передачи общего машиностроения изготавливают от шестой до десятой степени точности. Передачи, изготовленные по шестой степени точности, используют для наиболее ответственных случаев.

Из перечисленных выше зубчатых передач наибольшее распространение получили *цилиндрические прямозубые* и *косозубые* передачи, как наиболее простые в изготовлении и эксплуатации. Конические передачи применяют только в тех случаях, когда это необходимо по условиям компоновки машины; винтовые — лишь в специальных случаях.

*Зубчатую передачу с параллельными осями, у колес которой поверхности по диаметру выступов цилиндрические, называют цилиндрической.*

Цилиндрическая прямозубая зубчатая передача состоит из двух или нескольких пар цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями. Эта передача наиболее проста в изготовлении. Применяется как в открытом, так и в закрытом исполнении.



Цилиндрическая прямозубая передача

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучите теоретический материал по данной теме
2. Изучите алгоритм выполнения работы по конспекту, или методическим указаниям
3. Решите задачу и оформите ее в соответствии с требованиями к оформлению, принятыми в колледже.

4. Сформулируйте вывод.

5. Защитите работу.

#### **Ход работы:**

1. Находим межосевое расстояние из условия контактной выносливости активных поверхностей зубьев  $a_w$ , мм.

2. Принимаем ближайшее значение межосевого расстояния по ГОСТ 2185-66.

3. Находим модуль зацепления. По ГОСТ 9563-60 принимаем  $m_n$

4. Определяем числа зубьев шестерни и колеса.

5. Находим делительный диаметр шестерни  $d_1$  мм.

6. Находим делительный диаметр колеса  $d_2$ , мм.

7. Делаем проверку.

8. Находим диаметры вершин зубьев шестерни и колеса

9. Находим диаметры впадин зубьев шестерни и колеса

10. Находим ширину колеса и шестерни

11. Определяем коэффициент ширины шестерни  $\psi_{bd}$

12. Определяем окружную скорость колеса  $V$  м/с по ней принимаем степень точности по ГОСТ 1643-81.

13. Проверяем контактное напряжение

14. Находим усилия, действующие в зацеплении.

15. Проверяем зубья на выносливость по напряжению изгиба.

16. Делаем вывод о рекомендациях по эксплуатации.

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

Решение задач и оформление в тетради для практических работ .

## **Тема 4.2. Растяжение и сжатие**

### **Лабораторная работа № 1.**

#### **Испытание образцов материалов на растяжение и сжатие**

**Цель работы:** Экспериментальное определение механических характеристик материалов: предела пропорциональности  $\sigma_{pr}$ , физического  $\sigma_u$  или условного  $\sigma_{0,2}$  предела текучести, предела прочности  $\sigma_{ut}$ , истинного сопротивления разрыву  $S_k$ , относительного удлинения  $\delta$  и относительного сужения  $\psi$  после разрыва.

#### **Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- определять напряжения в конструкционных элементах;

#### **Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству обучающихся (12 мест);

- рабочее место преподавателя (1 место);

- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика» (10 штук);

- комплект бланков технологической документации;

- комплект рабочих инструментов (1 шт.);

- измерительный и разметочный инструмент (по 1 шт.).

- учебная испытательная машина МИ-40У. (1 шт)

- планшеты (3 шт)

**Технические средства обучения:**

- компьютеры с лицензионным программным обеспечением (1 шт.);

- комплект презентационных слайдов по темам курса дисциплины (по 1 шт.).

**Задание:**

1. Изучить диаграммы растяжения и сжатия пластичных и хрупких материалов;

2. Проверить образец на растяжение до разрушения, построить диаграмму растяжения стали.

3. Определить основные механические характеристики и материал образца по ГОСТ Р МЭК 1047-98 (2003г).

**Краткие теоретические сведения:**

При испытании на растяжение образец определенной формы и размеров (рис.1) из исследуемого материала прочно закрепляется своими концами (головками) в захватах испытательной машины и подвергается непрерывному, плавному деформированию до разрушения. При этом регистрируется зависимость между растягивающей нагрузкой и удлинением расчетной части образца в виде диаграммы растяжения образца. Для испытаний на растяжение применяют стандартные образцы по ГОСТ 1497-84, который предусматривает семь типов образцов. Один из типов представлен на рис. 1.

