

Министерство образования и науки Украины

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

# ЧЕРЧЕНИЕ

*учебно-методическое пособие  
для иностранных студентов*

Харьков 2008



Министерство образования и науки Украины

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

# ЧЕРЧЕНИЕ

*учебно-методическое пособие  
для иностранных студентов*

Харьков 2008

УДК 744:004+811.161.1 (075.8)  
ББК 30.11я73+32.973я73+81.2Р-96

**Рецензенты:** **В.Е. Михайленко**, заслуженный деятель науки Украины, д.т.н., профессор кафедры начертательной геометрии, инженерной и машинной графики Киевского национального университета строительства и архитектуры.

**В.Ф. Ткаченко**, завідувач кафедри інженерної та комп'ютерної графіки Харківського національного університету радіоелектроніки, к.т.н., професор.

**ЧЕРЧЕНИЕ: Учебно-методическое пособие для обучения иностранных студентов** /Черников А.В., Бирина А.Д., Демьянова В.Г. – 2<sup>е</sup> изд., перераб. и доп. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 174 с.

Учебно-методическое пособие содержит базовый языковой и специальный материал, необходимый для деятельности учащихся на начальном этапе овладения специальной терминологией по дисциплинам: черчение (основы инженерной графики) и начертательная геометрия. В пособие включены грамматические упражнения, речевые образцы, тексты, диалоги, вопросы и задачи. Материал подобран в соответствии с программой дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» и адаптирован для студентов-иностранцев.

Пособие предназначено для студентов-иностранцев подготовительных факультетов технической специализации.

Навчально-методичний посібник містить базовий мовний і спеціальний матеріал, необхідний для діяльності учнів на початковому етапі оволодіння спеціальною термінологією по дисциплінах: креслення (основы інженерної графіки) і нарисна геометрія. У посібник включені граматичні вправи, мовні зразки, тексти, діалоги, питання і задачі. Матеріал підібраний відповідно до програми дисципліни «Інженерна і комп'ютерна графіка» і адаптований для студентів-іноземців.

Посібник призначений для студентів-іноземців підготовчих факультетів технічної спеціалізації.

© Авторы составители: Черников А.В.,  
Бирина А.Д., Демьянова В.Г., 2002,  
переработано и дополнено – 2004, 2008.

© Компьютерный набор, оформление оригинал-макета Черников А.В.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие содержит упражнения и тексты для развития навыков использования научной терминологии по дисциплине, а также упражнения и задачи по основным геометрическим понятиям, разделам геометрического и проекционного черчения, основам начертательной геометрии.

Учебное пособие составлено в соответствии с программой по курсу черчения для студентов-иностранцев подготовительного факультета. Содержит задачи и упражнения для самостоятельной работы студентов, а также опорные конспекты по темам курса. В основу пособия положены методика и материалы, разработанные в [1].

Опорные конспекты по разделам курса и контрольные вопросы предназначены для закрепления учебного материала. Приведены примеры выполнения домашних графических работ.

Выполнение данных учебных заданий ставит своей целью приобретение и развитие студентами навыков в применении научной терминологии дисциплины «Инженерная и компьютерная графика», построении изображений, развитии пространственных представлений, ознакомлении с основными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) по выполнению и оформлению чертежей.

Каждый раздел состоит из языковых упражнений, текстов и вопросов к ним, графических упражнений и домашних задач. Для выполнения упражнений по данной теме студент должен изучить соответствующий теоретический материал по данному пособию и приведенной литературе.

Все чертежи выполняются чертежными инструментами. Ответы на вопросы даются письменно. Надписи на чертежах выполняются стандартным шрифтом.

Предназначено для аудиторной и самостоятельной работы студентов-иностранцев подготовительного факультета.

## Принятые условные обозначения

Фигуры	Обозначение	
	Фигура в пространстве	Проекция фигуры
Точка	$A, B, C$	$A_1, B_2, C_3, A^0$
Прямая (линия)	$a, b, AB$	$a_1, a_2, b_1, b_2,$ $A_1B_1, A_2B_2$
Кривая (линия)	$a, b, ABC$	$a_1, a_2, \dots,$ $A_1B_1C_1, A_2B_2C_2, \dots$
Поверхность (в том числе плоскость)	$\Sigma, \Omega, \Psi$	$\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Omega_1, \Omega_2, \dots,$ $\Psi_1, \Psi_2, \dots$
Пространство	$\mathcal{R}^3$	
Плоскость проекций	$\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi'$	
Оси проекций	$x, y, z$	
Оси координат	$x, y, z$	
Координаты	$X, Y, Z$	
Начало координат	$O$	$O_{123}$
Углы	$\alpha, \beta, \gamma, \psi$	

Равно	=	Не равно	$\neq$
Следовательно	$\Rightarrow$	Равносильно	$\Leftrightarrow$
Больше	>	Меньше	<
Угол	$\sphericalangle$	Угол 90° (прямой)	$\perp$
Перпендикулярно	$\perp$	Не перпендикулярно	$\nperp$
Параллельно	$\parallel$	Не параллельно	$\nparallel$
Пересечение	$\cap$	Объединение	$\cup$
Скрещивание (прямых)	$\div$	Совпадение	$\equiv$
Принадлежит	$\in$	Не принадлежит	$\notin$
Произвольный, любой	$\forall$	Существует	$\exists$
Треугольник	$\Delta$	Градус	$^\circ$
Видимая точка	$\circ$	Невидимая точка	$\bullet$ или $\times$

# ОСНОВЫ ГРАФИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ

## **Введение**

### **Предтекстовые задания.**

- 1) Определите по словарю значения слов:  
инженер, конструктор, чертёж, черчение, деталь, графика, изображение, проекция, наглядный, точка, линия, прямая, плоскость, поверхность, пространство.
- 2) Выполните по образцу:  
**Образец:** чертёж – чертёжный  
графика – компьютер –  
инженер – основа –  
конструктор –
- 3) Запомните синонимы:  
ГОСТ – государственный стандарт  
документация – документы черчение – графика  
разрабатывать – выполнять основной – главный
- 4) Выполните по образцу:  
**Образец:** выполнять чертёж – выполнение чертежа  
изображать деталь – ...  
читать чертёж – ...  
изучать черчение – ...  
построить график – ...
- 5) Прочитайте текст. Ответьте на вопросы:  
Что изучают на уроках черчения?  
Что такое ГОСТ?

Чертеж – это такое изображение предмета, по которому этот предмет можно изготовить. Рисунок и фотография – тоже изображения предмета, но по ним невозможно точно определить его размеры и форму.

На уроках по черчению (основам инженерной и компьютерной графики) студенты изучают правила выполнения чертежей. Они учатся читать и самостоятельно разрабатывать чертежи основных деталей.

Чертежи выполняют по определенным правилам – стандартам ГОСТ ЕСКД (государственный стандарт единой системы конструкторской документации).

На рис. 1 показано наглядное изображение детали и её чертёж.

Наглядное  
изображение  
детали

Чертёж  
детали

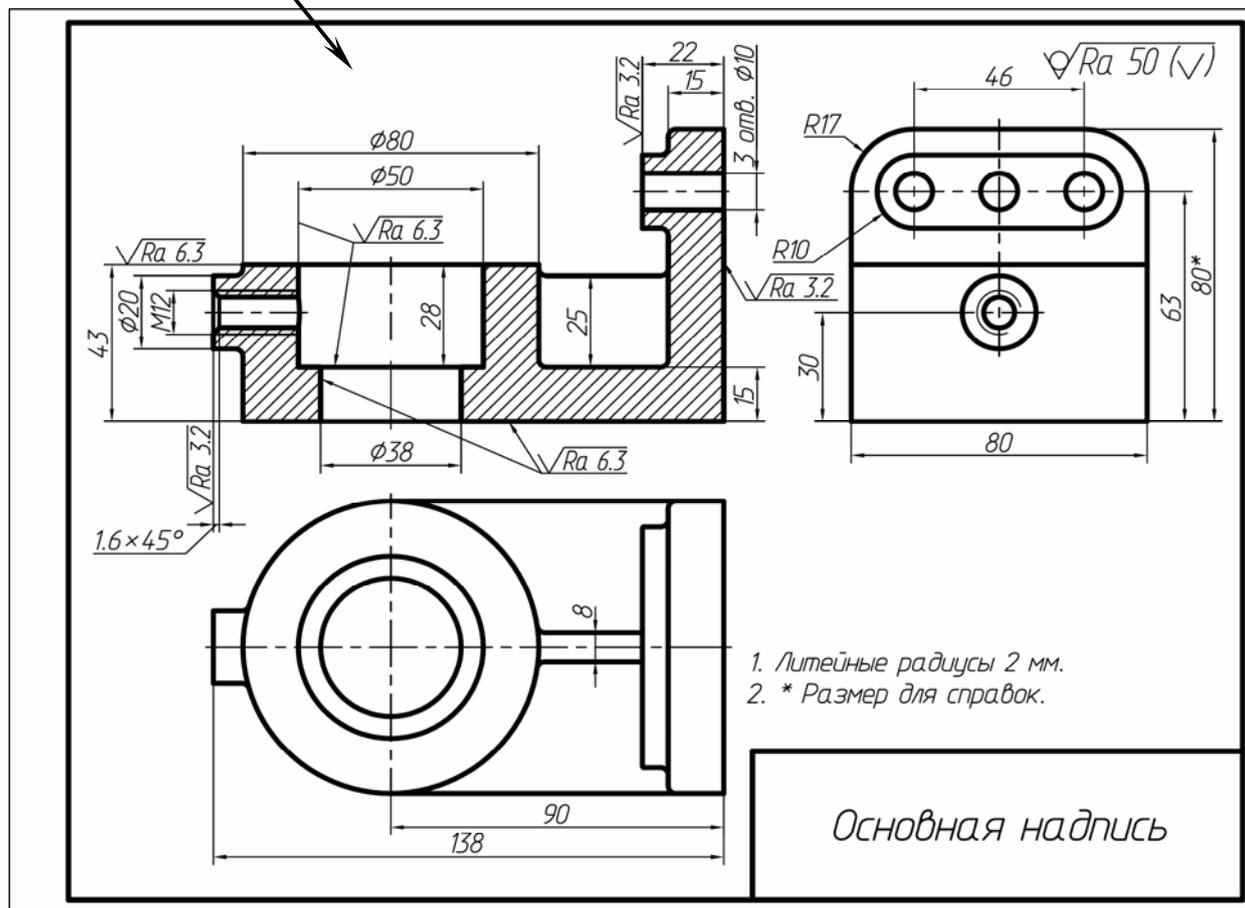
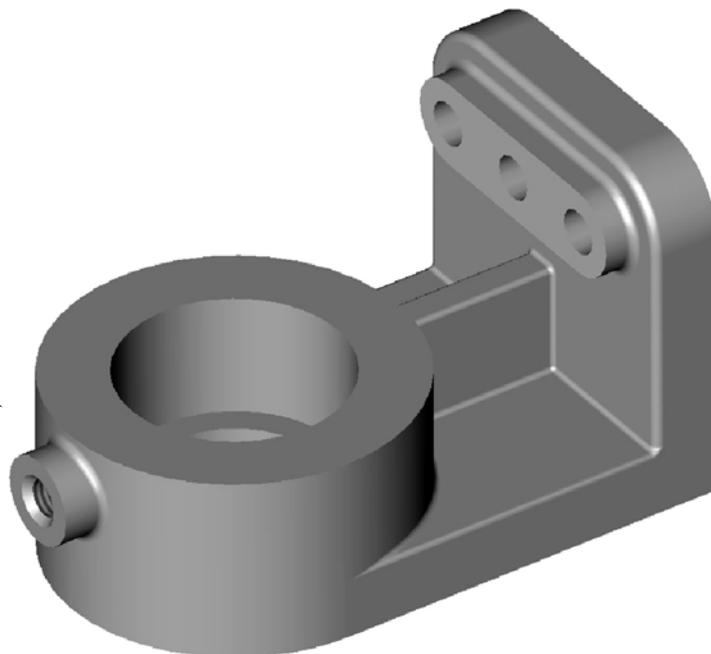
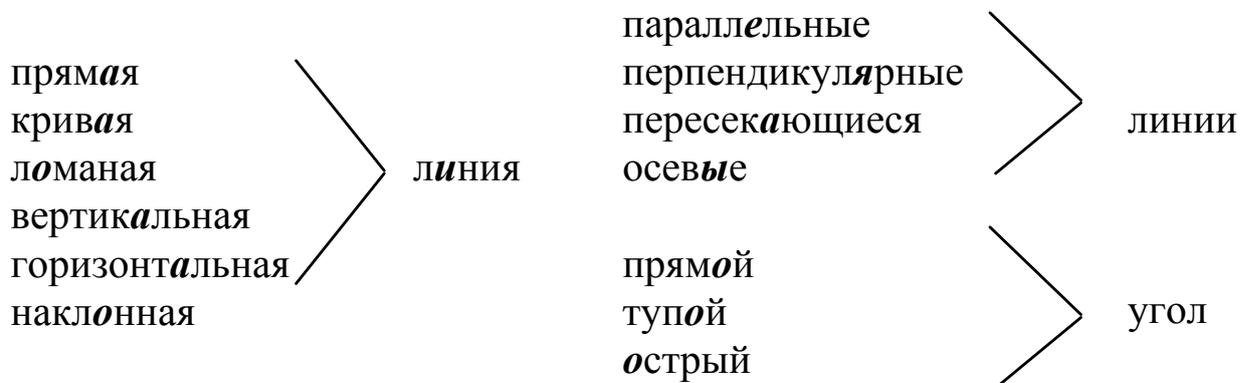


Рис. 1

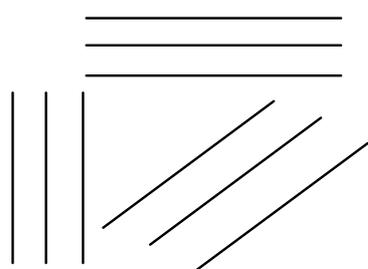
## § 1. Линии

1) Посмотрите на рисунки и скажите, понятно ли Вам значение слов: линия, ось, угол, окружность, круг, дуга.

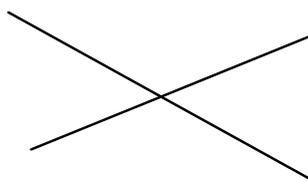
2) Запомните словосочетания:



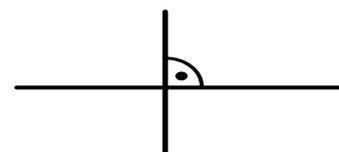
Линии бывают *прямые*, *кривые* и *ломаные*. Прямая может быть горизонтальной, вертикальной *или* наклонной (общего положения).



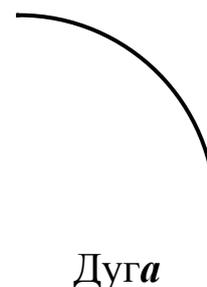
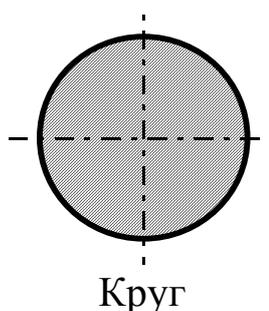
Параллельные  
прямые

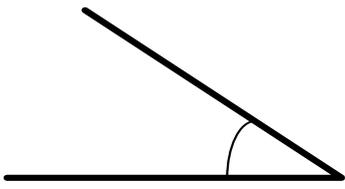


Пересекающиеся  
прямые

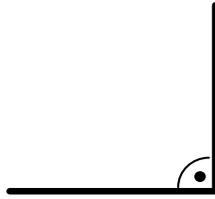


Взаимно-перпендикулярные  
прямые





Острый угол



Прямой угол



Тупой угол

3) Графические упражнения:

Постройте все линии и геометрические фигуры, изображённые на рисунках.

**§ 2. Чертёжные инструменты.**

**Предтекстовые задания:**

- 1) Запомните названия чертёжных инструментов (рис. 2 – 11)  
карандаш, линейка, циркуль, резинка (ластик),  
кронциркуль, удлинитель, рейсфедер, угольник,  
рейсшина, транспортир, лекало, кнопка.

Циркуль

Циркуль-измеритель

Кронциркуль

Удлинитель

Рейсфедер

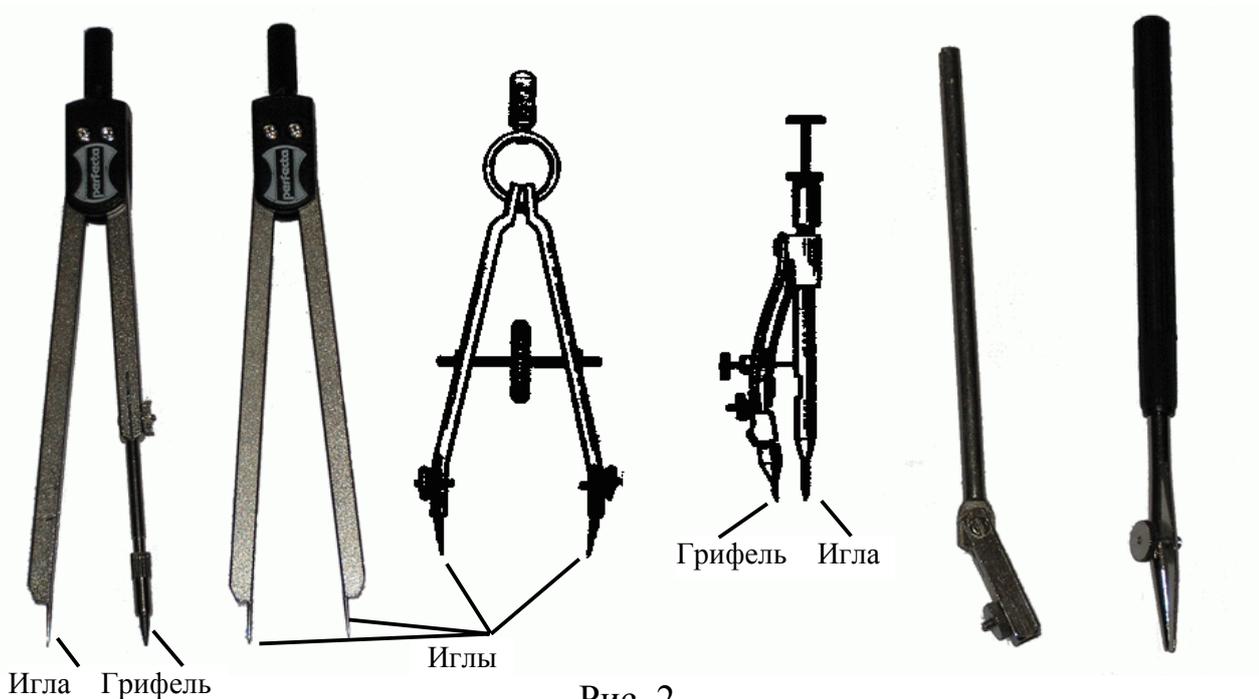


Рис. 2

Чертежные инструменты лежат в готовальне



Рис. 3

Карандаши

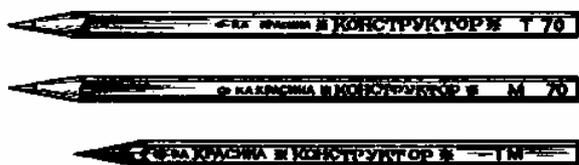


Рис. 4

Линейка



Рис. 6

Рейсшина



Рис. 7

Цанговый карандаш



Рис. 5

Угольники

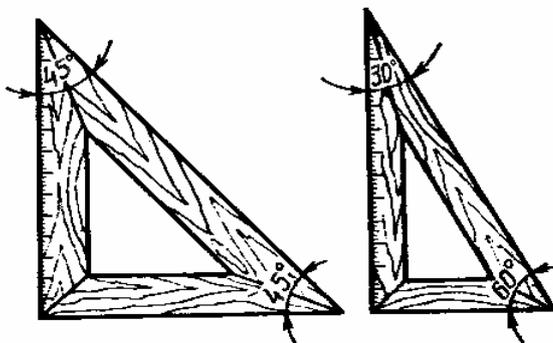


Рис. 8

Лекала

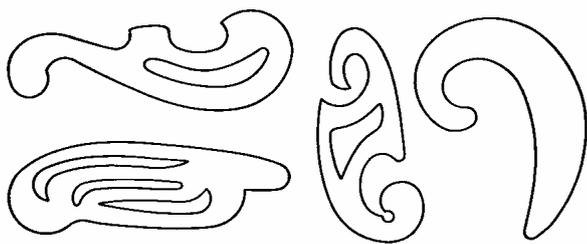


Рис. 9

Транспортир

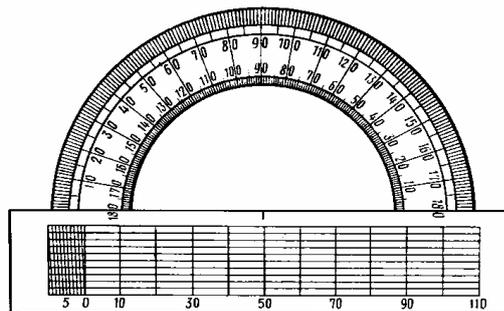


Рис. 10

Резинка (ластик)

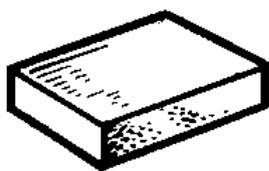


Рис. 11

- 2) Обратите **внимание**:  
Готовальня – футляр с чертёжными инструментами.
- 3) Обратите **внимание** на однокоренные слова:  
чертёж, черчение, чертёжный, чертить.
- 4) Определите, понятны ли Вам словосочетания:  
чертёжная доска  
чертёжная бумага  
чертёжные инструменты  
чертёжные принадлежности
- 5) Обратите **внимание** на синонимичные конструкции:  
построить прямую **линию** = построение прямой **линии**  
заточить карандаш = заточка карандаша  
измерить расстояние = измерение расстояния  
отложить расстояние = откладывание расстояния
- 6) Запомните словосочетания:  
твёрдый карандаш      мягкий карандаш

7) Прочитайте текст.