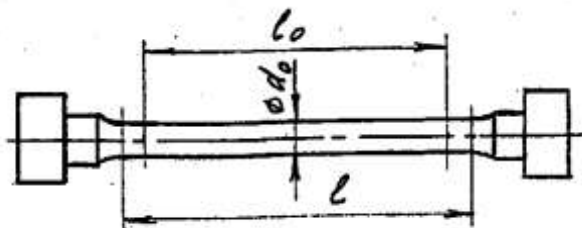


Рисунок 3. Эскиз образца

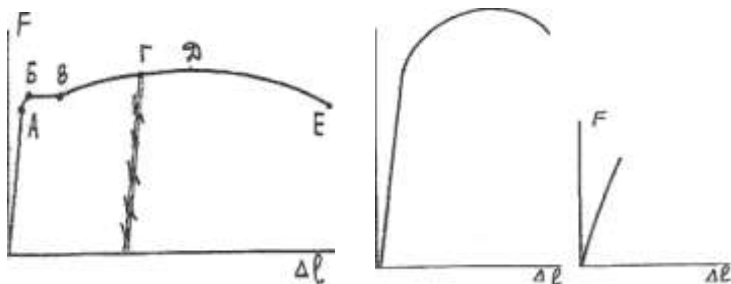
$l_0$  - длина расчетной части образца,

$l$  - длина рабочей части образца.

Должно соблюдаться соотношение:  $l \geq l_0 + 0$

Отношение  $l_0$  к  $d_0$  должно быть строго определенным. ГОСТ 1497-84 предусматривает

$l_0/d_0 = 10$  и  $l_0/d_0 = 5$  Диаграммы растяжения образцов



низкоуглеродистой стали ( $C < 0.30\%$ ), конструкционной стали ( $C > 0.3\%$ ) и серого чугуна приведены на рис. 2а, 2б, 2в.

а - низкоуглеродистая сталь б - конструкционная сталь в - серый чугун

Рисунок 4. Диаграммы растяжения, сжатия

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучите правила техники безопасности при проведении работы.

2. Изучите ход выполнения работы
3. Выполните лабораторную работу с соблюдением правил техники безопасности
4. Заполните отчет в форме таблицы
5. Сформулируйте вывод с использованием ГОСТ Р МЭК 1047-98 (2003г) - определите марку стали, выбранной для образца
6. Защитите работу.

### Ход работы:

1. Изучить правила техники безопасности при проведении работы.
  - 1.1. Установку и снятие образца производить при выключенном входном рубильнике и пускателе.
  - 1.2. При проведении испытаний не стоять возле рычага с грузом.
  - 1.3. Проверить затяжку гаек у приспособления.
2. Вычертить образец до разрушения и определить его размеры:  $d_0 =$  мм,  $L_0 =$  мм,  $A_0 =$  мм<sup>2</sup>
3. Установить образец в машину и нагрузить его до разрушения, включив машину.
4. Вычертить диаграмму растяжения стали и определить нагрузки в основных точках:  $F_y =$  Н,  $F_T =$  Н,  $F_{MAX} =$  Н,  $F_K =$  Н
5. Вычертить образец после разрушения и определить его размеры:  $d_K =$  мм,  $L_K =$  мм,  $A_K =$  мм<sup>2</sup>,  $\Delta L =$  мм
6. Определить напряжения в основных точках:
 
$$\sigma_y = F_y / A_0 = \text{Н/мм}^2$$

$$\sigma_T = F_T / A_0 = \text{Н/мм}^2$$

$$\sigma_{MAX} = F_{MAX} / A_0 = \text{Н/мм}^2$$

$$\sigma_K = F_K / A_0 = \text{Н/мм}^2$$
7. Определить относительное сужение и относительное растяжение:
 
$$\psi = (A_0 - A_K) \cdot 100\% / A_0 = \%$$

$$\varepsilon = \Delta L \cdot 100\% / L_0 = \%$$
8. Заполнить таблицу.
8. По таблице ГОСТ Р МЭК 1047-98 (2003г) определить марку стали, выбранной для образца.

### Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе, заполненная таблица, вывод.

1. Изучаем правила техники безопасности при проведении работы.
2. Вычерчиваем образец до разрушения и определяем его размеры:  $d_0 =$  мм,  $L_0 =$  мм,  $A_0 =$  мм<sup>2</sup>

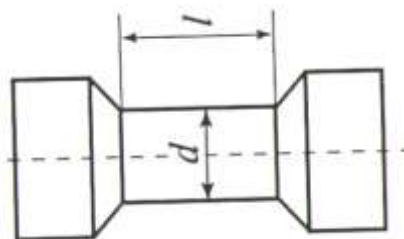


Рисунок 3. Эскиз образца

3. Устанавливаем образец в машину и нагружаем его до разрушения, включив машину.
4. Вычерчиваем диаграмму растяжения стали и определяем нагрузки в основных точках:  $F_y =$  Н,  $F_T =$  Н,  $F_{MAX} =$  Н,  $F_K =$  Н

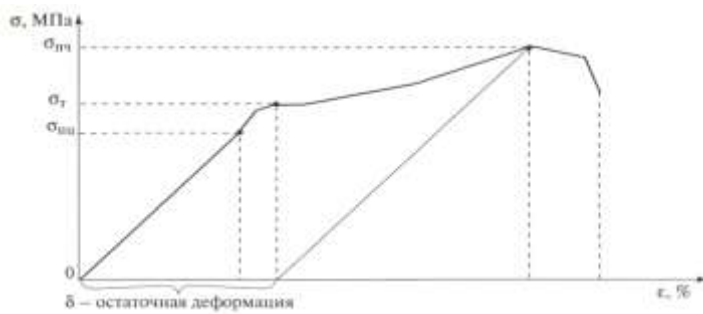


Рисунок 4. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали

5. Вычерчиваем образец после разрушения и определяем его размеры:

$$d_K = \text{мм}, \quad L_K = \text{мм}, \quad A_K = \text{мм}^2, \quad \Delta L = \text{мм}$$

6. Определяем напряжения в основных точках:

$$\sigma_Y = F_Y / A_0 = \text{Н/мм}^2$$

$$\sigma_T = F_T / A_0 = \text{Н/мм}^2$$

$$\sigma_{MAX} = F_{MAX} / A_0 = \text{Н/мм}^2$$

$$\sigma_K = F_K / A_0 = \text{Н/мм}^2$$

7. Пластические свойства материалов оцениваются двумя характеристиками.

Определяем относительное сужение и относительное растяжение:

$$\psi = (A_0 - A_K) \cdot 100\% / A_0 =$$

$$\varepsilon = \Delta L \cdot 100\% / L_0 =$$

8. Заполнить таблицу

F, Н	$\Delta l$ , мм	$\sigma = \frac{F}{A}$ , МПа	$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ , %

9. По таблице ГОСТ Р МЭК 1047-98 (2003г) определяем марку стали, выбранной для образца – сталь 15

## Тема 5.7. Общие сведения о редукторах.

### Лабораторная работа № 2

#### Изучение конструкций различных типов редукторов

**Цель работы:** ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей; составление кинематической схемы реального зубчатого редуктора;

**Выполнив работу, Вы будете:**

- уметь: проводить сборочно-разборочные работы в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц;
- собирать конструкции из деталей по чертежам и схемам;
- читать кинематические схемы;

**Материальное обеспечение:**

- посадочные места по количеству обучающихся (12 мест);
- рабочее место преподавателя (1 место);

- учебно-наглядные пособия по дисциплине «Техническая механика» (10 штук);
- комплект бланков технологической документации;
- комплект рабочих инструментов (1шт.);
- измерительный и разметочный инструмент (по 1 шт.).
- редуктор ИД 225 (2 шт)
- редуктор РГН (1 шт)
- червячный редуктор (1 шт)
- планшеты (3 шт)
- Курсовое проектирование деталей машин: Для техникумов (под ред. Чернавского С.А). изд 3-е., переработ. и доп.-М., Машиностроение, 2005 -416с;

#### **Технические средства обучения:**

- компьютер с лицензионным программным обеспечением (1 шт.);
- комплект презентационных слайдов по темам курса дисциплины (по 1 шт.).

**Задание:** 1. Изучить конструкцию различных типов редукторов.

2. Разобрать и собрать редуктор, вычертить его кинематическую схему.

#### **Краткие теоретические сведения:**

Редуктором называют механизм, состоящий из зубчатых или червячных передач, выполненный в виде отдельного агрегата и служащий для передачи вращения от вала двигателя к валу рабочей машины. Кинематическая схема привода может включать, помимо редуктора, открытые зубчатые передачи, цепные или ременные передачи (см., например, рис. 1.1). Указанные механизмы являются наиболее распространенной тематикой курсового проектирования.