Чертежи выполняют с помощью чертежных инструментов (рис. 2-11). Карандаши бывают: твёрдые (Т; 2Т; 3Т; Н; 2Н; 3Н), мягкие (М; 2М; В; 2В), средние (ТМ; НВ; F). Чертежная бумага лежит на чертежной доске. Кнопки закрепляют чертежную бумагу на доске (рис. 12). Карандаш должен быть правильно заточен (рис. 13).

Горизонтальные прямые чертят с помощью рейсшины (рис. 14). Вертикальные (рис. 15) и наклонные (рис. 16) прямые чертят с помощью рейсшины и угольника.

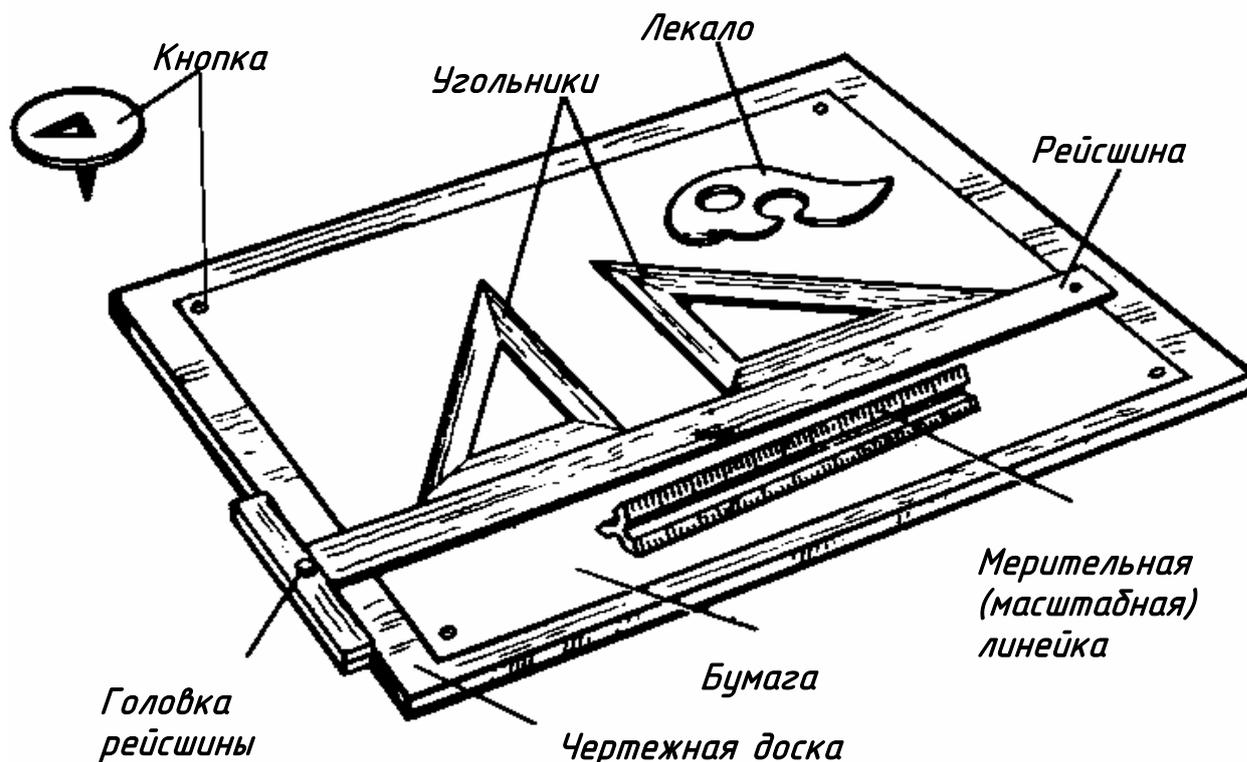
Кривые чертят с помощью лекала (рис. 17).

Угол измеряют с помощью транспортира (рис. 18).

Окружность чертят с помощью циркуля. Как держать циркуль, показано на рис. 19. Маленькие окружности чертят с помощью кронциркуля. Держать кронциркуль надо так (рис. 20). Большие окружности чертят с помощью циркуля и удлинителя (рис. 21).

Расстояния измеряют с помощью измерителя и линейки (рис. 22).

#### Чертежная доска и принадлежности



Чертежная доска

Рис. 12

Построение горизонтальных и вертикальных прямых

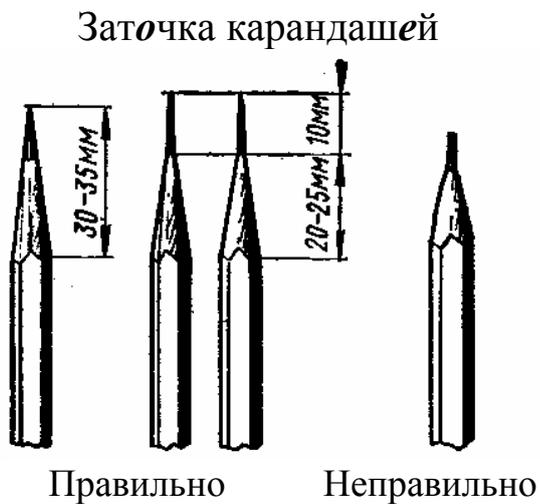


Рис. 13

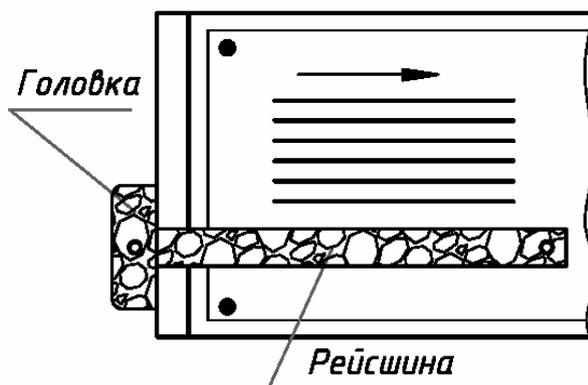


Рис. 14

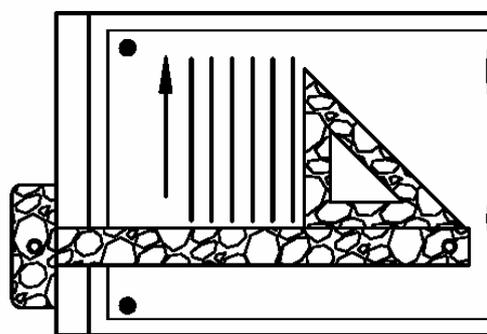


Рис. 15

Построение наклонных прямых

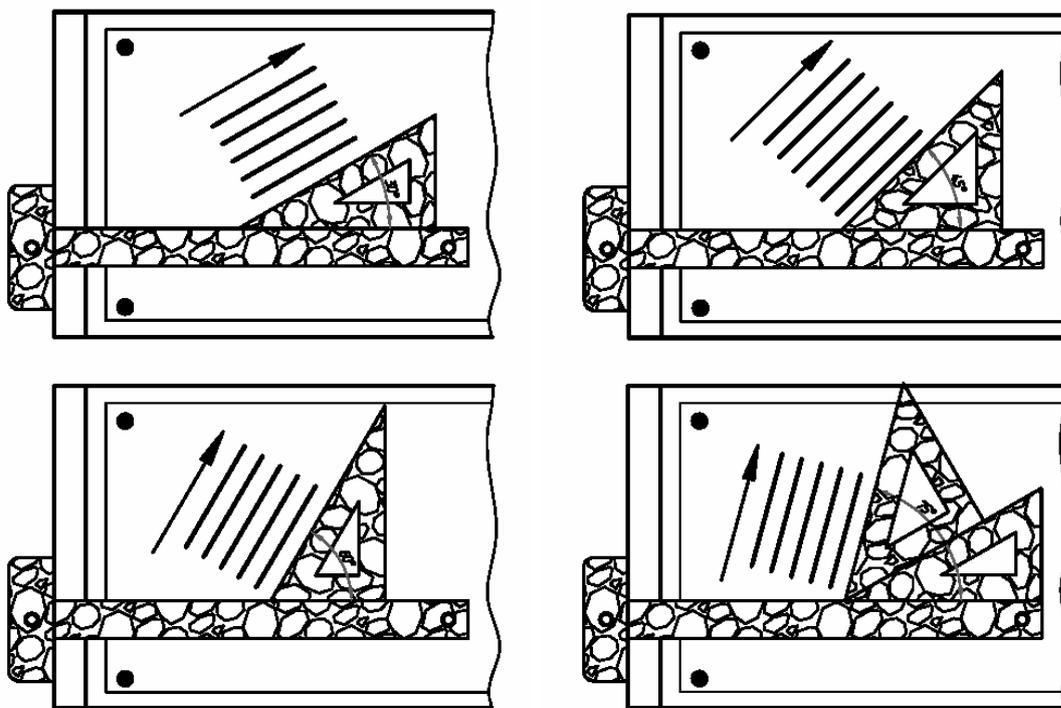


Рис. 16

Построение кривых

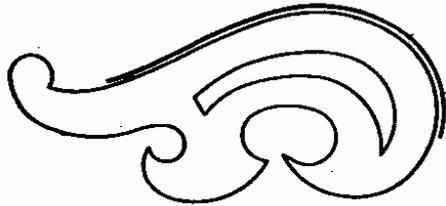


Рис. 17

Построение углов

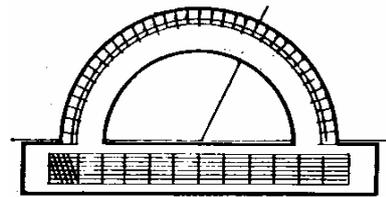


Рис. 18

Построение окружностей

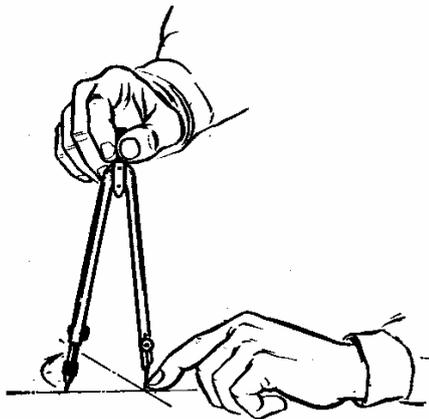


Рис. 19

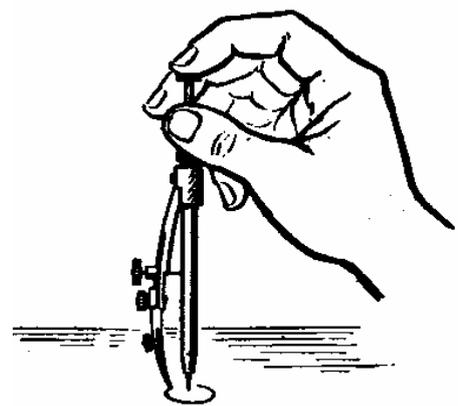


Рис. 20

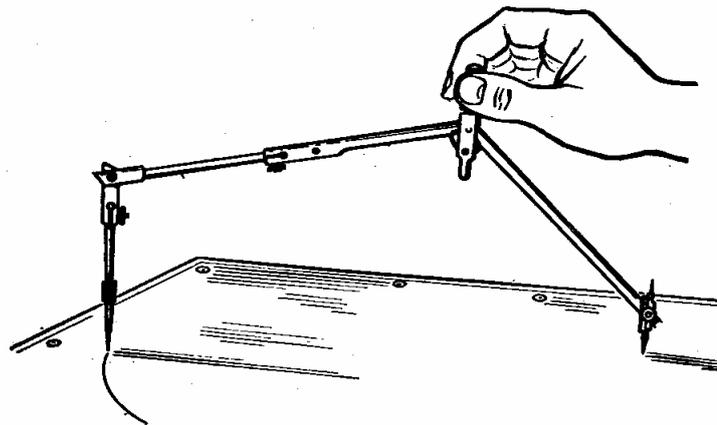


Рис. 21

Измерение и откладывание расстояний

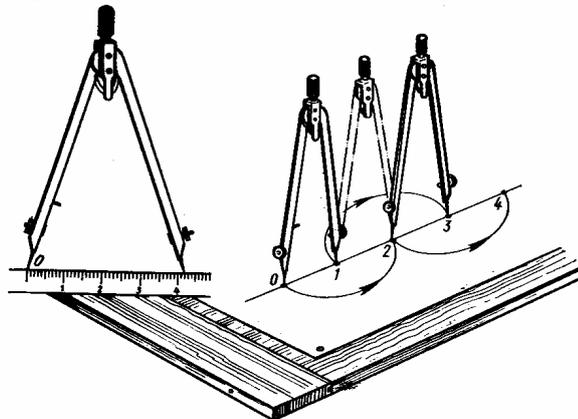


Рис. 22

### Послетекстовые задания:

8) Закончите фразы:

горизонтальные прямые  
наклонные прямые  
кривые  
окружность  
большую окружность  
чертежи

чертят с помощью

рейсшины



...  
...  
...  
...  
...

9) Ответьте на вопросы:

1. Какие бывают карандаши?
2. Где лежит чертёжная бумага?
3. С помощью чего закрепляют на чертёжной доске бумагу?
4. С помощью чего измеряют и откладывают расстояния?
5. С помощью чего измеряют углы?

### **§ 3. Прямые линии.**

#### Предтекстовые задания:

1) Определите значения слов:

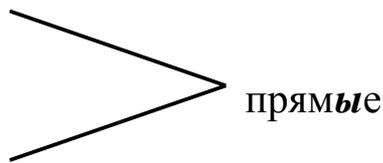
отрезок, луч, произвольный, взаимный

2) Запомните словосочетания:

параллельные

пересекающиеся

перпендикулярные



3) Запомните синонимы:

проводить линию – чертить линию

4) Обратите внимание на однокоренные слова:

пересекаться, пересекающиеся, пересечение.

5) Прочитайте текст. Ответьте на вопросы:

Что такое отрезок? Что такое луч?

Точка и прямая – основные понятия геометрии на плоскости. Прямая линия бесконечна; через любые две точки плоскости можно провести прямую, причём только одну.

Линии обозначают строчными буквами латинского алфавита –  $a, b, c, d...$  Точки обозначают прописными буквами латинского алфавита –  $A, B, C, D...$

На рис. 23 показаны ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПРЯМЫЕ. Расстояние между параллельными прямыми одинаково в любом месте. Параллельные прямые обозначают  $a \parallel b$ .

На рис. 24 показаны ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПРЯМЫЕ. Они имеют одну общую точку  $K$ . Пересекающиеся прямые обозначают  $a \cap b = K$ .

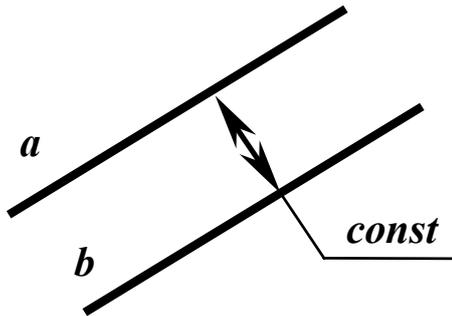


Рис. 23.  $a \parallel b$ .

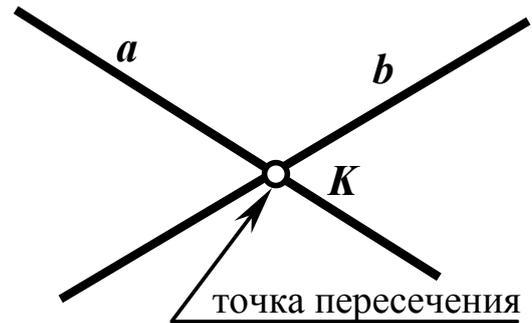


Рис. 24.  $a \cap b = K$ .

Если пересекающиеся прямые образуют прямой угол, – это взаимно-перпендикулярные прямые (рис. 25). Прямая  $a$  есть перпендикуляр к прямой  $b$ . Прямая  $b$  есть перпендикуляр к прямой  $a$ . Такие прямые обозначаются  $a \perp b$  или  $b \perp a$ .

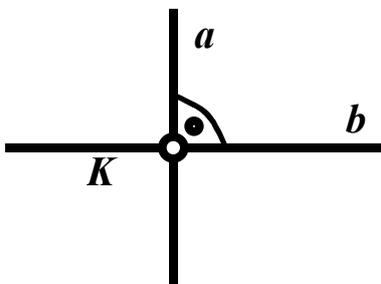
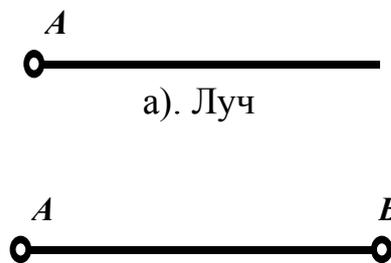
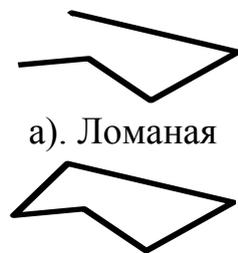


Рис. 25.  $a \perp b, b \perp a$ .



б). Отрезок  $AB$   
Рис. 26



б). Замкнутая ломаная  
Рис. 27

ЛУЧ (полупрямая) – часть прямой, ограниченная точкой  $A$  (рис. 26, а). ОТРЕЗОК – часть прямой линии между точками  $A$  и  $B$  (рис. 26, б). Линия, состоящая из нескольких отрезков, никакие два соседние из которых не лежат на одной прямой, называется ЛОМАНОЙ (рис. 27, а). Если концы ломаной совпадают, – она называется ЗАМКНУТОЙ (рис. 27, б).

### Послетекстовые задания:

- 6) Обратите внимание на слова, которые используются при формулировании условий задач и их решении.

Дано ..... (точка, прямая, отрезок)  
Берём ..... (точку, прямую, отрезок)  
Проводим ..... (прямую, дугу, окружность)  
Получаем ..... (точку, прямую, отрезок).

- 7) Решите предложенные задачи. Расскажите о своём решении по схеме:

*дано – берем – проводим – получаем.*

Параллельные прямые.

**Задача 1.** Точка  $A$  не лежит на прямой  $a$ . Через точку  $A$  провести прямую  $b$ , параллельную прямой  $a$ .

Задача может быть решена несколькими способами.

- 1). Построение прямой с помощью угольника и линейки показано на рис. 28.

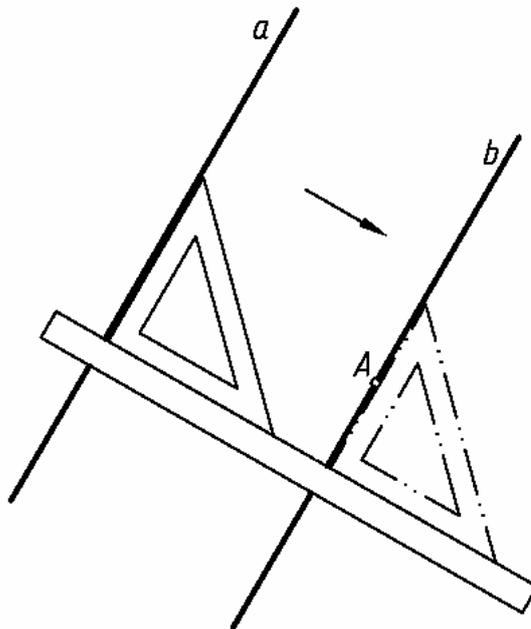


Рис. 28

2). Последовательность построения такой прямой с помощью циркуля и линейки показана на рис. 29.