Назначение редуктора — понижение угловой скорости и соответственно повышение вращающего момента ведомого вала по сравнению с ведущим. Механизмы для повышения угловой скорости, выполненные в виде отдельных агрегатов, называют *ускорителями* или *мультипликаторами*.

Редуктор состоит из корпуса (литого чугуна или сварного стального), в котором помещают элементы передачи — зубчатые колеса, валы, подшипники и т. д. В отдельных случаях в корпусе редуктора размещают также устройства для смазывания зацеплений и подшипников (например, внутри корпуса редуктора может быть помещен шестеренный масляный насос) или устройства для охлаждения (например, змеевик с охлаждающей водой в корпусе червячного редуктора).

Редуктор проектируют либо для привода определенной машины, либо по заданной нагрузке (моменту на выходном валу) и передаточному числу без указания конкретного назначения. Второй случай характерен для специализированных заводов, ка которых организовано серийное производство редукторов.

Кинематические схемы и общие виды наиболее распространенных типов редукторов представлены на рис. 2.1-2.20. На кинематических схемах буквой Б обозначен входной (быстроходный) вал редуктора, буквой Г - выходной (тихоходный).

Редукторы классифицируют по следующим основным признакам: типу передачи (зубчатые, червячные или зубчато-червячные); числу ступеней (одноступенчатые, двухступенчатые и т. д.); типу зубчатых колес (цилиндрические, конические, коническо-цилиндрические и т. д.); относительному расположению валов редуктора в пространстве (горизонтальные, вертикальные); особенностям кинематической схемы (развернутая, соосная, с раздвоенной ступенью и т. д.).

Возможности получения больших передаточных чисел при малых габаритах обеспечивают планетарные и волновые редукторы.



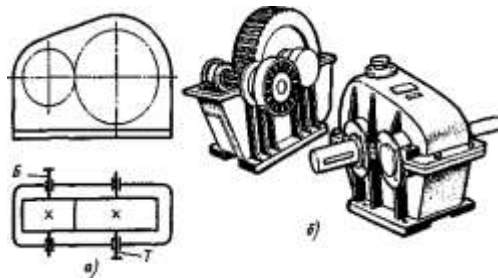


Рис. 2.1. Одноступенчатый горизонтальный редуктор с цилиндрическими зубчатыми колесами:

а - кинематическая схема; б - общий вид редуктора с косозубыми колесами

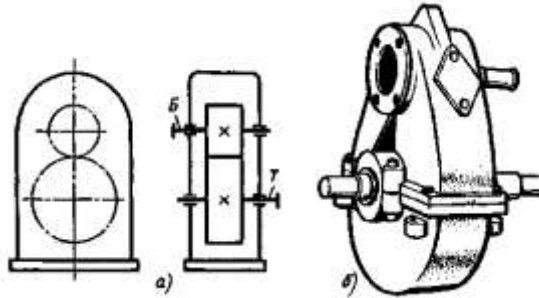


Рис. 2.2. Одноступенчатый вертикальный редуктор с цилиндрическими колесами:

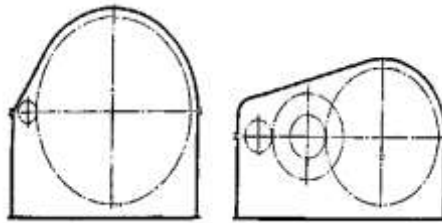


Рис. 2.3. Сопоставление габаритов одноступенчатого и двухступенчатого редукторов с цилиндрическими колесами при одинаковом передаточном числе  $u = 8,5$

Конические редукторы применяют для передачи движения между валами, оси которых пересекаются обычно под углом  $90^\circ$ . Передачи с углами, отличными от  $90^\circ$ , встречаются редко.

Наиболее распространены двухступенчатые горизонтальные редукторы, выполненные по развернутой схеме (рис. 2.6). Эти редукторы отличаются от той, но из-за несимметричного расположения колес на валах повышается концентрация нагрузки по длине зуба. Поэтому в этих редукторах следует применять жесткие валы.

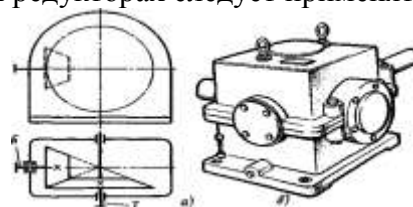


Рис. 2.4. Одноступенчатый редуктор с коническими зубчатыми колесами:

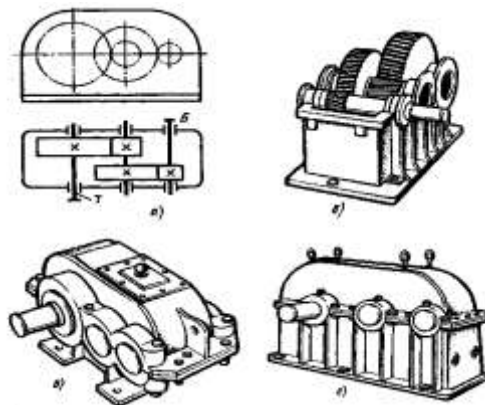
а — кинематическая схема; б — общий вид

Соосная схема (рис. 2.7) позволяет получить меньшие габариты по длине; это ее основное преимущество.

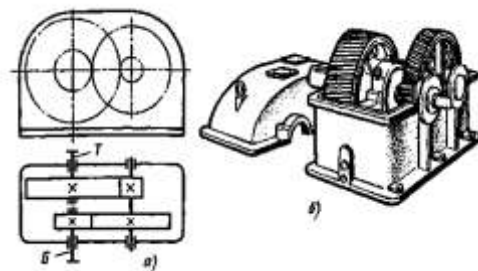
Двухступенчатые цилиндрические редукторы обычно применяют в широком диапазоне передаточных чисел: по ГОСТ 2185-66  $u = 6,3 \div 63$ . Крупные двухступенчатые цилиндрические редукторы, выпускаемые НКМЗ, имеют  $u = 7,33 \div 44,02$ .

В двухступенчатых коническо-цилиндрических редукторах (рис. 2.11 —2.13) коническая пара может иметь прямые, косые или криволинейные зубья. Цилиндрическая пара также может быть либо прямозубой, либо косозубой.

Наиболее употребительный диапазон передаточных чисел для таких редукторов  $u = 8 \div 15$ . Наибольшие значения при прямозубых конических колесах  $u_{max} = 22$ ; при конических колесах с круговыми зубьями  $u_{max} = 34$ .



**Рис. 2.6. Двухступенчатый горизонтальный редуктор с цилиндрическими колесами:**  
 а — кинематическая схема; б — редуктор со снятой крышкой (колеса косозубые);  
 в — общий вид редуктора, у которого подшипниковые узлы закрыты врезными крышками;  
 г — общий вид редуктора, у которого подшипниковые крышки привернуты винтами



**Рис. 2.7. Двухступенчатый горизонтальный соосный редуктор:**  
 а — кинематическая схема; б — общий вид

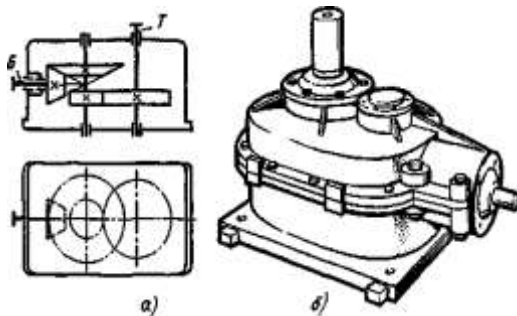


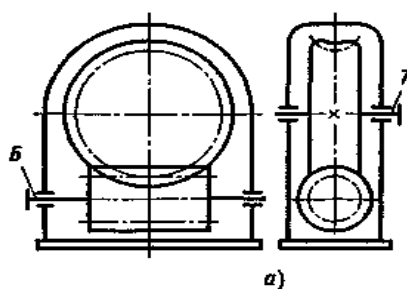
Рис. 2.12. Двухступенчатый коническо-цилиндрический редуктор с вертикальным тихоходным валом: а – кинематическая схема; б – общий вид

Червячные редукторы применяют для передачи движения между валами, оси которых перекрещиваются.

По относительному положению червяка и червячного колеса различают три основные схемы червячных редукторов: с нижним, верхним и боковым расположением червяка (рис. 2.14 — 2.16).