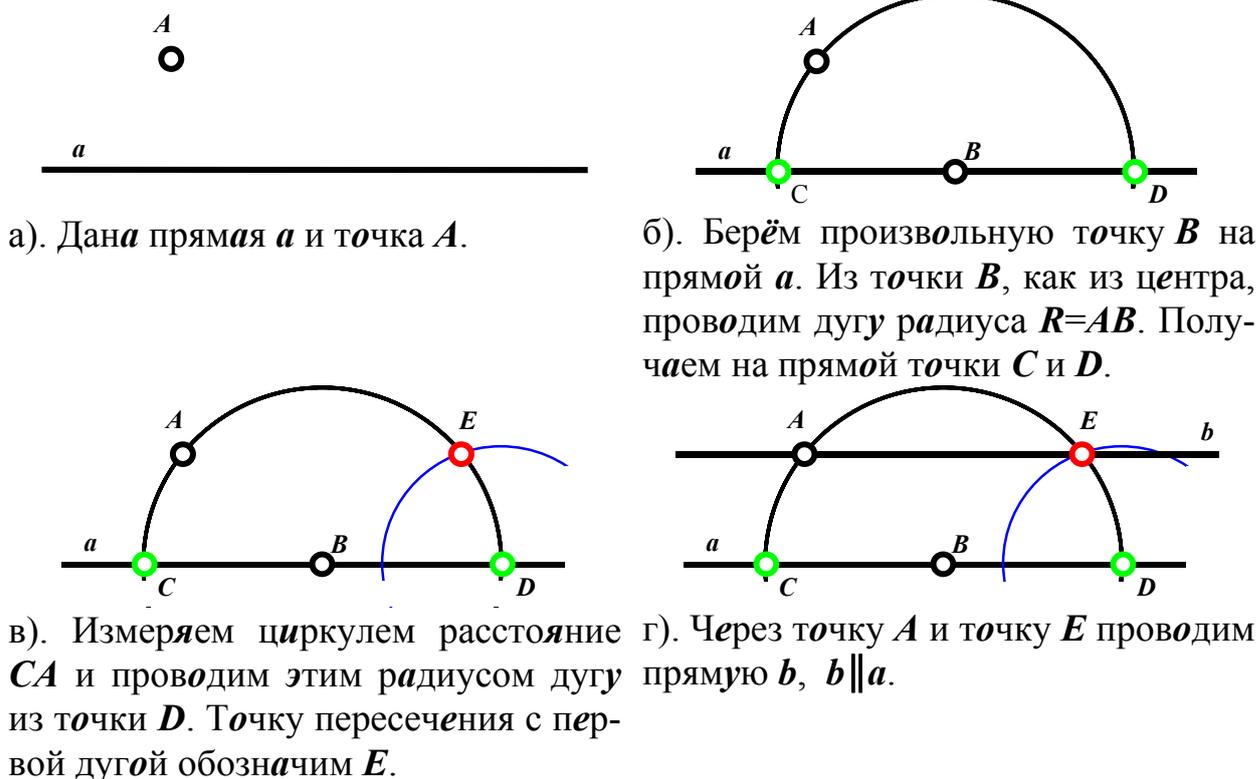


Рис. 29

### Перпендикулярные прямые.

**Задача 2.** Из точки  $A$  опустить перпендикуляр к прямой  $a$  (рис. 30).

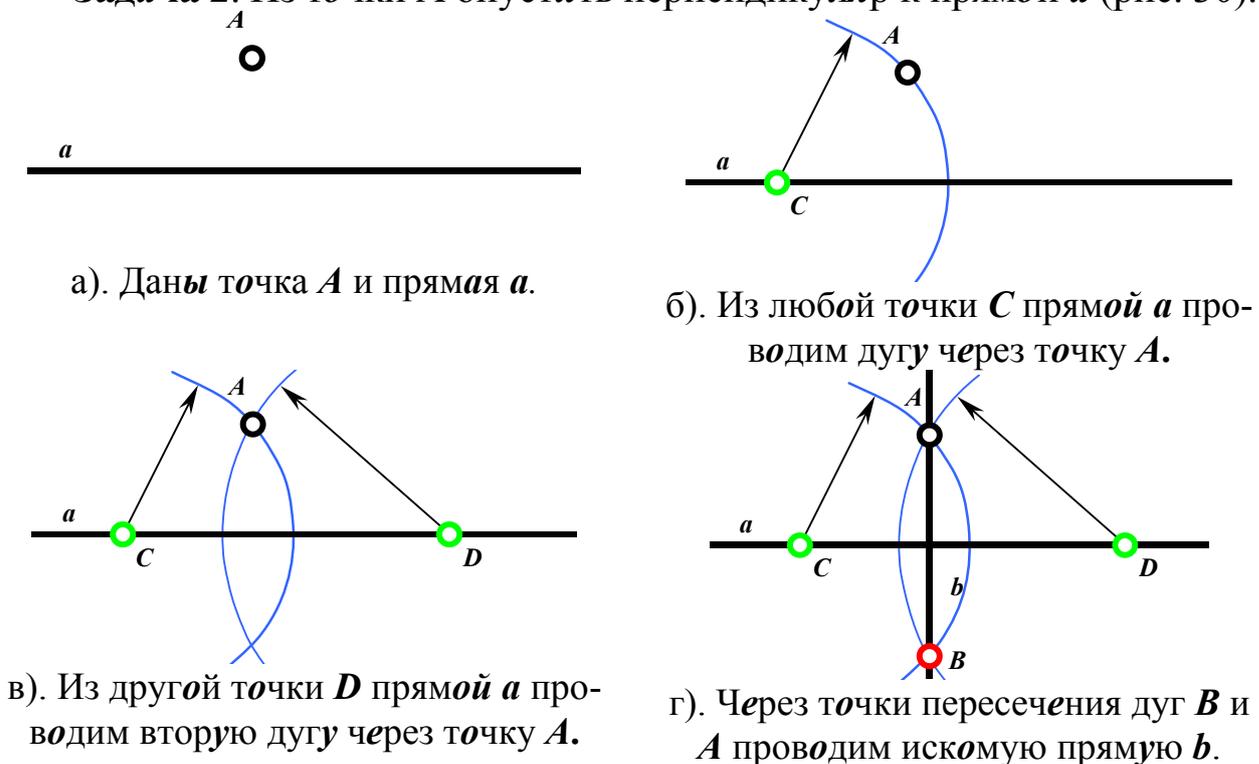
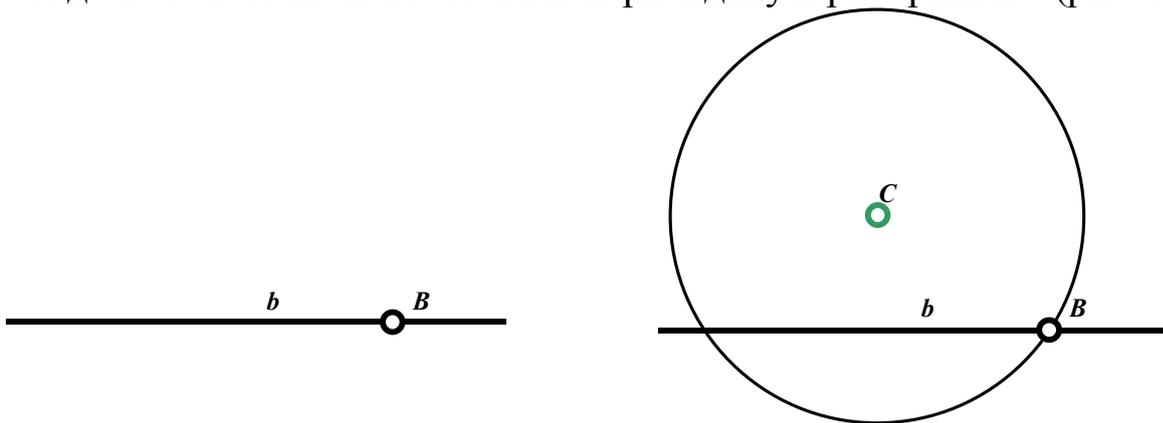


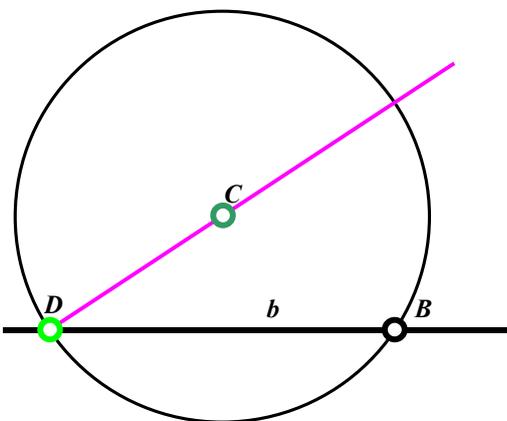
Рис. 30

**Задача 3.** В точке  $B$  восстановить перпендикуляр к прямой  $b$  (рис. 31).

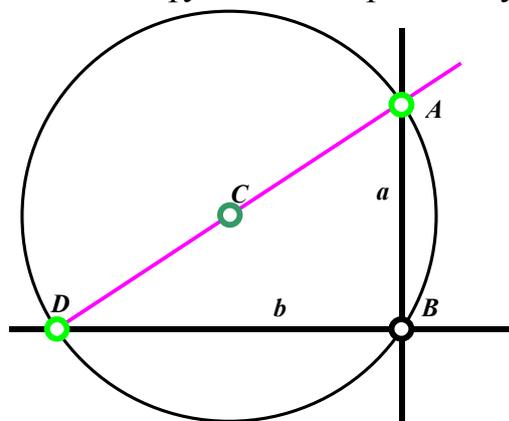


а). Даны точка  $B$  и прямая  $b$ .

б). Из любой точки  $C$  вне прямой  $b$  проводим окружность через точку  $B$ .



в). Определяем точку  $D$  и проводим луч  $[DC)$ .



г). Определяем точку  $A$  и проводим искомую прямую  $AB \perp b$ .

Рис. 31

**Задача 4.** Разделить отрезок  $AB$  на две равные части (рис. 32).

- 1) Дан отрезок  $AB$ .
- 2) Из центра  $A$  проводим дугу радиуса  $R$ . Из центра  $B$  проводим дугу радиуса  $R$ . Радиус  $R$  берём произвольно, но так, чтобы  $R > |AB|/2$ . Получаем точки  $C$  и  $D$ , отрезок  $CD \perp AB$ .
- 3)  $CD \cap AB = K$ . Точка  $K$  делит отрезок  $AB$  на две равные части  $AK = KB$ .

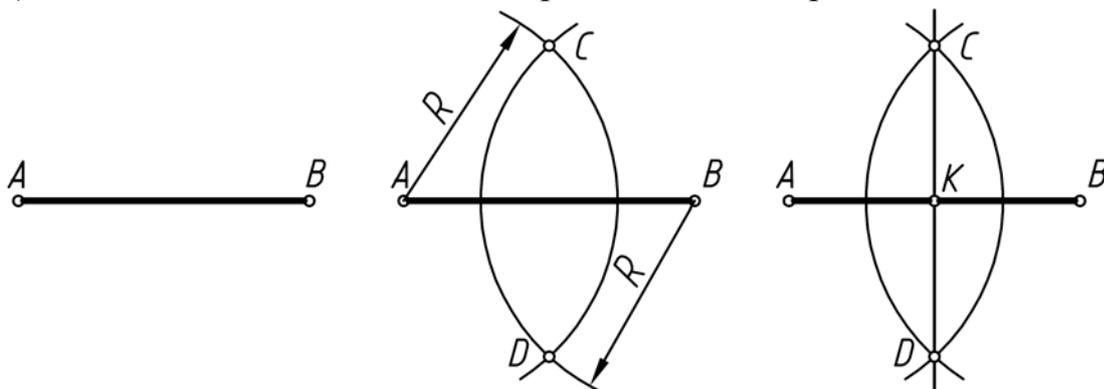


Рис. 32

**Задача 5.** Разделить отрезок  $MN$  на пять равных частей (рис. 33).

Решение основано на известном свойстве отрезков, отсекаемых параллельными прямыми. Если на одной стороне угла (рис. 34) отложить равные отрезки  $[AB] = [BC] = [CD]$  и через их концы провести параллельные прямые  $BE \parallel CF \parallel DQ$ , пересекающие другую сторону угла, то и на ней отложатся равные между собой отрезки  $[AE] = [EF] = [FQ]$ . Верно и обратное: если  $[AB] = [BC] = [CD]$  и  $[AE] = [EF] = [FQ]$ , то  $BE \parallel CF \parallel DQ$ .

Для решения проведём из точки  $M$  произвольный луч и отложим на нем циркулем пять равных отрезков  $[M1]$ ,  $[12]$ ,  $[23]$ ,  $[34]$ ,  $[45]$ . Последнюю полученную точку  $5$  соединим с точкой  $N$ . Через точки  $1, 2, 3$  и  $4$  проведём прямые, параллельные прямой  $N5$ . Отрезок  $MN$  будет разделён на пять равных частей.

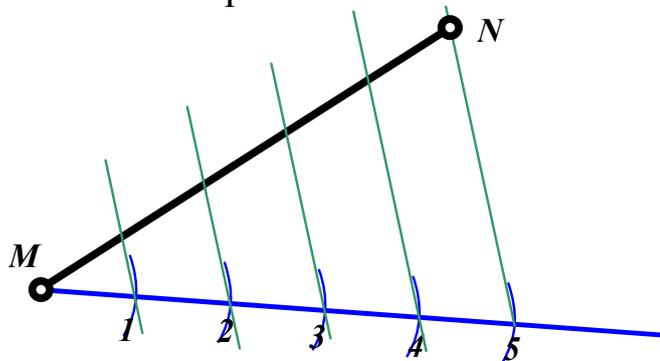


Рис. 33

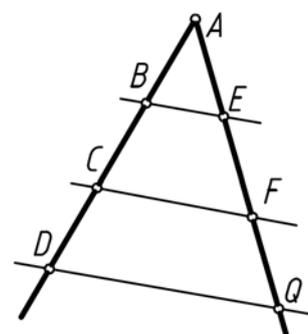


Рис. 34

**Задача 6.** Разделить отрезок  $AB$  в отношении 1:2.

*Указание.* Для решения задачи на отрезке  $AB$  необходимо найти точку  $C$ , удовлетворяющую условию:  $|AC|/|CB| = 1/2$ , то есть отрезок  $AB$  надо разделить на три равные части.

## § 4. Углы.

### Предтекстовые задания:

1) Запомните словосочетания:

построить <	угол биссектрису прямую окружность и т.п.	построение <	угла биссектрисы прямой окружности и т.п.
проводить <	дугу прямую окружность и т.п.	проведение <	дуги прямой окружности и т.п.

2) Прочитайте текст. Ответьте на вопрос: Что такое биссектриса?

Два луча, которые выходят из одной точки, образуют УГОЛ (рис. 35). Каждый луч называется СТОРОНОЙ угла, их общая точка – ВЕРШИНОЙ угла.

Угол может быть острым, прямым, тупым и развёрнутым. Величина угла измеряется в градусах или радианах.

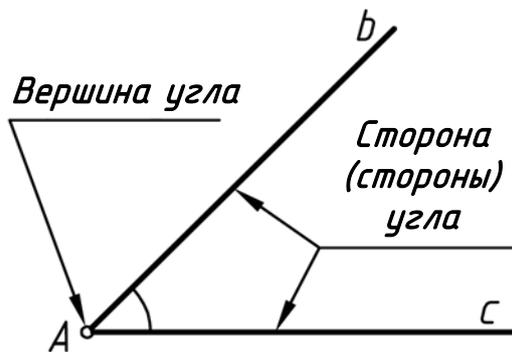


Рис. 35

Острый угол меньше  $90^\circ$  или меньше  $\pi/2$  радиан (рис. 36, а).

Прямой угол равен  $90^\circ$  или  $\pi/2$  радиан (рис. 36, б).

Тупой угол больше  $90^\circ$  или больше  $\pi/2$  радиан (рис. 36, в).

Развернутый угол равен  $180^\circ$  или  $\pi$  радиан (рис. 36, г).

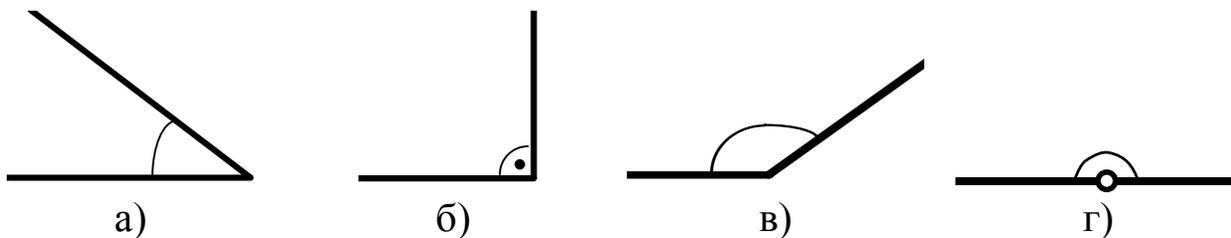


Рис. 36

Две пересекающиеся прямые образуют четыре угла (рис. 37). Два угла, стороны одного из которых являются продолжениями сторон другого, называются ВЕРТИКАЛЬНЫМИ (углы 1 и 3, 2 и 4). Два угла, у которых одна сторона общая, а две другие составляют прямую линию, называются СМЕЖНЫМИ (углы 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4, 4 и 1).

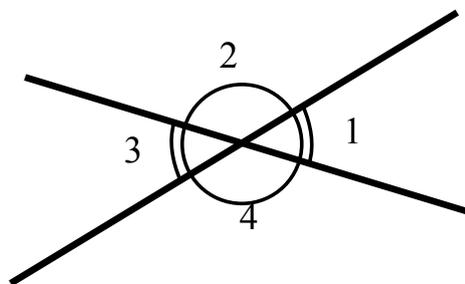


Рис. 37

С помощью транспортира можно построить любой угол (рис. 38).

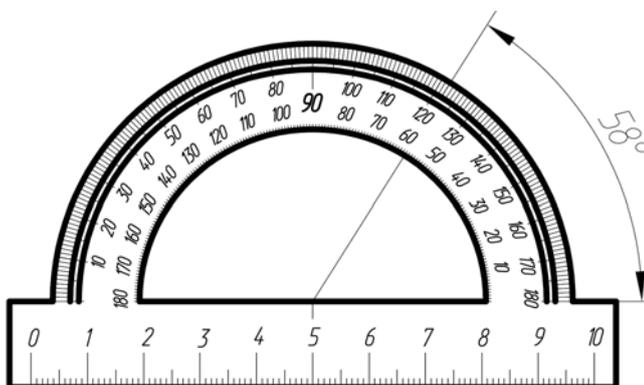


Рис. 38

Чтобы построить углы в  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $105^\circ$ , можно использовать угольники (рис. 39).

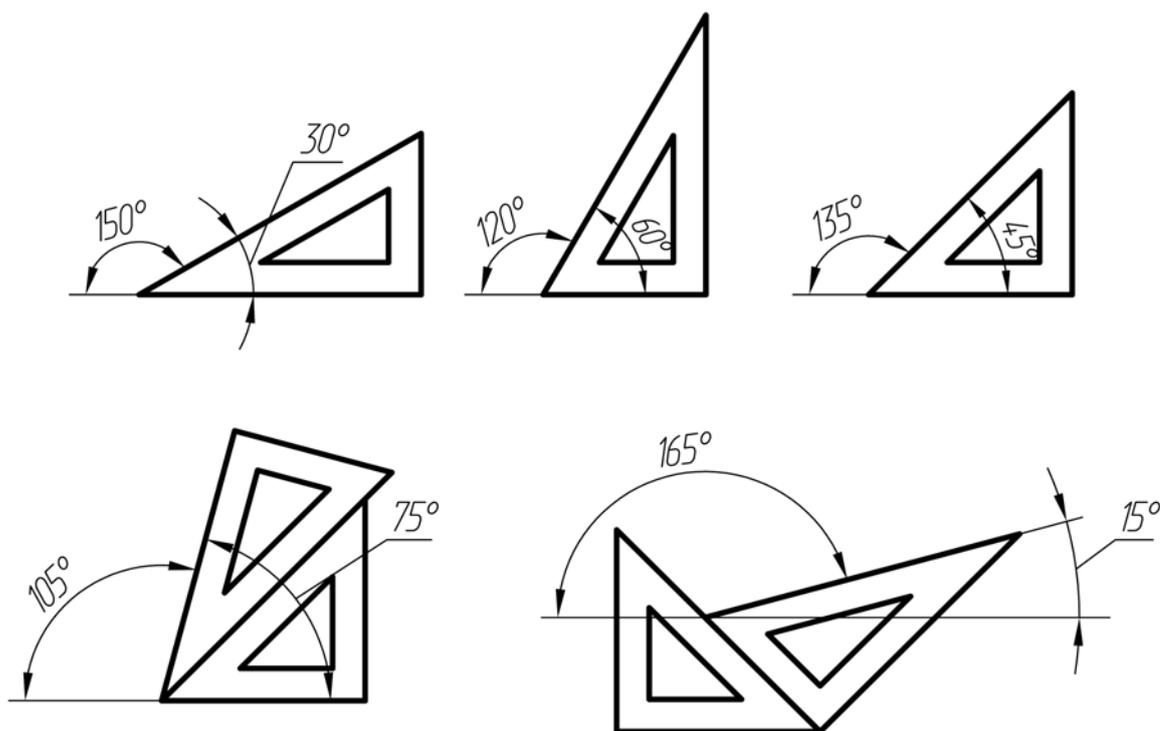


Рис. 39

Прямая, которая проходит через вершину угла и делит угол на две равные части, есть **БИСЕКТРИСА** угла (рис. 40).

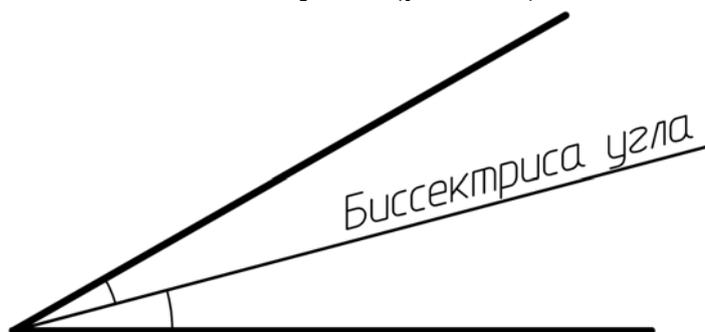


Рис. 40

**Послетекстовые задания:**

- 3) Выполните по образцу. **Образец:**  $10^\circ$  – это острый угол.  
 $12^\circ$ ,  $97^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $102^\circ$ ,  $8^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ .
- 4) Посмотрите на рис. 41. Какой это угол? Как называется прямая **KL**? С помощью чего можно построить угол **K**?
- 5) Покажите на рис. 39:
  - вершину угла,
  - сторону угла,
  - смежные углы.

- 6) Решите предложенную задачу. Расскажите о своем решении по схеме

*дано – берем – проводим – получаем.*

**Задача.** Построить биссектрису угла (рис. 41).

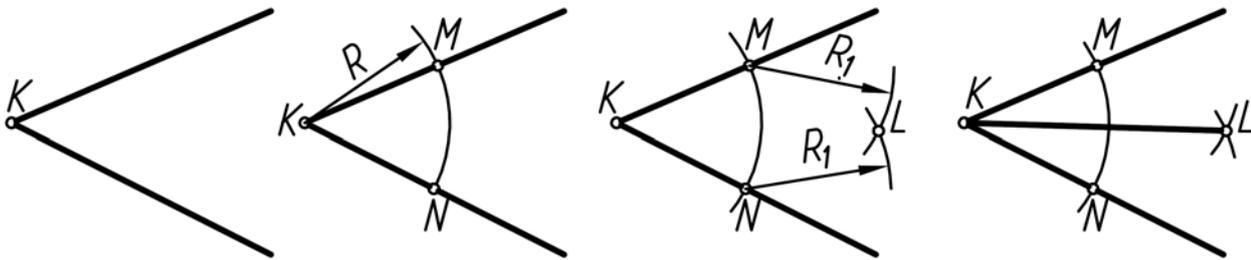


Рис. 41

- 1) Дан угол  $K$ .
- 2) Из вершины угла  $K$ , как из центра, проводим дугу радиуса  $R$  ( $R$  берём произвольно). Дуга пересекает стороны угла в точке  $M$  и точке  $N$ .
- 3) Из центра  $M$  и центра  $N$  проводим дуги радиуса  $R_1$  (радиус  $R_1$  берём также произвольно, например,  $R_1=R$ ). Дуги пересекаются в точке  $L$ .
- 4) Прямая  $KL$  есть биссектриса угла  $K$ .