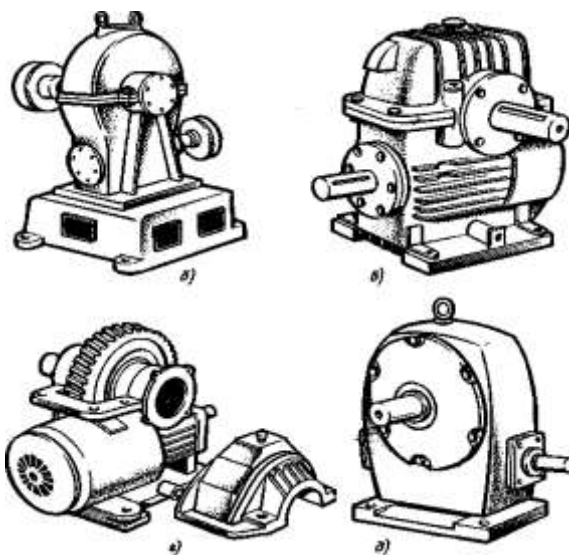
Передаточные числа червячных редукторов обычно колеблются в пределах  $u = 8 \div 80$  (см. ГОСТ 2144-76).

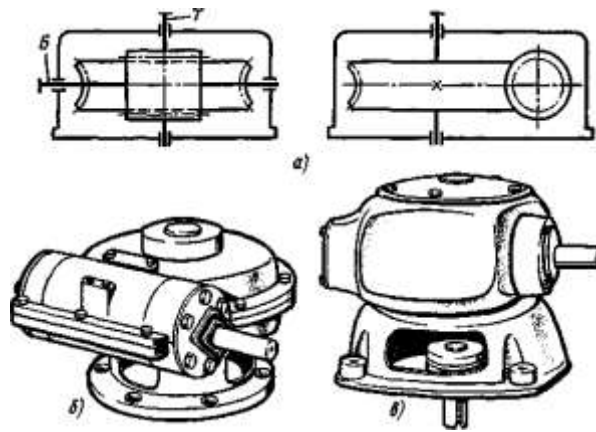
Так как КПД червячных редукторов невысок, то для передачи больших мощностей и в установках, работающих непрерывно, проектировать их нецелесообразно. Практически червячные редукторы применяют для передачи мощности, как правило, до 45 кВт и в виде исключения до 150 кВт.



**Рис. 2.14. Червячный редуктор с нижним расположением червяка:**

а — кинематическая схема; б — общий вид редуктора с разъемным корпусом; в — общий вид редуктора с ребристым разъемным корпусом и искусственным обдувом; г — то же, со снятой крышкой; д — общий вид редуктора с неразъемным корпусом





**Рис. 2.16. Червячный редуктор с вертикальным валом червячного колеса:**

*а* - кинематическая схема; *б* - общий вид редуктора с разъемным корпусом;  
*в* - общий вид редуктора с неразъемным корпусом

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучите правила техники безопасности при проведении работы.
2. Изучите теоретический материал
3. Изучите ход выполнения работы
4. Выполните лабораторную работу с соблюдением правил техники безопасности
5. Защитите работу

#### **Ход работы:**

1. Произвести внешний осмотр редуктора, сверить соответствие редуктора и чертежа, изучить конструкцию корпуса, наметить план разборки редуктора.
2. Редуктор, представленный на рис. 3.5, разбирать в следующем порядке: отвинтив соединительные болты, снять крышку редуктора и крышки подшипниковых узлов 2; ознакомиться с внутренним устройством редуктора и назначением деталей (с наименованием деталей ознакомиться по спецификации чертежа), обратить внимание на способ смазки зацепления и подшипников; снять входной 3, промежуточный 4 и выходной 5 валы редуктора с деталями и подшипниками, установленными на них; измерить угол  $\beta$  наклона зубьев непосредственно по диаметру выступом с помощью универсального угломера (рис. 3.6, *а*) или по отпечаткам зубьев на бумаге (рис. 3.6, *б*), предварительно нанеся на них тонкий слой краски.
3. После выполнения всех замеров, необходимых для заполнения табл. 3.2 отчета и уяснения внутренней конструкции редуктора, собрать редуктор до установки крышки корпуса, проверить качество (плавность) зацепления колес, установить крышку и закрепить ее болтами.
4. Составить и вычертить в масштабе кинематическую схему редуктора в соответствии с требованиями ГОСТ 2.402—68 (СТ. СЭВ 286—76).
5. Составить характеристику редуктора по его параметрам и схеме, дать сравнительную оценку данной конструкции с другими однотипными конструкциями, сравнить параметры данного редуктора с параметрами по ГОСТ 2185—78.