## § 5. Многоугольники.

### Предтекстовые задания:

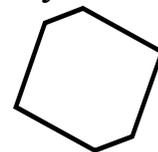
- 1) Определите значения слов:  
 фигура, способ, **выпуклый** – **вогнутый** (**невыпуклый**),  
**замкнутый** – **разомкнутый**.
- 2) Обратите внимание на однокоренные слова:  
**угол**, **угольник**, **многоугольник**,  
**треугольник**, **четырёхугольник**, **шестиугольник**.
- 3) Прочитайте текст №1.

Многоугольник – это плоская фигура, ограниченная замкнутой ломаной. Каждый отрезок ломаной называется стороной многоугольника.

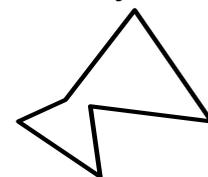
В зависимости от числа сторон многоугольники разделяются на треугольники, четырёхугольники и т.д. Многоугольник называется **ВЫПУКЛЫМ**, если он расположен по одну сторону от прямой, проведённой через любую его сторону (смотри рис.).

Многоугольник называется **ПРАВИЛЬНЫМ**, если все его стороны и углы равны между собой.

**выпуклый** и



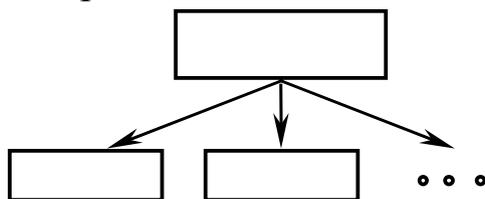
**невыпуклый**



**многоугольники**

### Послетекстовые задания:

- 4) Найдите в тексте предложение, соответствующее данной схеме



- 5) Прочитайте предложение.

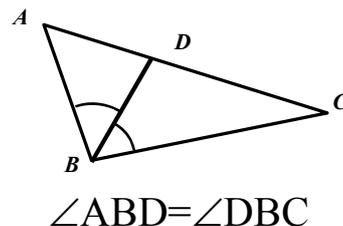
Противолежащая сторона треугольника – это сторона, которая лежит против указанного угла.

- 6) Прочитайте текст №2.

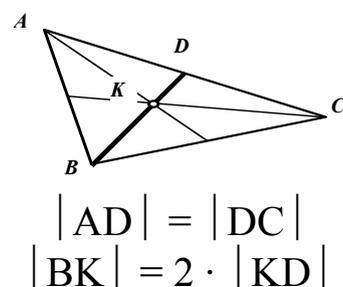
### ТРЕУГОЛЬНИКИ

Стороны и углы треугольника – это его основные элементы. Кроме того, в треугольнике можно построить три биссектрисы, три высоты и три медианы.

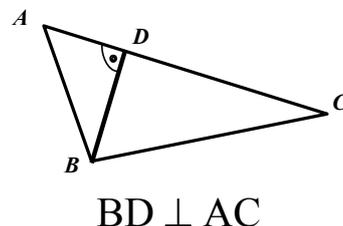
**БИСЕКТРИСОЙ** треугольника называют отрезок биссектрисы угла треугольника от его вершины до противолежащей стороны –  $[BD]$ ; все три биссектрисы треугольника пересекаются в одной точке.



**МЕДИАНОЙ** треугольника называют отрезок, соединяющий вершину треугольника с серединой противолежащей стороны –  $[BD]$ ; все три медианы треугольника пересекаются в одной точке  $K$ , в которой каждая медиана делится в отношении 2:1, считая от вершины.



**ВЫСОТОЙ** треугольника называют отрезок перпендикуляра, опущенного из вершины угла на противолежащую сторону или её продолжение –  $[BD]$ ; все три высоты треугольника пересекаются в одной точке.



Треугольники в зависимости от величины их углов подразделяются на **ОСТРОУГОЛЬНЫЕ** (все три угла – острые), **ТУПОУГОЛЬНЫЕ** (есть тупой угол), **ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ** (есть прямой угол).

Стороны прямоугольного треугольника имеют особые названия: сторона, лежащая против прямого угла, называется ГИПОТЕНУЗОЙ, остальные стороны – КАТЕТАМИ.

В зависимости от сравнительной длины сторон треугольники подразделяются на РАВНОСТОРОННИЕ (все три стороны равны), РАВНОБЕДРЕННЫЕ (две стороны равны) и РАЗНОСТОРОННИЕ (все три стороны имеют различные длины).

Сторона равнобедренного треугольника, не равная двум другим, обычно называется его ОСНОВАНИЕМ, а противолежащая ей вершина – ВЕРШИНОЙ равнобедренного треугольника.

Равнобедренный треугольник обладает следующими важными свойствами:

- углы при основании равнобедренного треугольника равны между собой.
- биссектриса угла при вершине равнобедренного треугольника является одновременно его медианой и высотой.

Отсюда как следствие вытекает, что:

- в равностороннем треугольнике все внутренние углы равны между собой.
- в равностороннем треугольнике биссектриса любого его угла является одновременно и медианой, и высотой.
- в прямоугольном треугольнике катет, лежащий против угла в  $30^\circ$ , равен половине гипотенузы.

*Равносторонний треугольник является правильным многоугольником.*

Отрезок, соединяющий середины двух сторон треугольника, называется его средней линией. Средняя линия треугольника параллельна, третьей стороне и равна ее половине.

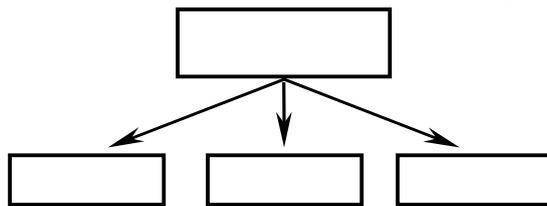
### **Послетекстовые задания:**

7) Закончите предложения:

В треугольнике можно построить .....

Основные элементы треугольника – это .....

8) Найдите в тексте предложение, соответствующее схеме



9) Ответьте на вопросы:

Что называется биссектрисой?

Что называется медианой?

Что называется высотой треугольника?

Какие треугольники называются остроугольными, тупоугольными, прямоугольными?

Что такое гипотенуза?

Что такое катеты?

Какие треугольники называются разносторонними, равносторонними, равнобедренными?

Расскажите о свойствах равнобедренного треугольника.

10) Прочитайте текст №3.

### ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНИКИ

Наиболее распространены следующие четырехугольники:

- ♦ ПАРАЛЛЕЛОГРАММ и его частные случаи (прямоугольник, ромб, квадрат),
- ♦ ТРАПЕЦИЯ.

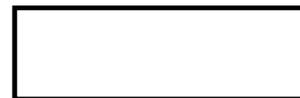
**ПАРАЛЛЕЛОГРАММ** – это четырехугольник, у которого противоположные стороны попарно параллельны.



Параллелограмм обладает следующими свойствами:

- 1) противоположные углы равны, а сумма углов, прилежащих к одной стороне, равна  $180^\circ$ ;
- 2) противоположные стороны равны между собой;
- 3) диагонали в точке пересечения делятся пополам.

**ПРЯМОУГОЛЬНИК** – это параллелограмм, у которого все углы прямые.



Поэтому прямоугольник обладает всеми свойствами 1), 2), 3) параллелограмма, и, кроме того:

- 4) Диагонали прямоугольника равны между собой.

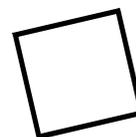
**РОМБ** – это параллелограмм, у которого все стороны равны.



Ромб имеет свойства 1), 2), 3) параллелограмма, и, кроме этого:

4) Диагонали ромба взаимно перпендикулярны и являются биссектрисами его углов.

**КВАДРАТ** – частный случай ромба (ромб с прямыми углами) и частный случай прямоугольника (прямоугольник с равными сторонами).



Следовательно, квадрат обладает всеми свойствами ромба и прямоугольника: его диагонали равны и в точке пересечения делятся пополам (как у прямоугольника), взаимно перпендикулярны и являются биссектрисами углов (как у ромба).

*Квадрат является правильным многоугольником.*

Свойства, которые определяют вид четырехугольника, называются его признаками. Отметим некоторые из них.

- ◆ четырехугольник является параллелограммом, если у него
  - 1) две противоположные стороны равны и параллельны, или
  - 2) противоположные стороны попарно равны, или
  - 3) диагонали в точке пересечения делятся пополам.
- ◆ четырехугольник, диагонали которого равны и в точке пересечения делятся пополам, является прямоугольником.
- ◆ четырехугольник, диагонали которого взаимно перпендикулярны и в точке пересечения делятся пополам, является ромбом.
- ◆ четырехугольник, диагонали которого взаимно перпендикулярны и равны и в точке пересечения делятся пополам, является квадратом.

**ТРАПЕЦИЯ** – это четырехугольник, у которого две противоположные стороны параллельны.



Эти параллельные стороны называются основаниями трапеции. Две другие стороны называются боковыми сторонами трапеции.

Трапеция называется **РАВНОБЕДРЕННОЙ**, если ее боковые стороны равны. Она называется **ПРЯМОУГОЛЬНОЙ**, если одна из ее боковых сторон перпендикулярна к основанию.

В равнобедренной трапеции углы при основаниях равны и, следовательно, сумма противоположных углов равна  $180^\circ$ .

Отрезок, соединяющий середины боковых сторон трапеции, называется ее **средней линией**. Средняя линия трапеции параллельна ее основаниям; её длина равна полусумме длин оснований.

### **Послетекстовые задания:**

- 11) Закончите предложения.  
Параллелограмм и прямоугольник – это .....  
Ромб и квадрат – это .....
- 12) Вставьте необходимые слова из текста.  
Прямоугольник – это параллелограмм, у которого все углы ....  
Ромб – это параллелограмм, у которого все стороны .....  
Квадрат – это ромб, у которого все углы .....  
Трапеция – это четырехугольник, у которого две противоположные стороны .....  
Средняя линия трапеции ..... её основаниям.
- 13) Расскажите о свойствах параллелограмма, прямоугольника, ромба.
- 14) Расскажите о признаках четырехугольников.
- 15) Расскажите о трапеции.

## **§ 6. Окружность.**

### **Предтекстовые задания:**

- 1) Определите значения слов:  
соединять, замкнутый, концентрический, отрезок, середина, замечательный, деталь, отверстие.
- 2) Обратите внимание на предлоги места:  
ЧЕРЕЗ, ВНУТРИ, ОКОЛО, ВНЕ.  
*Например:* Проведем окружность через три точки.  
Отрезок лежит внутри окружности.  
Многоугольник описан около окружности.  
Окружности лежат одна вне другой.
- 3) Обратите внимание на однокоренные слова  
касаться, касание, касательная линия, касающиеся окружности;  
пересекать – секущая линия;  
плоскость – плоская линия;  
вписать – вписанный многоугольник;  
описать – описанная окружность.

4) Прочитайте текст.

ОКРУЖНОСТЬ – это замкнутая плоская кривая линия, состоящая из точек, равноудаленных от некоторой точки  $O$ , называемой центром (рис. 42). Расстояние от центра до любой точки окружности есть РАДИУС окружности (например,  $OA=OB=OC=OD=R$ ).

КРУГ – это часть плоскости, лежащая внутри окружности (рис. 43).

Прямая  $l$ , которая пересекает окружность, есть СЕКУЩАЯ (рис. 42). Отрезок её  $AB$ , лежащий внутри окружности, есть ХОРДА. Хорда, которая проходит через центр, есть ДИАМЕТР ( $CD$ ). Диаметр равен двум радиусам ( $d=2R$ ) Хорда перпендикулярна радиусу, который, проходит через её середину.

Часть окружности есть дуга (например,  $AnB$ , рис. 44).

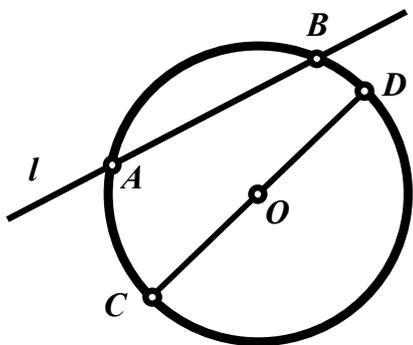


Рис. 42

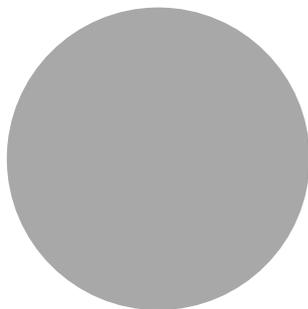


Рис. 43

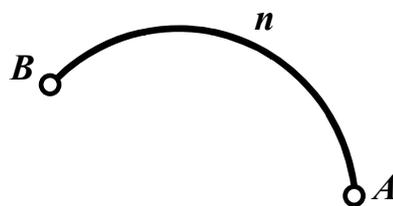


Рис. 44

Через три точки  $A$ ,  $B$  и  $C$ , если они не лежат на одной прямой, можно провести только одну окружность. Центр этой окружности лежит на пересечении перпендикуляров, восставленных к отрезкам  $AB$  и  $BC$  в их середине (смотри рис. 54).

Окружность, проходящая через три вершины треугольника, называется описанной около треугольника (при этом  $\triangle ABC$  называется вписанным в окружность).

Из вышесказанного вытекает, что:

1) Центр описанной около треугольника окружности лежит на пересечении перпендикуляров, восставленных к сторонам треугольника в их середине (серединных перпендикуляров).

2) Перпендикуляры, восставленные к сторонам треугольника в их середине, пересекаются в одной точке. Эта точка является четвертой «замечательной» точкой в треугольнике (первые три – точки пересечения высот, биссектрис и медиан).

**Взаимное расположение точки и окружности, прямой и окружности, двух окружностей.** Точка может лежать внутри окружности, на окружности или вне (снаружи) окружности.

Прямая и окружность не могут иметь более двух общих точек, поэтому возможны лишь следующие случаи расположения прямой относительно окружности:

- 1) Прямая не имеет ни одной общей точки с окружностью.
- 2) Прямая имеет лишь одну общую точку с окружностью.
- 3) Прямая имеет две общие точки с окружностью.

Прямая, пересекающая окружность в двух точках, называется СЕКУЩЕЙ. Прямая, имеющая с окружностью только одну общую точку, называется КАСАТЕЛЬНОЙ к окружности, а их общая точка называется точкой касания (смотри рис. 67).

Радиус, проведенный в точку касания, перпендикулярен к касательной. Обратно, прямая, перпендикулярная к радиусу в его конечной точке, лежащей на окружности, является касательной к окружности. Отрезки касательных, проведенных к окружности из одной и той же внешней точки, равны между собой.

Рассмотрим взаимное расположение двух окружностей. Так как две различные окружности не могут иметь более двух общих точек, то возможны следующие случаи их взаимного расположения:

1) Окружности имеют две общие точки (окружности пересекаются). В этом случае расстояние между центрами окружностей  $O_1O_2$  (рис. 45) меньше суммы их радиусов и больше разности радиусов, т.е.

$$R_1 - R_2 < O_1O_2 < R_1 + R_2.$$

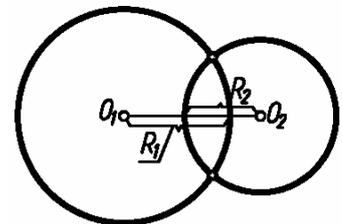


Рис. 45

2) Окружности имеют одну общую точку. Такие окружности называются КАСАЮЩИМИСЯ (внешнее касание показано на рис. 46, а, и внутреннее касание – на рис. 46, б). В случае внешнего касания  $O_1O_2 = R_1 + R_2$ , в случае внутреннего касания  $O_1O_2 = R_1 - R_2$  ( $R_1 > R_2$ ).

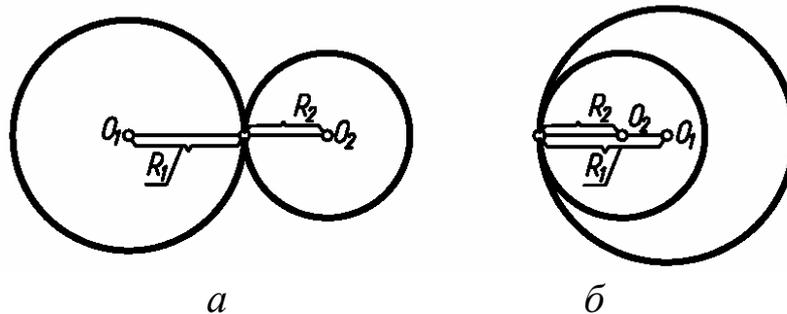


Рис. 46

3) Окружности не имеют ни одной общей точки. Здесь возможны следующие положения:

а) Окружности лежат одна вне другой (рис. 47, а). Тогда  $R_1 + R_2 < O_1O_2$ .

б) Одна окружность лежит внутри другой. Если при этом их центры не совпадают, то  $0 < O_1O_2 < R_1 - R_2$  (рис. 47, б). Если же их центры совпадают, то  $O_1O_2 = 0$ . Окружности, имеющие общий центр, называются концентрическими (рис. 47, в).

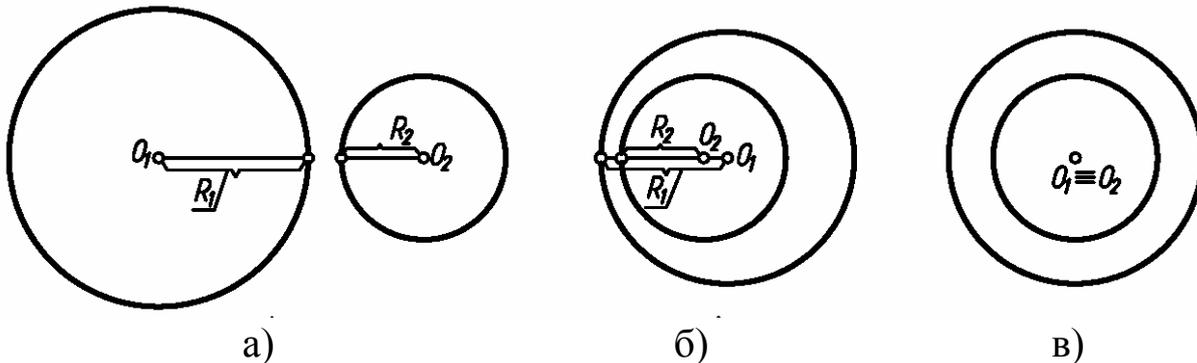


Рис. 47

**Углы в круге.** Если повернуть радиус  $OA$  на полный угол ( $360^\circ$ ), то его конец – точка  $A$  – опишет полную окружность. Поэтому полной окружности приписывают  $360$  дуговых градусов.

Дуговые градусы обозначаются так же, как и угловые. Например, половина окружности содержит  $180^\circ$  (дуговых), развернутый угол содержит  $180^\circ$  (угловых).

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ угол  $AOB$  (рис. 48) и дуга  $AB$ , на которую он опирается, измеряются одним и тем же числом градусов: угол – угловыми, а дуга – дуговыми.

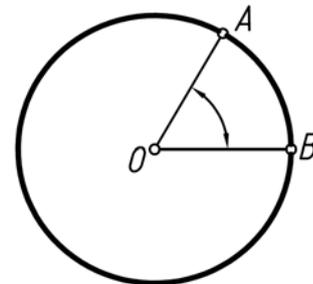


Рис. 48

Угол, вершина которого находится на окружности, а стороны являются хордами, называется **ВПИСАННЫМ**. Вписанный угол измеряется половиной дуги, на которую он опирается. Это означает, что если дуга  $AnB$  (рис. 49) содержит  $\alpha$  дуговых градусов, то угол  $ACB$  содержит  $\frac{1}{2}\alpha$  угловых градусов.

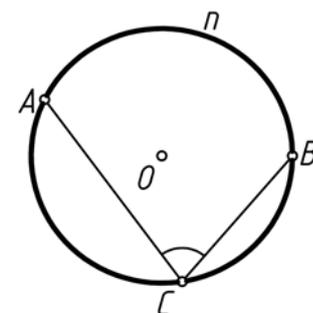


Рис. 49

Отсюда вытекает, что:

- 1) Все вписанные углы, опирающиеся на дугу  $AnB$ , равны между собой.
- 2) Вписанные углы, опирающиеся на диаметр, равны  $90^\circ$ .

Угол, образованный касательной и хордой (рис. 50), измеряется половиной дуги, заключенной между его сторонами:

$$\angle BAC = \frac{1}{2} AC.$$

Угол, образованный секущими (рис. 50), измеряется полуразностью дуг, которые он отсекает на окружности, т. е.

$$\angle ADC = \frac{1}{2} (AC - KL).$$

Угол с вершиной внутри круга измеряется полусуммой дуг, заключенных между хордами, образующими этот угол (рис. 51), т. е.

$$\angle AED = \frac{1}{2} (AD + CB).$$

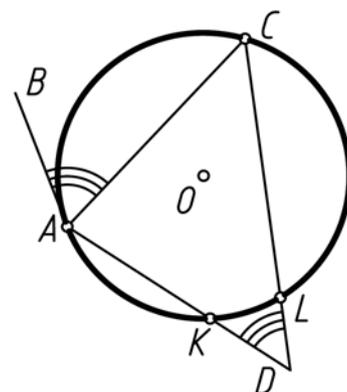


Рис. 50

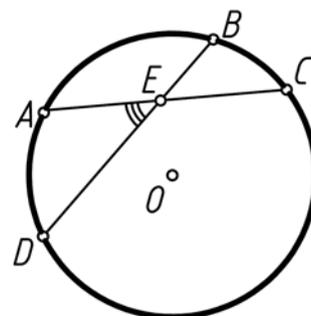


Рис. 51

**Вписанные и описанные многоугольники.** Многоугольник, все вершины которого лежат на окружности, называется **ВПИСАННЫМ** в окружность. Многоугольник называется **ОПИСАННЫМ** около окружности, если все его стороны касаются окружности.

Любой треугольник можно вписать в окружность. Четырехугольник можно вписать в окружность только в том случае, когда сумма его противоположных углов равна  $180^\circ$ . Отсюда вытекает, что параллелограмм, ромб и неравнобочную трапецию нельзя вписать в окружность. Можно вписать в окружность прямоугольник, равнобочную трапецию, квадрат.

В любой треугольник можно вписать окружность. Центр вписанной окружности должен быть равноудален от всех трех сторон треугольника и поэтому является точкой пересечения биссектрис треугольника. В четырехугольник можно вписать окружность в том случае, когда суммы длин его противоположных сторон равны между собой. Отсюда следует, что нельзя вписать окружность в параллело-

грамм и в прямоугольник. Можно вписать окружность в ромб, в квадрат, в трапецию (если сумма длин оснований трапеции равна сумме длин ее боковых сторон).

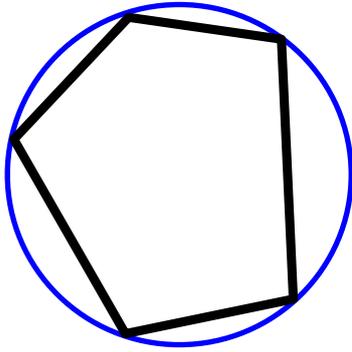


Рис. 52. Вписанный многоугольник, описанная окружность.

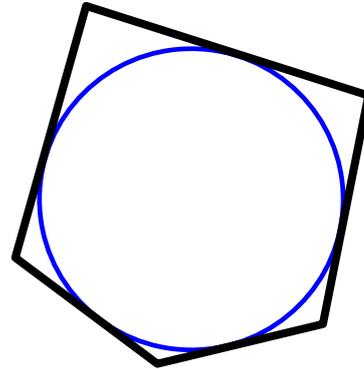


Рис. 53. Описанный многоугольник, вписанная окружность.

**Послетекстовые задания:**

5) Закончите фразы.

Окружность – это .....

Круг – это .....

Секущая – это .....

Хорда – это .....

Диаметр – это .....

Дуга – это .....

6) Вставьте необходимые слова из текста.

Расстояние от центра до любой точки окружности .....

Прямая, которая ..... окружность, есть секущая.

Хорда ..... радиусу, который проходит через ее середину.

7) Ответьте на вопросы:

Что такое касательная прямая?

Что такое касающиеся окружности?

Что такое концентрические окружности?

Какой угол называется вписанным?

Какой многоугольник называется вписанным?

Какой многоугольник называется описанным?

Можно ли квадрат вписать в окружность?

Можно ли вписать в окружность ромб?

Можно ли окружность вписать в прямоугольник?

8) Решите задачи.

**Задача.** Провести окружность через три точки (рис. 54).

- 1) Даны точки  $A, B, C$ .
- 2) Соединяем точку  $A$  с точкой  $B$ , точку  $C$  с точкой  $B$ .
- 3) Делим отрезок  $AB$  и отрезок  $BC$  на две равные части каждую (с помощью построения серединных перпендикуляров).
- 4) Точка  $O$  есть центр окружности, которая проходит через точки  $A, B, C$ .

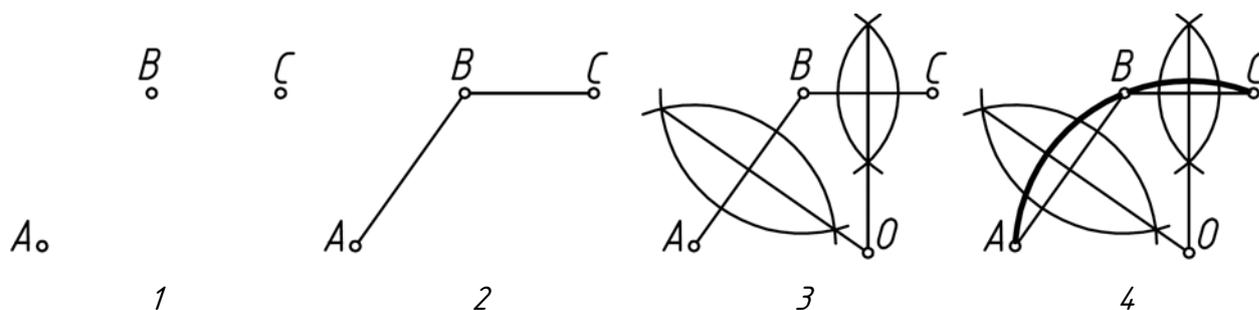


Рис. 54

**Задача.** Найти центр дуги (рис. 55).

- 1) Дана дуга  $a$ .
- 2) На дуге  $a$  произвольно берём три точки  $A, B, C$ .
- 3) Проводим хорду  $AB$  и хорду  $BC$ .
- 4) Делим хорду  $AB$  и хорду  $BC$  на равные части (с помощью построения серединных перпендикуляров). Точка  $O$  есть центр дуги  $a$ .

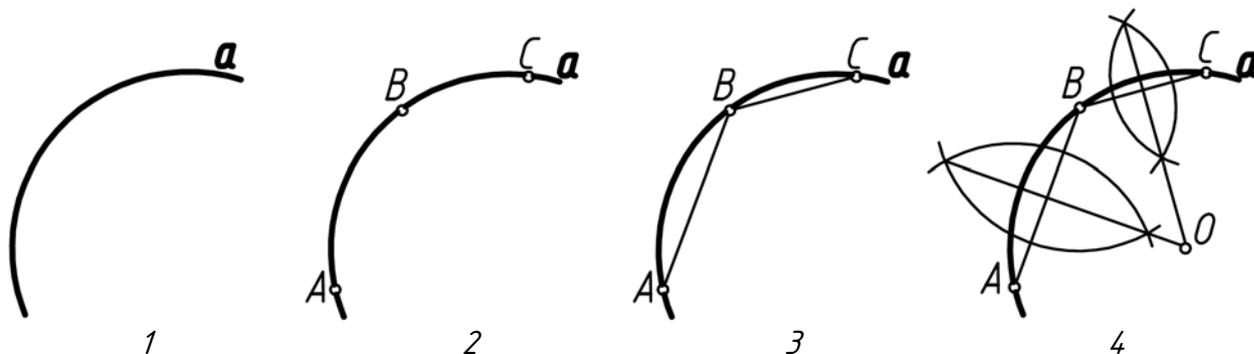


Рис. 55

### Деление окружности на 4, 8 равных частей.

На рис. 56 показана деталь, в которой имеется 4 отверстия.

Взаимно перпендикулярные диаметры  $AC$  и  $BD$  делят окружность на 4 равные части.  $ABCD$  – квадрат.

Проводим биссектрису угла  $AOB$  и угла  $BOC$ . Точки 1, 2, 3, ... 8 делят окружность на 8 равных частей.

Задачу можно решить с помощью угольника с углом  $45^\circ$  (рис. 57). Гипотенуза угольника проходит через центр  $O$  окружности.

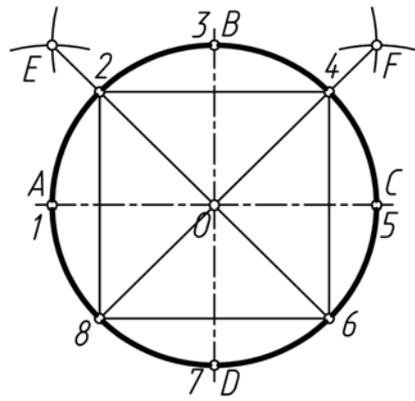
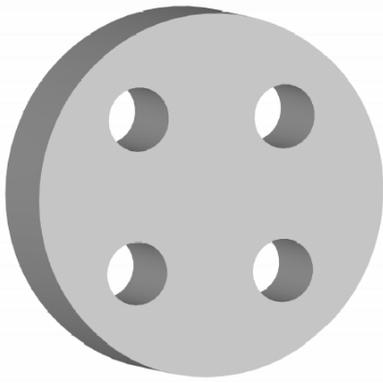


Рис. 56

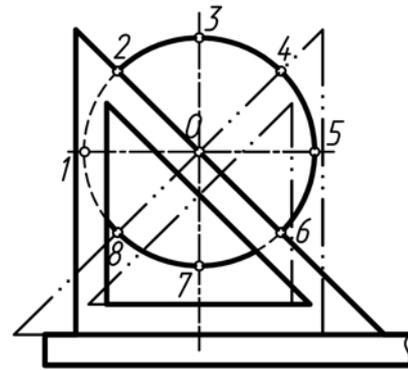


Рис. 57

### Деление окружности на 3, 6, 12 равных частей.

Часто встречаются детали, в которых число одинаковых элементов кратно трём, например, на рис. 58 показана деталь (и её чертёж) с тремя отверстиями и тремя пазми.

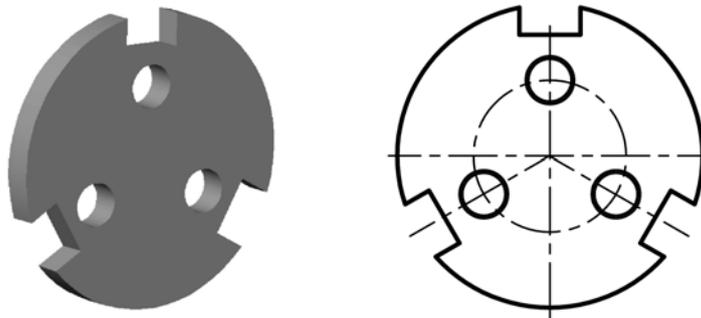


Рис. 58

1. Деление окружности на три равные части выполняем с помощью циркуля (рис. 59). Ставим иглу циркуля в точку *A* окружности и чертим дугу радиуса *R*, которая пересекает окружность в точках 2 и 3. Точки 1, 2, 3 делят окружность на 3 равные части.

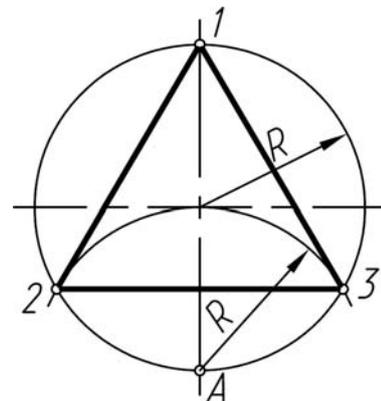


Рис. 59

Деление окружности на 3 равные части можно выполнить с помощью угольника с углом  $30^\circ$  и углом  $60^\circ$ . Первый способ показан на рис. 60, а – гипотенуза угольника проходит через верхнюю точку окружности. Второй способ изображён на рис. 60, б – гипотенуза угольника проходит через центр *O* окружности.

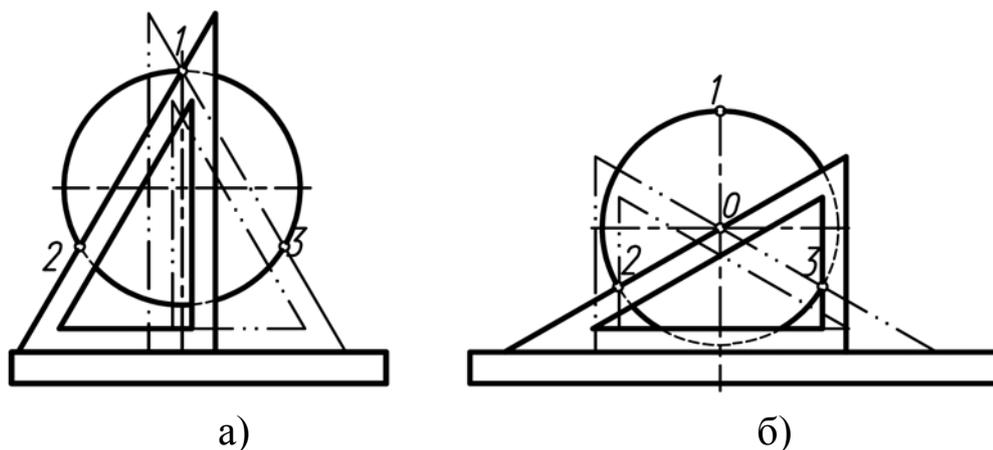


Рис. 60

2. Деление окружности на 6 **равных** частей. На рис. 61 показана деталь, которая имеет 6 отверстий. Из центров в точке 1 и точке 4 (рис. 62) проводим дуги радиуса  $R$ . Точки 1, 2, 3, ... 6 делят окружность на 6 **равных** частей.

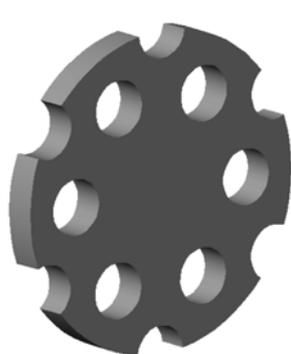


Рис. 61

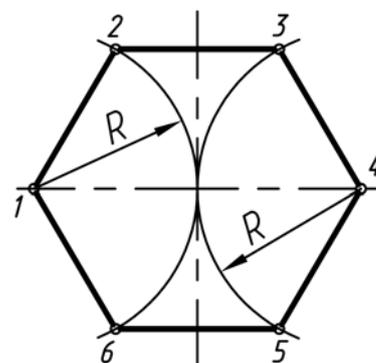
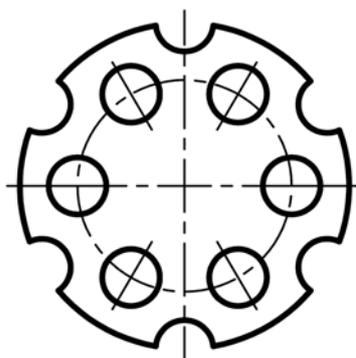
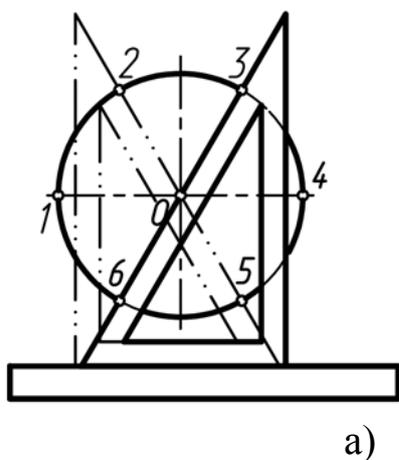
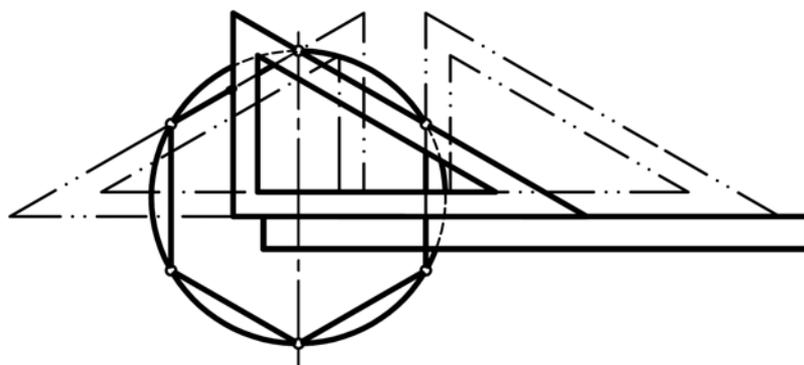


Рис. 62

Деление окружности на 6 **равных** частей можно **выполнить** с помощью угольника с углом  $30^\circ$  и углом  $60^\circ$  (рис. 63, а). Гипотенуза угольника проходит через центр окружности. С помощью угольника легко **вписать** в окружность **правильный** шестиугольник (рис. 63, б).



а)



б)

Рис. 63

3. Деление окружности на 12 *равных частей*. На рис. 64 показана деталь, которая имеет двенадцать отверстий. Ставим иглу циркуля в точки 1, 4, 7 и 10 (рис. 65) и проводим дуги радиуса  $R$ . Точки 1, 2, 3 ... 12 делят окружность на 12 *равных частей*. Деление окружности на 12 *равных частей* с помощью угольника показано на рис. 66. Гипотенуза угольника проходит через центр окружности.

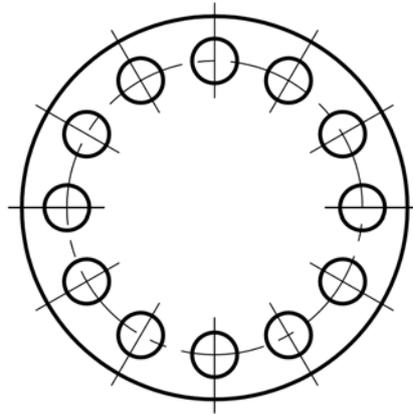
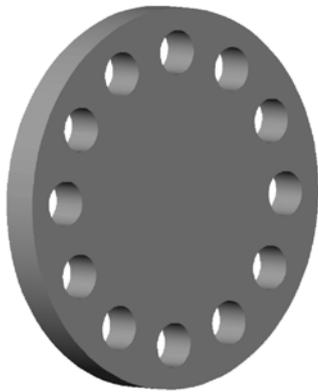


Рис. 64

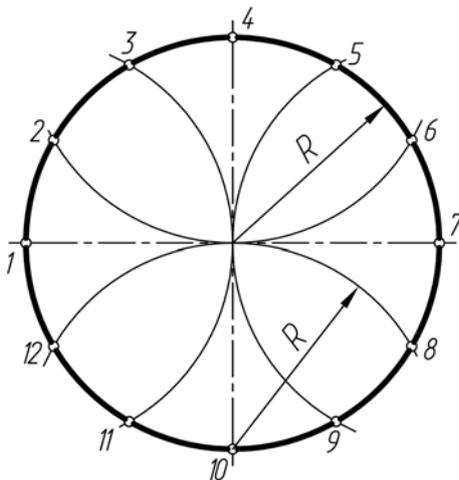


Рис. 65

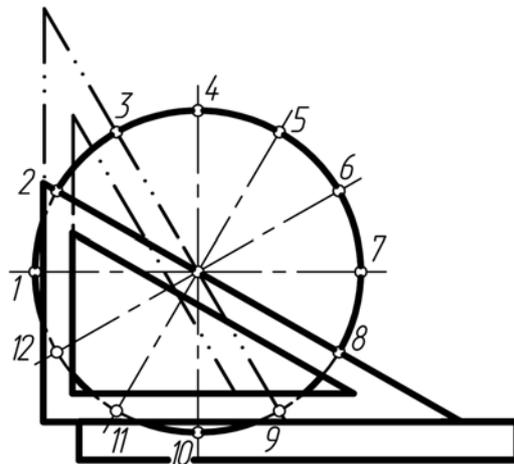


Рис. 66

**Задания на закрепление материала:**

9) Закончите предложения.

С помощью угольника можно вписать в окружность .....

Деление окружности на 6 равных частей можно

выполнить .....

10) Посмотрите на рис. 59, 65. Опишите деление окружности на равные части по схеме:

Ставим иглу циркуля .....

Проводим .....

Точки ..... делят окружность .....

11) Закончите предложения.

На рис. 58 показана деталь, которая имеет .....

На рис. 61 показана деталь, которая имеет .....

На рис. 64 показана деталь, которая имеет .....

## § 7. Касательные.

### Предтекстовые задания:

1) Определите значение слов:

касаться

касательная к окружности

точка касания

2) Прочитайте текст.

Изучим свойства прямой, которая касается окружности.

**КАСАТЕЛЬНАЯ К ОКРУЖНОСТИ** – это прямая, которая имеет только одну общую точку с окружностью. Эта точка есть **ТОЧКА КАСАНИЯ**. Касательная к окружности перпендикулярна к радиусу **OE**, проведённому в точку касания (рис. 67).

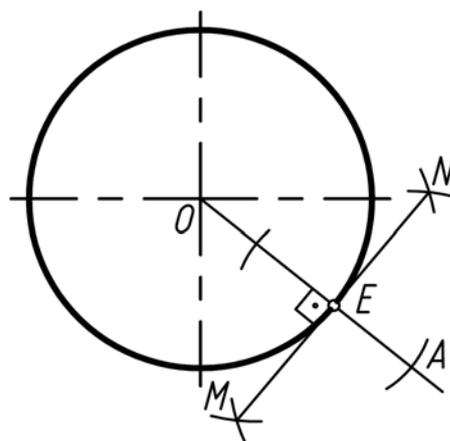


Рис. 67

### Послетекстовые задания:

3) Вставьте необходимые слова из текста.

Касательная прямая имеет одну ..... точку с окружностью.

Касательная к окружности ..... радиусу, проведённому в точку касания.

Касательная прямая – это прямая, которая ..... окружности.

4) Посмотрите на рис. 67. Как называется прямая **MN**? Как называется точка **E**?

5) Посмотрите на рис. 67. Где лежат точки **E** и **A**?

6) Разберите и решите предложенные задачи.

**Задача 1.** Провести касательную к окружности через точку  $E$ , которая лежит на окружности (рис. 67).

Через точку  $E$  проводим прямую  $OA$  и строим перпендикуляр  $MN$  к прямой  $OA$  в точке  $E$ .