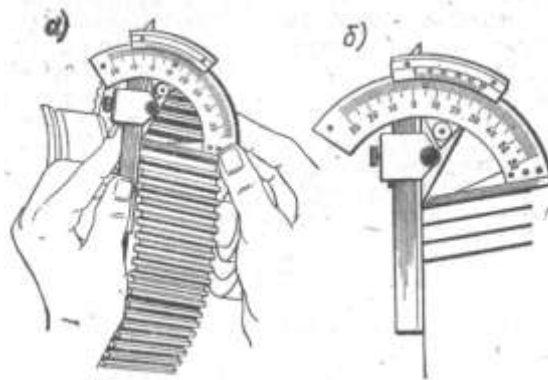
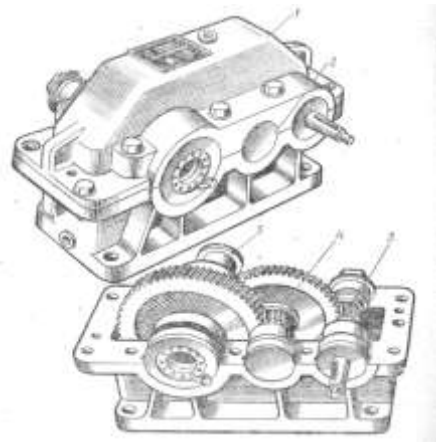


Рисунок. 3.6 Метод измерения зубьев  
**Форма представления результата:**

Таблица 2. Основные размеры и параметры исследуемого редуктора.

Наименование параметра и его единица	Обозначение	Способ определения	Результаты измерений и вычислений	
			быстроходная ступень	тихоходная ступень
Число зубьев шестерни	$z_1$	Сосчитать		
Число зубьев колеса	$z_2$	»		
Передаточное число ступени	$u_1$	$u_1 = z_2/z_1$		
Общее передаточное число редуктора	$u_{общ}$	$u_{общ} = u_1 \cdot u_2$		
Межосевое расстояние	$a_w$	Измерить		
Угол наклона зуба по вершинам, град	$\beta_a$	См. рис. 3.6		
Угол наклона зуба по делительному диаметру, град	$\beta$	$\beta = \arctg \frac{z_1}{z_1 + 2} \operatorname{tg} \beta_a$		
Модуль нормальный, мм	$m_n$	$m_n = \frac{2 a_w}{(z_1 + z_2)} \cos \beta$		
Модуль торцовый, мм	$m_t$	$m_t = m_n / \cos \beta$		
Делительный диаметр, мм	$d_1$	$d_1 = m_t z_1$		
	$d_2$	$d_2 = m_t z_2$		
Диаметры вершин зубьев, мм	$d_{a1}$	$d_{a1} = d_1 + 2m$		
	$d_{a2}$	$d_{a2} = d_2 + 2m$		
Ширина венцов колес, мм	$b_1$	Измерить		
	$b_2$			

Примечание:

Межосевое расстояние сравнить со стандартным для данного типа редуктора. 2. Модуль зацепления округлить до ближайшего значения по СТ СЭВ 310—76. 3. Если

редуктор одноступенчатый, то  $U_{\text{общ}} = U_1$

1. Заданный редуктор является одноступенчатым зубчатым редуктором с цилиндрическими колесами.

Число зубьев  $z_1=28$ ,  $z_2=84$

Передаточное число редуктора

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{84}{28} = 3.$$

Паспортная передаваемая мощность  $F=5$  кВт при  $n_1=500$  об/мин.

2. Редуктор состоит из следующих основных частей:

корпус с крышкой — базовая деталь, служит для установки всех остальных деталей, изготовлен из чугуна, литьем;

зубчатые колеса, стальные, закаленные;

валы (быстроходный и тихоходный);

подшипники, шариковые радиальные — являются опорами;

шпонки — служат для соединения колес с валом;

распорные втулки — служат для предотвращения осевого смещения колес;

сальники — служат для предотвращения вытекания масла;

крышки подшипников;

крепежные детали (болты, гайки, шайбы);

пробка отдушины;

крышка люка;

рым-болт;

масломерное устройство (жезл);

маслосливная пробка.

В ы в од: В результате проделанной работы изучили устройство зубчатого редуктора и назначение его деталей.