$MN$  – есть касательная к данной окружности в точке  $E$

**Задача 2.** Провести касательную к окружности из точки  $A$ , которая не лежит на окружности (рис. 68, 1-4).

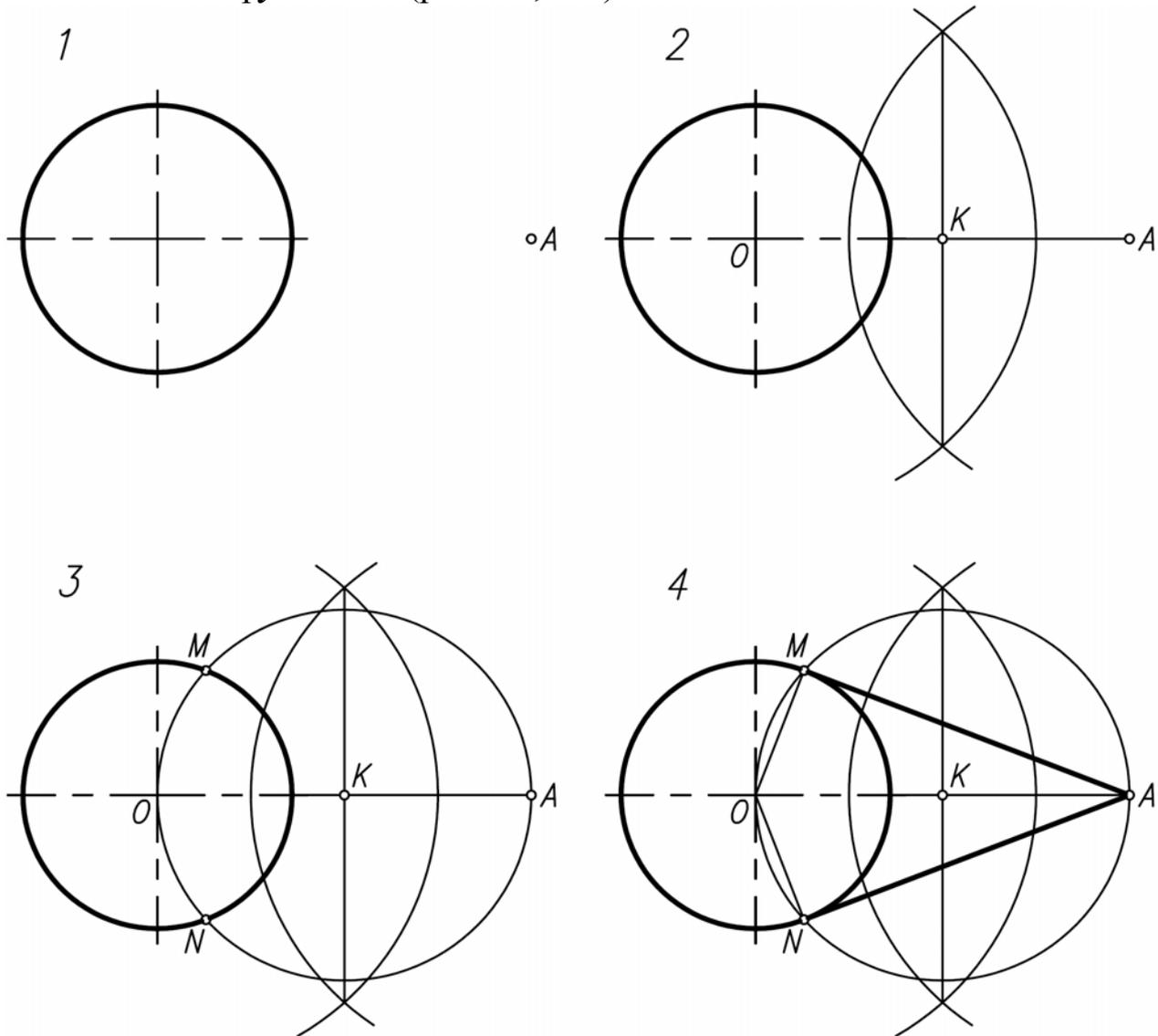


Рис. 68

- 1) Дана окружность и точка  $A$ .
- 2) Соединяем центр окружности  $O$  с точкой  $A$ . Отрезок  $OA$  делим на две равные части (пополам). Получаем точку  $K$ .
- 3) Из центра  $K$  проводим окружность. Её радиус  $R=KA$ . Получаем точки  $M$  и  $N$ .
- 4)  $AM$  и  $AN$  касательные к окружности.

**Задача 3.** Провести касательную к двум окружностям. Касательная может быть внешняя или внутренняя. Если обе окружности лежат по одну сторону касательной, такая касательная называется *ВНЕШНЕЙ* (рис. 69, а). Если окружности лежат по разные стороны касательной, такая касательная называется *ВНУТРЕННЕЙ* (рис. 69, б).

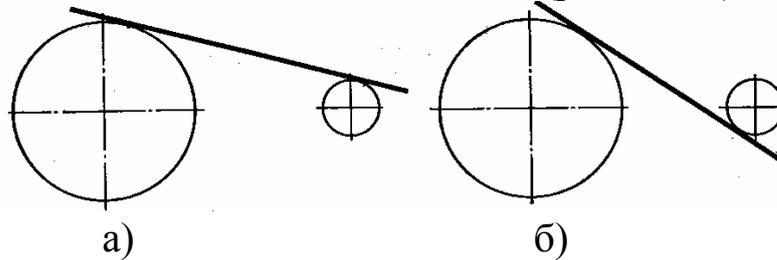


Рис. 69

Построить внешнюю общую касательную к двум окружностям.

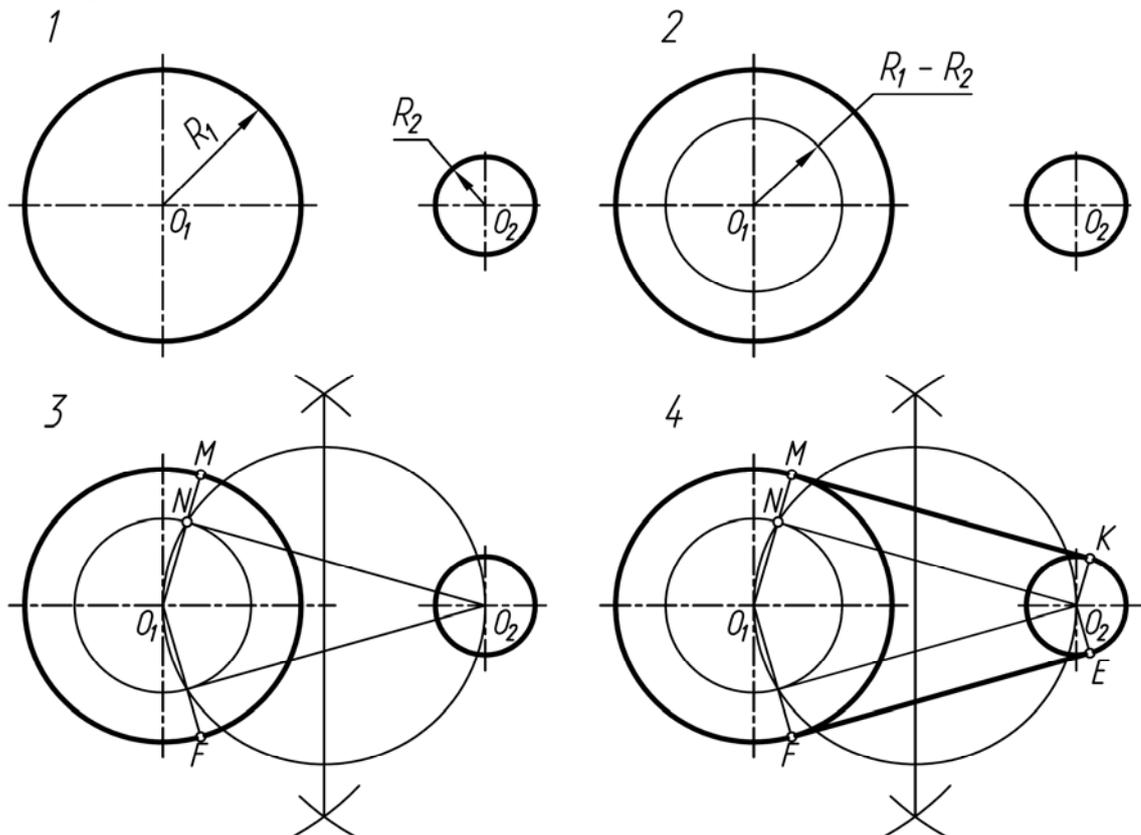


Рис. 70

- 1) Даны две окружности с центрами  $O_1$  и  $O_2$ . Их радиусы  $R_1$  и  $R_2$ .
- 2) Из центра  $O_1$  проводим окружность радиуса  $(R_1 - R_2)$ .
- 3) Строим касательную  $O_2N$  к этой окружности из точки  $O_2$ . Прямая  $O_1N$  пересекает большую окружность в точке  $M$ .
- 4) Из точки  $O_2$  проводим прямую  $O_2K$  параллельно  $O_1M$  и соединяем точки  $M$  и  $K$ . Прямая  $MK$  есть внешняя касательная к данным окружностям. Вторая внешняя касательная проходит через точки  $F$  и  $E$ .

Построить внутреннюю общую касательную к двум окружностям.

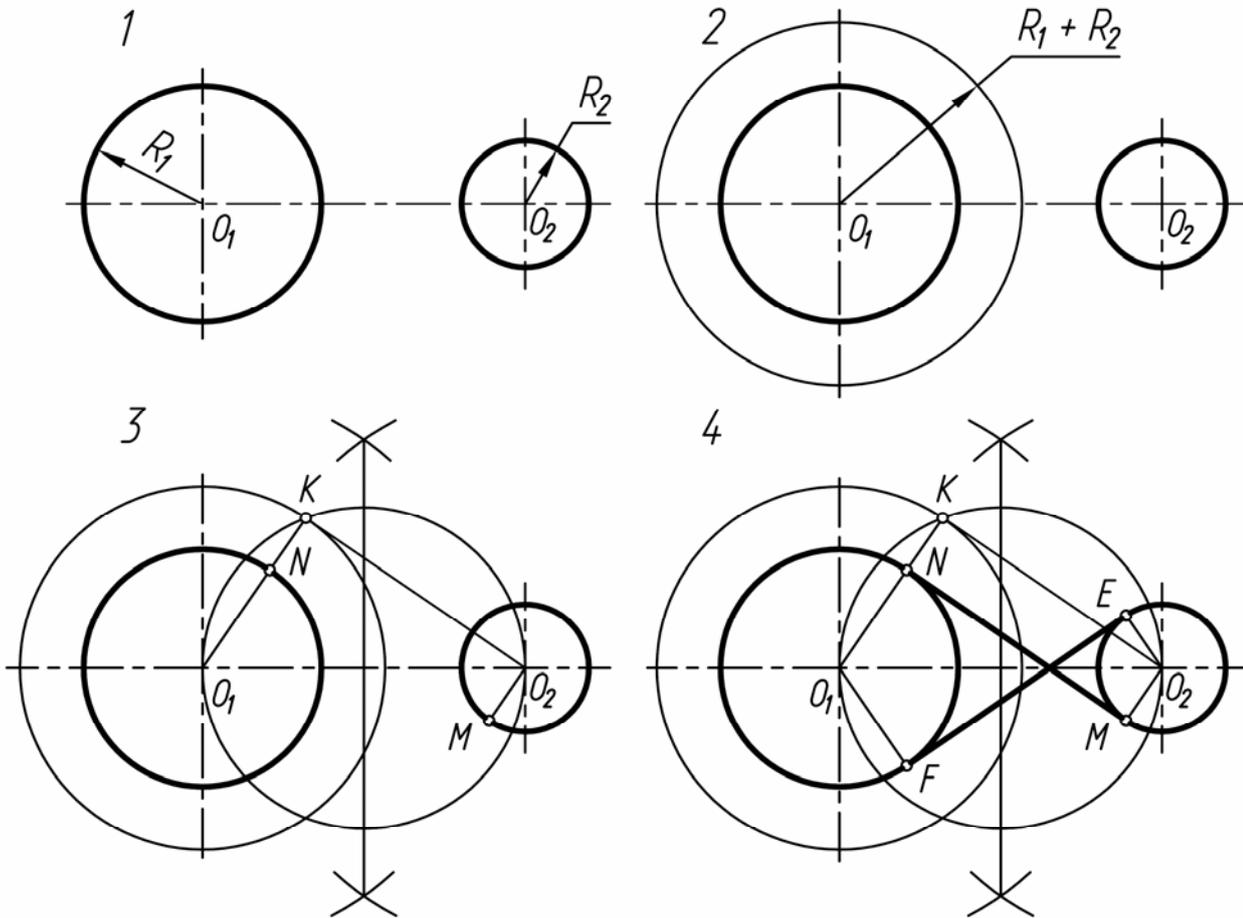


Рис. 71

- 1) Даны две окружности с центрами  $O_1$  и  $O_2$  радиуса  $R_1$  и  $R_2$ .
- 2) Из центра  $O_1$  проводим окружность радиуса  $(R_1 + R_2)$ .
- 3) Строим касательную  $O_2K$  к этой окружности из точки  $O_2$ . Соединяем точки  $O_1$  и  $K$ . Отмечаем на первой окружности точку  $N$ .
- 4) Из точки  $O_2$  проводим прямую  $O_2M$  параллельно  $O_1K$ .  $N$  и  $M$  – точки касания.  $NM$  — искомая внутренняя касательная. Вторая внутренняя касательная  $FE$  строится так же.

## § 8. Сопряжения.

### Предтекстовые задания:

- 1) Определите значения слов:  
сторона, плавный, сопрягаться, внешний, внутренний, смешанный, вспомогательный, опустить.
- 2) Обратите внимание на однокоренные слова:  
сопрягать – сопряжение – сопрягающая окружность – радиус сопряжения – точка сопряжения.
- 3) Прочитайте текст.

На рис. 72 показана деталь машины. Мы видим, как в её контуре прямая линия плавно переходит в дугу окружности или другую прямую. ПЛАВНЫЙ ПЕРЕХОД ОДНОЙ ЛИНИИ В ДРУГУЮ НАЗЫВАЕТСЯ СОПРЯЖЕНИЕМ.

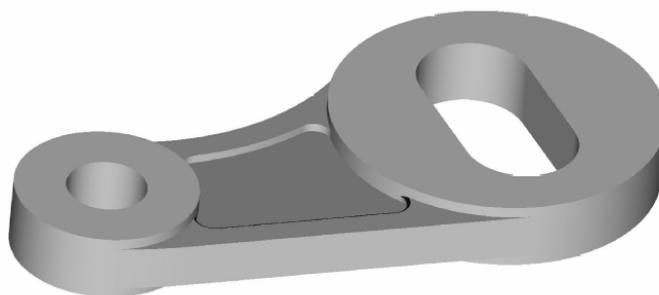


Рис. 72

Бывают сопряжения одной прямой с другой прямой, прямой с кривой, одной кривой с другой кривой. Одна линия переходит в другую по дуге окружности. Эта дуга называется СОПРЯГАЮЩЕЙ ДУГОЙ (рис. 73). Радиус этой дуги окружности – РАДИУС СОПРЯЖЕНИЯ. Центр этой дуги – ЦЕНТР СОПРЯЖЕНИЯ. Точка, где одна линия переходит в другую – ТОЧКА СОПРЯЖЕНИЯ.

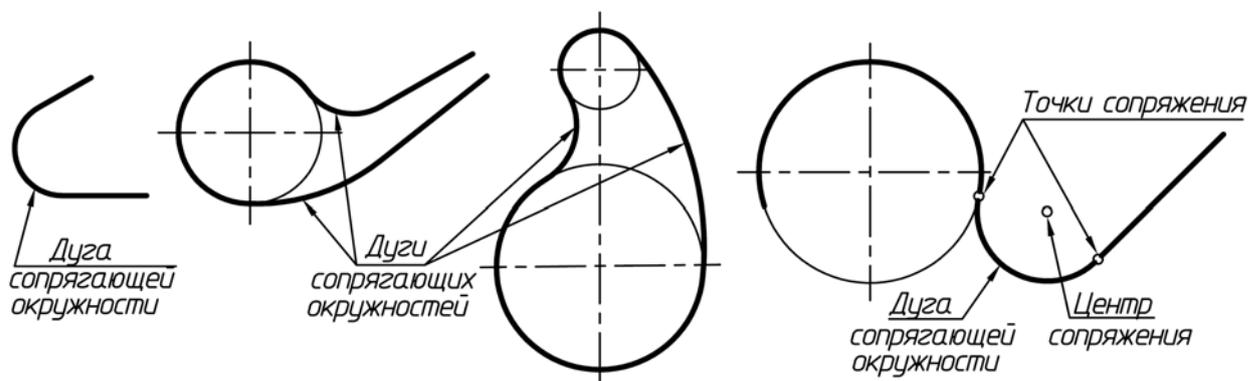


Рис. 73

Сопряжение прямой линии с окружностью и сопряжение окружности с окружностью бывает:

**ВНЕШНЕЕ, ВНУТРЕННЕЕ, СМЕШАННОЕ.**

**ВНЕШНЕЕ СОПРЯЖЕНИЕ** (рис. 74, а). Сопрягаются две окружности. Их центры лежат вне сопрягающей окружности. Такое сопряжение называется внешним.

**ВНУТРЕННЕЕ СОПРЯЖЕНИЕ** (рис. 74, б). Сопрягаются две окружности. Их центры лежат внутри сопрягающей окружности. Такое сопряжение называется внутренним.

**СМЕШАННОЕ СОПРЯЖЕНИЕ** (рис. 74, в). Сопрягаются две окружности. Центр одной окружности лежит вне сопрягающей окружности, центр другой окружности лежит внутри сопрягающей окружности. Такое сопряжение называется смешанным.

Построить сопряжение – это значит найти центр сопряжения и точки сопряжения.

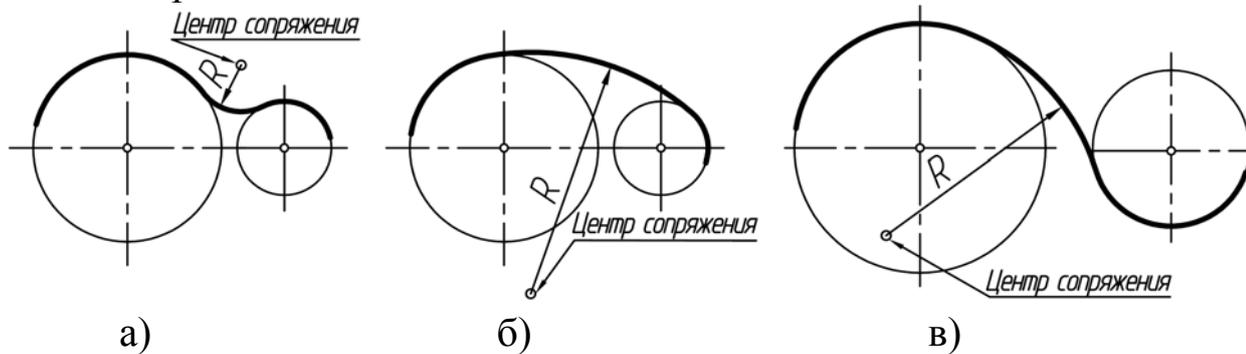


Рис. 74

### Послетекстовые задания:

4) Ответьте на вопросы:

Что называется сопряжением?

Что такое точка сопряжения?

Какие бывают виды сопряжений?

Сопрягаемые окружности лежат вне сопрягающей окружности. Как называется такое сопряжение?

Сопрягаемые окружности лежат внутри сопрягающей окружности. Как называется такое сопряжение?

Посмотрите на рис. 75. Как называется точка **O**?

Как называются точки **1** и **2**?

Посмотрите на рис. 75. Какой это угол?

Посмотрите на рис. 76. Какой это угол?

Посмотрите на рис. 77. Какое это сопряжение?

5) Разберите и решите предложенные задачи:

**Задача 1.** Сопряжение сторон *острого* угла дугой окружности заданного радиуса  $R$  (рис. 75). Расстояние от центра сопряжения до каждой стороны угла равно радиусу сопряжения  $R$ .

Чтобы найти центр сопряжения, проводим две вспомогательные прямые, параллельные каждой стороне угла на расстоянии  $R$  от них. Эти вспомогательные прямые пересекаются в точке  $O$ . Точка  $O$  есть центр сопряжения. Чтобы найти точки сопряжения, из точки  $O$  опускаем перпендикуляры на стороны угла. Точки 1 и 2 – это точки сопряжения. Из центра сопряжения  $O$  проводим сопрягающую дугу радиуса  $R$  от точки 1 до точки 2.

**Задача 2.** Сопряжение сторон прямого угла дугой радиуса  $R$  (рис. 76).

Из вершины  $A$  прямого угла, как из центра, проводим дугу радиуса  $R$ . Точки 1 и 2 пересечения этой дуги с каждой стороной угла – это точки сопряжения. Из центра 1 и центра 2 проводим дуги радиуса  $R$ . Дуги пересекаются в точке  $O$ . Точка  $O$  – это центр сопряжения. Из него проводим дугу сопрягающей окружности.

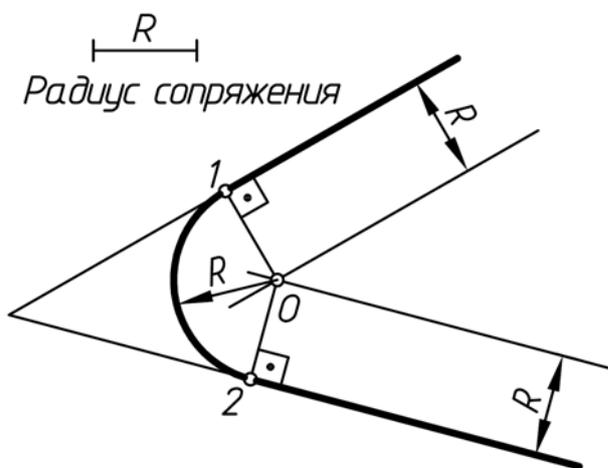


Рис. 75

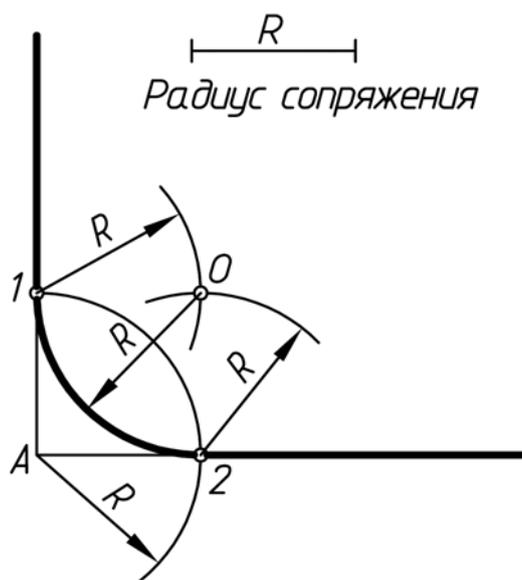


Рис. 76

**Задача 3.** Построить внешнее сопряжение дуги и прямой рис. 77.

- 1) Дана дуга окружности радиуса  $R_1$  с центром  $O_1$  и прямая  $a$ .
- 2) Проводим вспомогательную дугу радиуса  $(R + R_1)$  с центром  $O_1$ .
- 3) Проводим вспомогательную прямую  $b$ , параллельную прямой  $a$ , на расстоянии  $R$ . Получаем точку  $O$  – центр сопряжения.
- 4) Проводим прямую  $OO_1$ , получаем точку сопряжения 1. Опускаем из точки  $O$  перпендикуляр на прямую  $a$ . Получаем точку сопряжения 2. Проводим сопрягающую дугу радиуса  $R$  от точки 1 до точки 2.

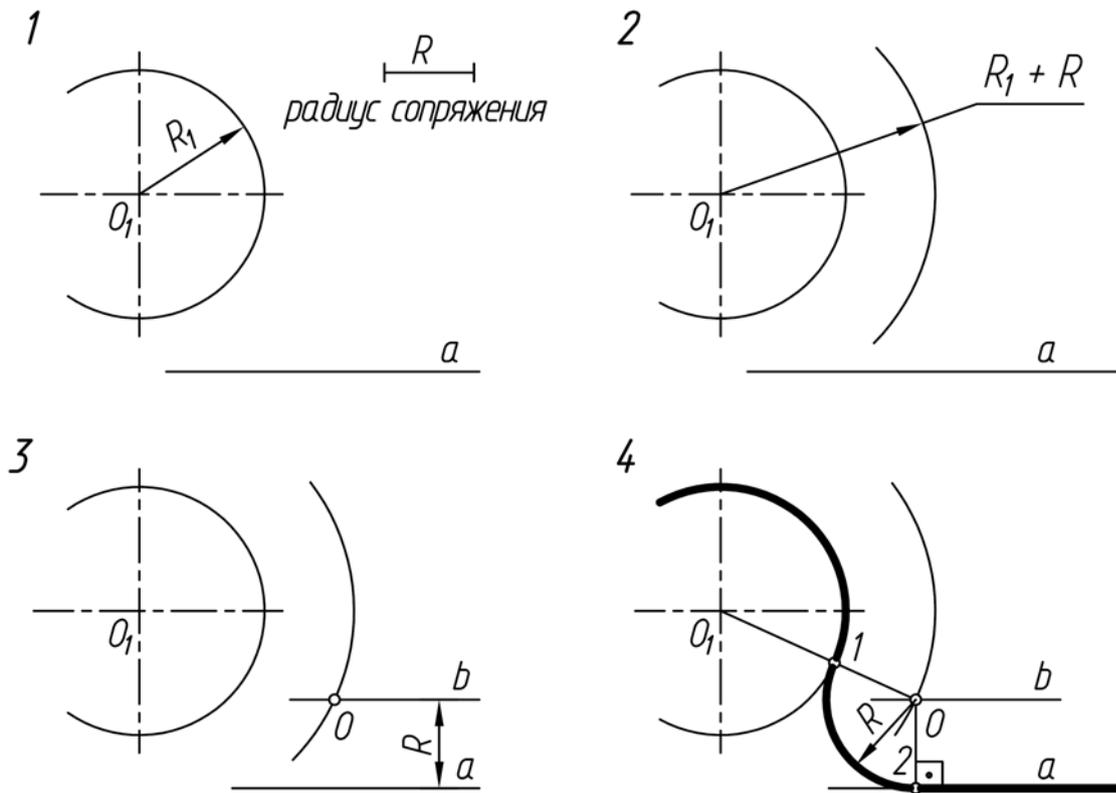


Рис. 77

**Задача 4.** Построить внутреннее сопряжение дуги и прямой рис. 78.

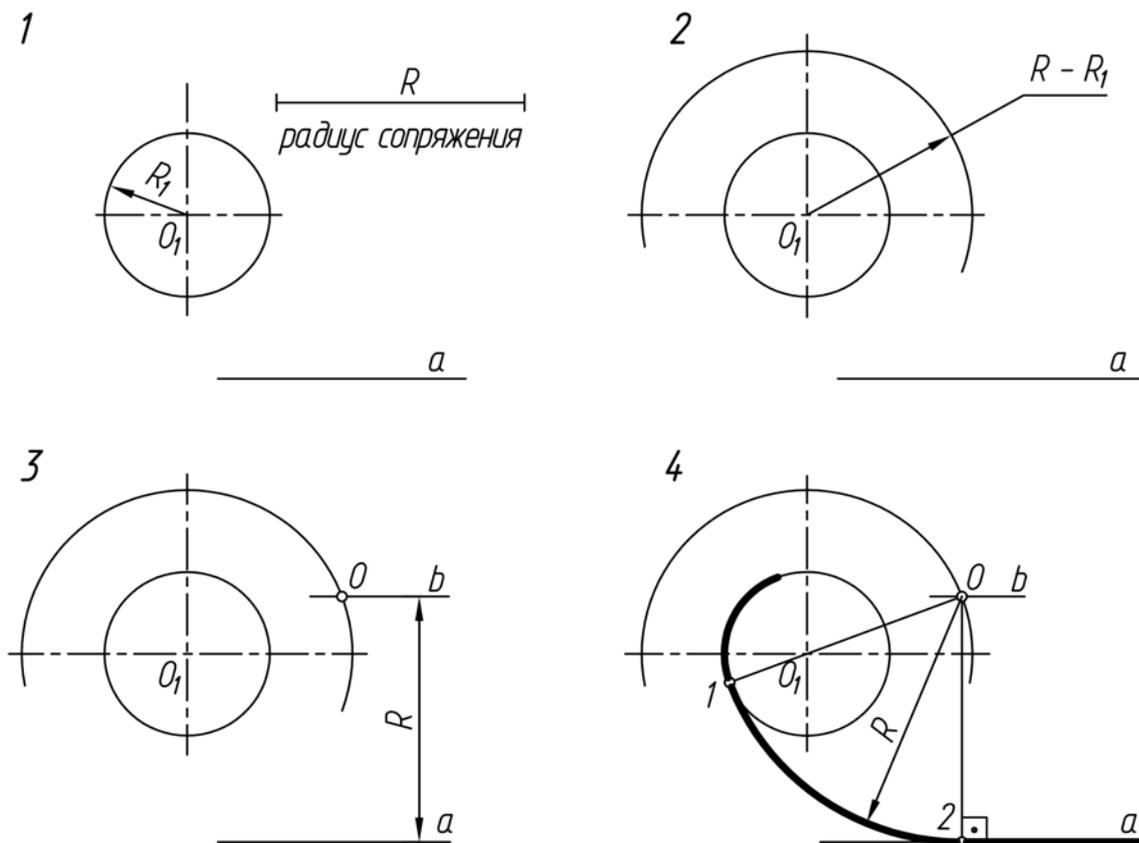


Рис. 78

- 1) Дана дуга окружности радиуса  $R_1$  с центром  $O_1$  и прямая  $a$ .
- 2) Проводим вспомогательную дугу радиуса  $(R-R_1)$  с центром  $O_1$ .
- 3) Проводим прямую  $b$ , параллельную прямой  $a$ , на расстоянии  $R$ . Получаем точку  $O$  – центр сопряжения.
- 4) Проводим прямую  $OO_1$ , отмечаем точку сопряжения  $1$ . Из точки  $O$  опускаем перпендикуляр на прямую  $a$ . Получаем точку сопряжения  $2$ . Проводим сопрягающую дугу из центра  $O$  радиуса  $R$  от точки  $1$  до точки  $2$ .

**Задача 5.** Построить внешнее сопряжение (рис. 79).

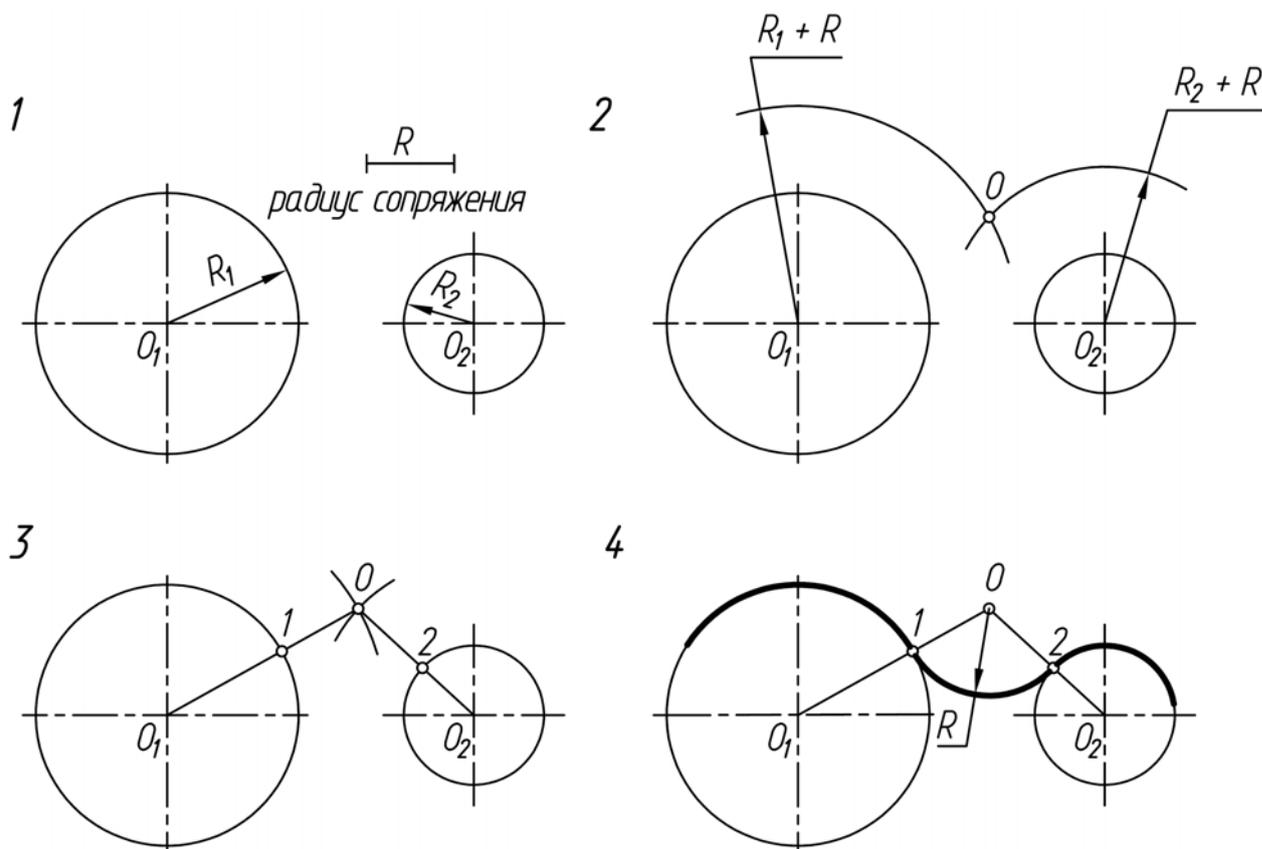


Рис. 79

- 1) Даны две окружности радиуса  $R_1$  и радиуса  $R_2$ .
- 2) Проводим вспомогательную дугу радиуса  $(R_1+R)$  из центра  $O_1$  и вспомогательную дугу радиуса  $(R_2+R)$  из центра  $O_2$ . Получаем центр сопряжения  $O$ .
- 3) Проводим прямую  $O_1O$ . Получаем точку сопряжения  $1$ . Проводим прямую  $O_2O$ , получаем точку сопряжения  $2$ .
- 4) Проводим сопрягающую дугу радиуса  $R$  из центра  $O$  от точки  $1$  до точки  $2$ .

**Задача 6.** Построить смешанное сопряжение (рис. 80).

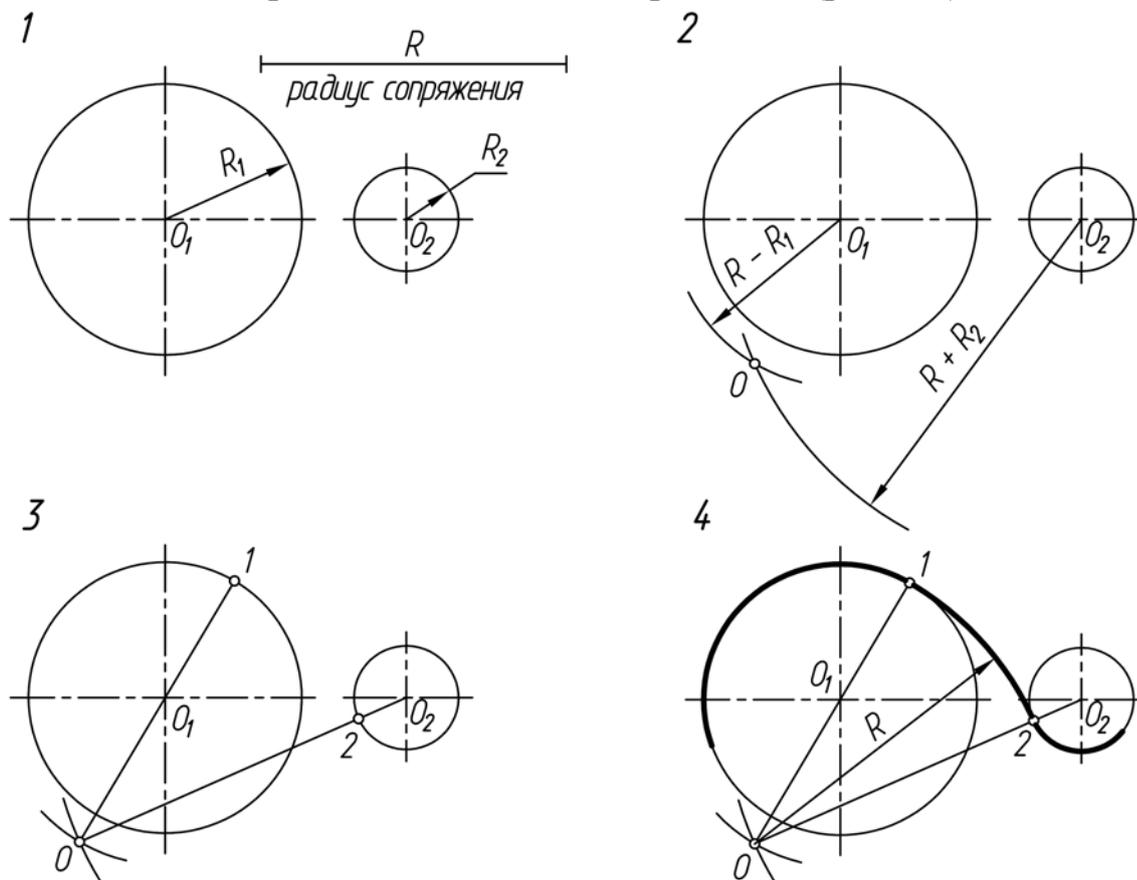
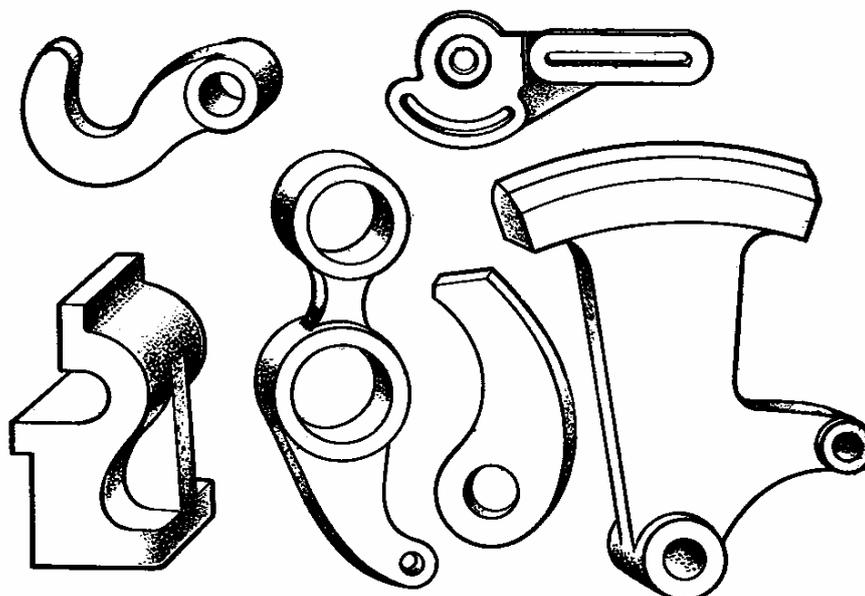


Рис. 80

- 1) Даны две окружности радиуса  $R_1$  и  $R_2$ .
- 2) Проводим вспомогательную дугу радиуса  $(R-R_1)$  из центра  $O_1$  и дугу радиуса  $(R+R_2)$  из центра  $O_2$ . Получаем точку  $O$  – центр сопряжения.
- 3) Проводим прямую  $OO_1$ , получаем точку сопряжения  $1$ . Проводим прямую  $OO_2$ , получаем точку сопряжения  $2$ .
- 4) Проводим сопрягающую дугу радиуса  $R$  из центра  $O$  от точки  $1$  до точки  $2$ .

Примеры сопряжений, которые встречаются при вычерчивании контуров технических деталей, показаны на рисунке.



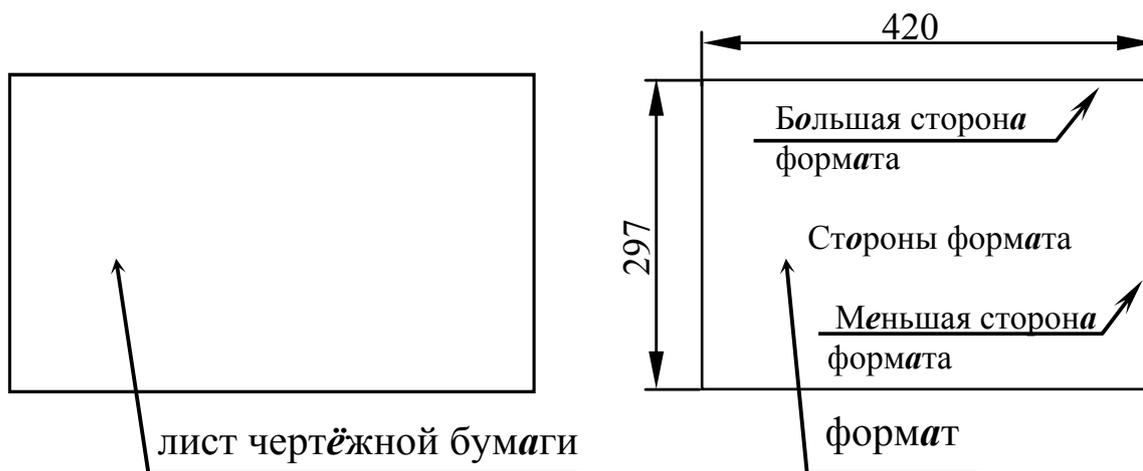
# ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

## § 9. Форматы (ГОСТ 2.301—68).

### Предтекстовые задания:

- 1) Определите значения слов:  
размер, формат, надпись, название, рамка.
- 2) Запомните правильное чтение размеров формата:  
210 х 297 мм – 210 на 297 мм
- 3) Прочитайте текст №1.

Все чертежи выполняют на чертежной бумаге. Чертежная бумага должна иметь определённые размеры. Формат – это лист чертежной бумаги стандартных размеров. Возможные размеры определяет государственный стандарт ГОСТ 2.301—68.



**РАЗМЕР ЛИСТА БУМАГИ – ЭТО ФОРМАТ ЧЕРТЕЖА.**

Размеры листа обозначают буквой А и цифрой. Листы могут располагаться горизонтально или вертикально. Лист А4 располагают только вертикально.

Стандарт определяет следующие основные форматы: *Таблица 1.*

Обозначение формата	A0	A1	A2	A3	A4
Размеры сторон формата, мм	841x1189	594x841	420x594	297x420	210x297

Когда это необходимо, можно использовать дополнительные форматы. Обозначение дополнительного формата состоит из обозначения основного формата, умноженного на число увеличения меньшей стороны формата. Например, А4х4 (размеры 841х297).

Кроме этого, разрешается использовать формат А5, который имеет размеры 210х148 мм (располагается только горизонтально).

На листе чертят рамку чертежа. Когда мы чертим рамку, то откладываем такие расстояния от сторон формата (внешней рамки):

слева – 20 мм, справа – 5 мм, сверху – 5 мм, снизу – 5 мм.

Внешнюю рамку формата чертим сплошной тонкой линией. Рамку чертежа (внутреннюю рамку) чертим сплошной толстой основной линией. Сплошная основная линия в два раза толще тонкой линии.

ОСНОВНАЯ НАДПИСЬ чертежа располагается в нижнем правом углу формата. Её габаритные размеры – 185х55 мм. Границу основной надписи также чертят сплошной толстой основной линией. Там пишут название чертежа, номер чертежа, номер группы, фамилию студента, фамилию преподавателя и др. Внутренние размеры основной надписи приведены на рис. 81.

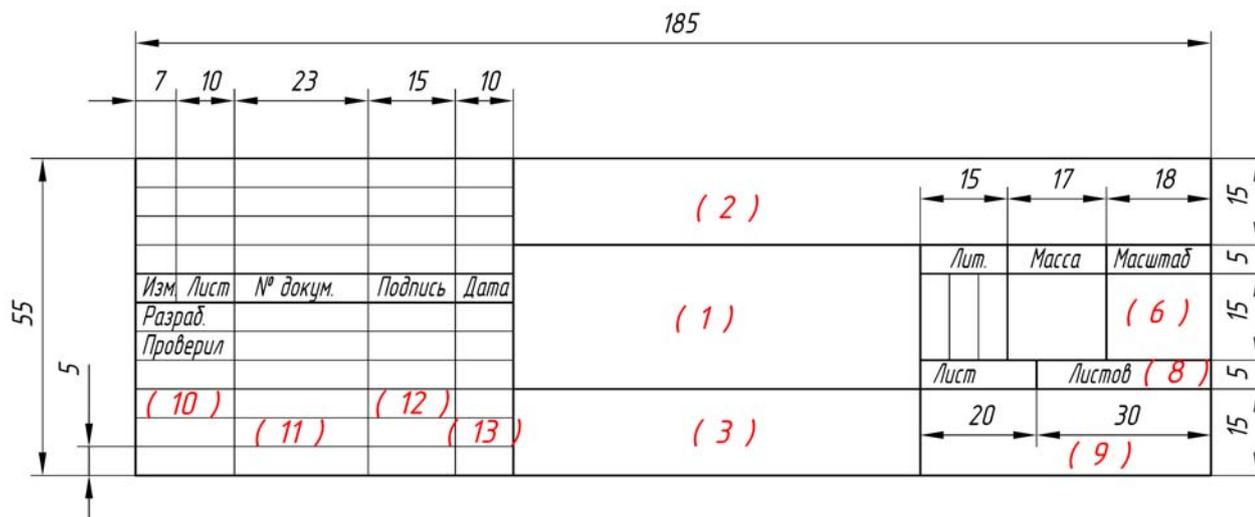


Рис. 81

### Послетекстовые задания:

- 4) Прочитайте правильно размеры форматов, данные в таблице 1.
- 5) Домашнее задание 1. Вычертите в тетради основную надпись по размерам, приведенным на рис. 81.

### **Задания для закрепления материала:**

б) Прочитайте и перескажите текст №2.

У меня есть лист чертежной бумаги. У моего товарища есть два листа чертежной бумаги. Эти листы чертежной бумаги не имеют стандартных размеров.

Мы чертим чертежи на форматах. Формат – это лист чертежной бумаги, стороны которого имеют стандартные размеры. Есть пять основных форматов: А0, А1, А2, А3, А4. Можно использовать формат А5, когда нужно.

Я черчу на листе чертежной бумаги формата А3. Формат А3 имеет стандартные размеры 420×297 мм. Когда мы чертим стороны формата (внешнюю рамку), мы чертим сплошные тонкие линии. Их толщина 1/3 мм.

Мой товарищ чертит рамку чертежа. Он откладывает расстояния от сторон формата: слева – 20 мм, справа, сверху и снизу – 5 мм. Он чертит горизонтальные и вертикальные линии внутренней рамки при помощи рейсшины и угольника. Линии рамки – это сплошные толстые основные линии. Их толщина 1 мм. Расстояние слева – 20 мм используют для брошюровки.

Преподаватель выполняет чертеж на дополнительном формате А1×2. Этот формат имеет размеры 1682×594 мм.

На всех чертежах имеется основная надпись. Она находится на чертеже справа внизу (ГОСТ 2.104-68). Стандарт устанавливает форму, размеры и порядок заполнения основной надписи. Основная надпись имеет размеры 185×55 мм. Когда студенты чертят контуры основной надписи, они откладывают расстояния от нижнего правого угла внутренней рамки (рамки чертежа): вверх – 55 мм, влево – 185 мм. На формате А4 основную надпись чертят только по короткой (меньшей) стороне формата.

Основная надпись имеет графы. Расположение и размеры граф даны на рис. 81. Пишут в графах стандартным шрифтом. На учебных чертежах заполняют графы 1, 2, 3, 6, 8-13 (см. таблицу 2 и рис. 81).

Таблица 2

№ графы	Содержание	Размер шрифта
1	Наименование изделия или название темы в именительном падеже, на первом месте имя существительное, например: "Шрифты чертежные"	5-7
2	Обозначение (номер) чертежа, например: <i>ФПИГ. 010203. 001</i> где ФПИГ - название факультета и дисциплины, 01 - номер группы, 02 - номер темы (задания), 03 - номер варианта (студента по списку) 001 - номер листа в задании.	7
3	Обозначение материала (только для деталей)	3.5
6	Масштаб изображения	5
8	Количество листов. Если чертеж выполнен на одном листе, пишут цифру 1.	3.5
9	Название университета ( <b>ХНАДУ</b> )	5
10	"Разработал", "Проверил"	3.5
11	Фамилия учащегося и преподавателя	3.5
12	Подписи	
13	Дата	3.5

7) Прочитайте текст №3. Перескажите его товарищу.

Это чертеж. Он имеет рамку и основную надпись. Основную надпись выполняют по правилам ГОСТ 2.104-68. Она находится на чертеже справа внизу. Основная надпись имеет размеры 185x55 мм.

Мы измеряем расстояния 55 и 185 мм при помощи измерителя и линейки. Мы откладываем эти размеры от нижнего правого угла рамки чертежа. Чертим горизонтальные и вертикальные линии – контур основной надписи. Чертим графы основной надписи. Все вертикальные линии и 6 горизонтальных линий основной надписи – это сплошные толстые основные линии. Их толщина – 1 мм. Остальные горизонтальные линии – сплошные тонкие линии. Их толщина – 1/3 мм.

Когда мы заполняем основную надпись, мы пишем в графах основной надписи: обозначение чертежа – (2), название чертежа или наименование изделия – (1), масштаб – (6), название университета – (9),

"Разраб.", "Пров." – (10), свою фамилию и фамилию преподавателя – (11), подписи – (12), дату – (13). Когда мы чертим чертеж детали, в графе 3 пишем обозначение материала.

Остальные графы учащиеся не заполняют. В графах 1 и 2 мы пишем шрифтом размера 7; в графах 3, 10-13 – шрифтом размера 3.5; в графах 6 и 9 – шрифтом размера 5.

8) Закончите предложения, напишите их в тетради.

**Образец:** Формат А5 имеет размеры сторон 148x210 мм.

Формат А0 имеет размеры сторон .....

Формат А1 имеет размеры .....

Размеры сторон 420x594 мм имеет формат .....

Размеры внешней рамки ..... имеет формат А3.

Формат А4 имеет размеры .....

9) Ответьте на вопросы.

Что такое формат?

Какие форматы вы знаете?

Сколько основных форматов? Как их обозначают?

Какие стандартные размеры имеют основные форматы?

Как обозначают дополнительные форматы?

Напишите размеры дополнительных форматов А4х3; А2х3, А3х4.

Какие расстояния мы откладываем, когда чертим рамку чертежа (внутреннюю рамку)?

Какая толщина линии рамки формата; рамки чертежа?

Где находится основная надпись на чертеже?

Какие графы основной надписи заполняют учащиеся?

Назовите размеры контура основной надписи.

## **§ 10. Масштабы (ГОСТ 2.302 – 68).**

### **Предтекстовые задания:**

1) Понятны ли Вам словосочетания:

изображение предмета

увеличить изображение предмета

уменьшить изображение предмета.

- 2) Прочитайте правильно:
- масштаб 1:1 (один к одному)
  - масштаб 2:1 (два к одному)
  - масштаб 1:2 (один к двум)
  - масштаб 1:10 (один к десяти)
  - масштаб 4:1 (четыре к одному)

- 3) Прочитайте предложения.

Масштаб 1:1 показывает, что изображение предмета на чертеже имеет такие же размеры, как и сам предмет.

Масштаб 2:1 показывает, что изображение предмета на чертеже в два раза больше, чем сам предмет.

Масштаб 1:2 показывает, что изображение предмета на чертеже в два раза меньше, чем сам предмет.

- 4) Прочитайте текст №1.

**МАСШТАБ – ЭТО ОТНОШЕНИЕ РАЗМЕРОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРЕДМЕТА К РАЗМЕРАМ САМОГО ПРЕДМЕТА.**

Масштаб 1 : 1 – натуральная величина.

Масштаб 1 : 2 – масштаб уменьшения (М 1 : 2).

Масштаб 2 : 1 – масштаб увеличения (М 2 : 1).

Размерные числа на чертеже всегда показывают натуральные размеры предмета.

- 5) Правильно прочитайте масштабы, приведенные в таблице 3.

*Таблица 3.*

Масштабы уменьшения	1 : 2	1 : 2,5	1 : 4	1 : 5	1 : 10
Натуральная величина	1 : 1				
Масштабы увеличения	2 : 1	2,5 : 1	4 : 1	5 : 1	10 : 1

**Послетекстовые задания:**

- 6) Ответьте на вопросы:

Чертеж выполнен в масштабе 1:1. Что это значит?

Чертеж выполнен в масштабе 1:5. Что это значит?

Чертеж выполнен в масштабе 4:1. Что это значит?

### Задания для закрепления материала:

7) Прочитайте и перескажите текст №2.

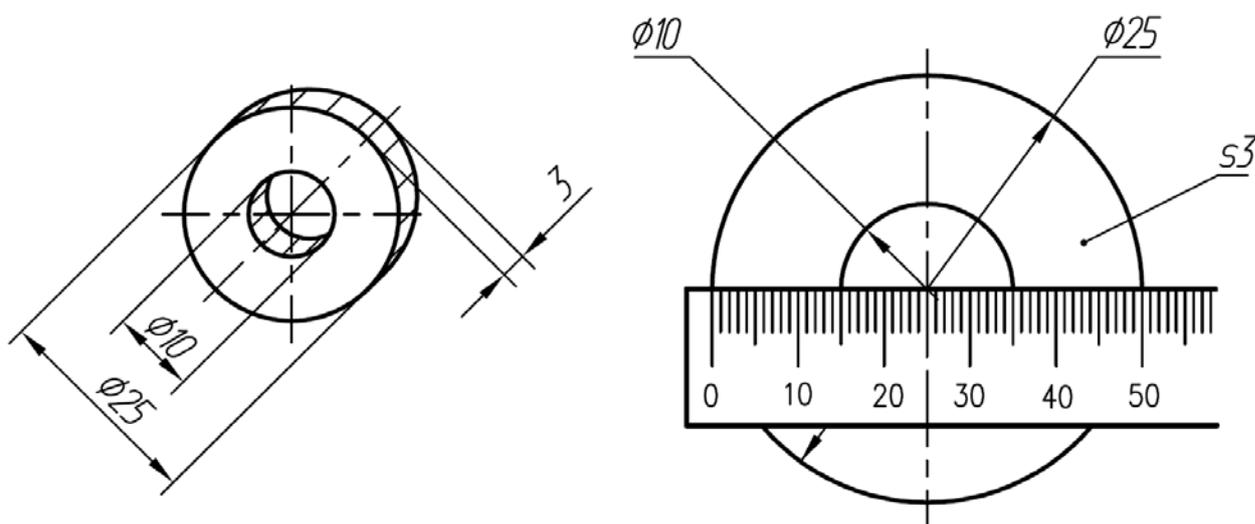
**Обратите внимание:** знак  $\varnothing$  – диаметр.

### МАСШТАБЫ - ГОСТ 2.302-68

Размерные числа на чертеже – это действительные размеры детали.

Когда выполняют чертеж детали, не всегда откладывают ее действительные линейные размеры. Когда чертят большие детали, линейные размеры детали уменьшают.

Чтобы узнать размеры изображения детали, мы измеряем их на чертеже.



Это деталь. Ее название – шайба. Шайба имеет размеры:  $\varnothing 25$ ,  $\varnothing 10$ , 3 – это действительные линейные размеры детали.

а)

Это чертеж детали. На чертеже показано изображение детали.  $\varnothing 25$ ,  $\varnothing 10$ , 3 – это размерные числа.

б)

Рис. 82

Определяем размеры изображения детали (рис. 82, б). Имеем  $\varnothing 50$ ,  $\varnothing 20$ . Размеры изображения детали больше, чем действительные размеры детали (размерные числа)  $\varnothing 10$ ,  $\varnothing 25$  в два раза:

$$\frac{\varnothing 20}{\varnothing 10} = \frac{\varnothing 50}{\varnothing 25} = 2 = 2 : 1$$

Изображение детали больше в два раза, чем сама деталь.

Изображение детали вычерчено в масштабе два к одному (M2:1).

МАСШТАБ – это отношение линейных размеров изображения предмета к действительным линейным размерам предмета.

$\text{Масштаб} = \frac{\text{линейные размеры изображения}}{\text{действительные линейные размеры}} =$ $= \frac{\text{длина размерной линии на чертеже}}{\text{размерное число}}$
--

Масштаб обозначают буквой "М" и пишут: М1:1, М1:2, М2:1 и т.д. В графе "Масштаб" основной надписи букву М не пишут. Слово "Масштаб" есть в заголовке графы. Пишут только отношение: 1:1, 1:2, 2:1 и т.д.

По ГОСТ 2.302-68 в черчении разрешается применять следующие масштабы:

Масштабы уменьшения: 1:2; 1:2.5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20 и т.д.

Натуральная величина 1:1

Масштабы увеличения: 2:1; 2.5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1 и т.д.

Изображение одной и той же детали в разных масштабах показано на рис. 83.

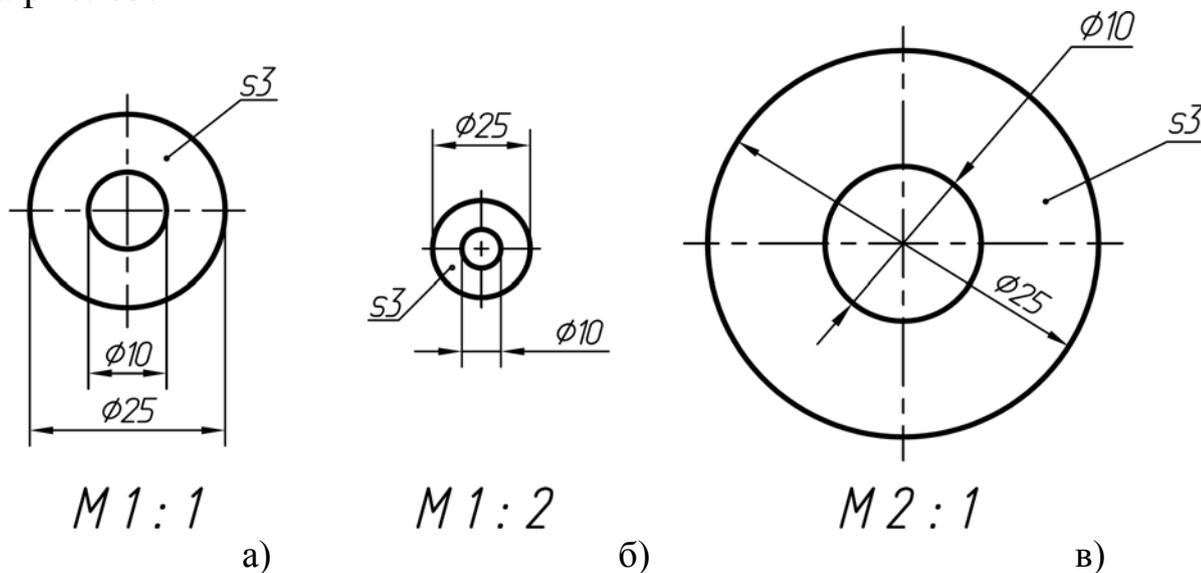


Рис. 83

а) Линейные размеры изображения равны действительным линейным размерам детали. Разделим размеры изображения детали на ее действительные размеры:

$$\frac{\varnothing 25}{\varnothing 25} = 1 = 1 : 1 \qquad \frac{\varnothing 10}{\varnothing 10} = 1 = 1 : 1$$

М1:1 – это натуральная величина (рис. 83, а).

б) Размеры изображения детали (длины размерных линий) равны:  $\varnothing 5$ ;  $\varnothing 12.5$ , т.е. в два раза меньше, чем действительные линейные размеры (размерные числа):

$$\frac{\varnothing 12.5}{\varnothing 25} = 0.5 = 1 : 2 \qquad \frac{\varnothing 5}{\varnothing 10} = 0.5 = 1 : 2$$

M1:2 – это масштаб уменьшения (рис. 83, б).

в) Размеры изображения детали равны:  $\varnothing 20$ ,  $\varnothing 50$ , т.е. в два раза больше, чем действительные линейные размеры:

$$\frac{\varnothing 50}{\varnothing 25} = 2 = 2 : 1 \qquad \frac{\varnothing 20}{\varnothing 10} = 2 = 2 : 1$$

M2:1 – это масштаб увеличения (рис. 83, в).

### Запомните!

Размер	чего?	изображения детали детали
Изображение	чего?	детали
Масштаб	чего?	уменьшения увеличения
Чертить	как?	в масштабе
Увеличить - увеличивать Уменьшить - уменьшать Узнать - узнавать Измерить - измерять	что?	размер, —ы
Больше, чем Меньше, чем	чем что?	сама деталь размеры детали

8) Прочитайте текст №3. Расскажите текст товарищу.

Детали бывают маленькие и большие. Чтобы сделать детали, надо иметь их чертежи. Когда чертят чертежи, используют масштаб.

Масштаб показывает, во сколько раз линейные размеры изображения детали больше или меньше, чем действительные линейные размеры детали.

Когда чертят детали, которые имеют маленькие действительные размеры, используют масштаб увеличения.

Когда чертят детали, которые имеют большие действительные размеры, используют масштаб уменьшения.

Когда используют масштаб 1:1, размеры изображения равны действительным размерам детали.

Масштаб изображения предмета определяет формат.

### Графические задания для закрепления материала:

- 9) Начертите окружность диаметром 200 мм в масштабе 1:10. Нанесите размер.

*[Решение: Имеем  $\varnothing 200$  – действительный размер диаметра окружности;  $M1:10$  – масштаб уменьшения. Чтобы начертить окружность в данном масштабе, надо знать размер диаметра изображения окружности. Отношение 1:10 показывает, что размер диаметра изображения окружности в 10 раз меньше, чем действительный размер диаметра окружности:  $200/10=20$  мм. Чертим окружность диаметром 20 мм. На чертеже наносим действительный размер диаметра окружности 200 мм и записываем масштаб –  $M1:10$  (смотри рис. 83).]*

- 10) Начертите окружность  $\varnothing 40$  в масштабах – 2.5:1; 1:2; 2:1; 1:5; 1:1.

- 11) Начертите 5 окружностей  $\varnothing 20$  мм. Нанесите размер  $\varnothing 200$ ,  $\varnothing 20$ ,  $\varnothing 100$ ,  $\varnothing 0.2$ ,  $\varnothing 2$ . Определите и запишите масштаб изображения.

- 12) Определите размер "X" по рис. 84.

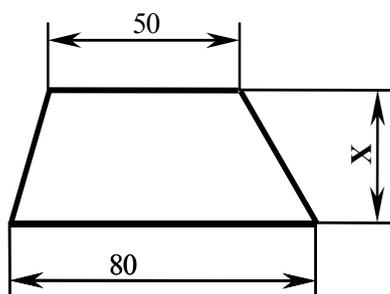


Рис. 84

- 13) Ответьте на вопросы:

1. Что называется масштабом?
2. Какие масштабы бывают?
3. Как обозначают масштаб на чертеже?
4. Что показывает масштаб?
5. Что показывает размер на чертеже?
6. Когда применяют масштабы уменьшения и увеличения?
7. Где масштаб записывают 2:1, 1:2, а где  $M2:1$ ,  $M1:2$ ?

## § 11. Линии чертежа (ГОСТ 2.303—68).

### Предтекстовые задания:

1) Определите значения слов:  
штрих, пунктир, контур, длина, пересечение.

2) Выполните по образцу.

**Образец:** ось – осевая линия.

штрих – ..... центр – .....

пунктир – ..... контур – .....

размер – .....

3) Запомните словосочетания:

сплошная толстая основная

сплошная тонкая

штриховая

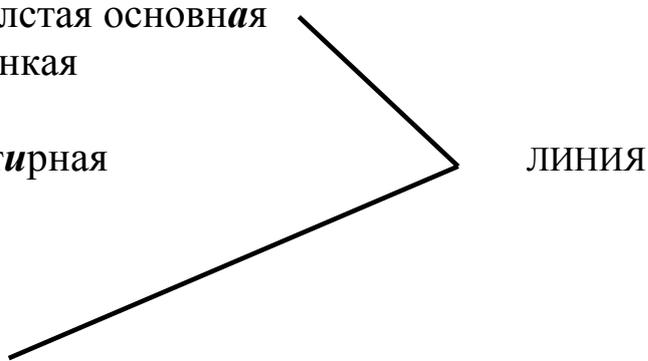
штрих-пунктирная

видимая

невидимая

выносная

размерная



4) Прочитайте текст №1, ответьте на вопрос: что такое линии чертежа?

Стандарт 2.303—68 устанавливает начертание и назначение линий, которые применяются при выполнении чертежей деталей.

1. Сплошная толстая основная линия (рис. 85, 1).

2. Сплошная тонкая линия (рис. 85, 2).

3. Штриховая линия (рис. 85, 3).

4. Штрих-пунктирная линия (рис. 85, 4).

Линии, которые мы видим на предмете, – это линии видимого контура. Когда чертят линии видимого контура, используют сплошную основную линию (рис. 85, 5).

Линии, которые мы не видим на предмете – это линии невидимого контура. Когда чертят линии невидимого контура, используют штриховую линию (рис. 85, 5).

Выносные и размерные линии показывают размер предмета. Когда чертят выносные и размерные линии, используют сплошную тонкую линию (рис. 85, 5).

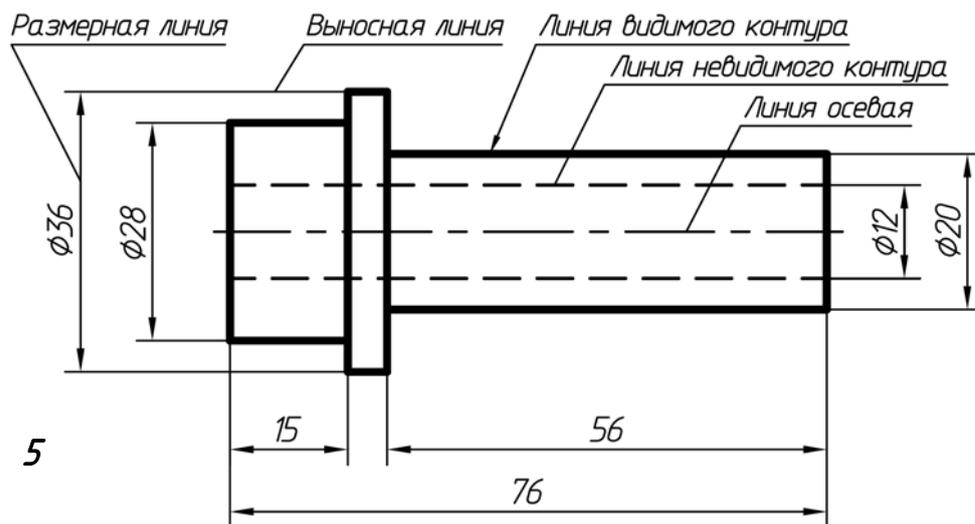
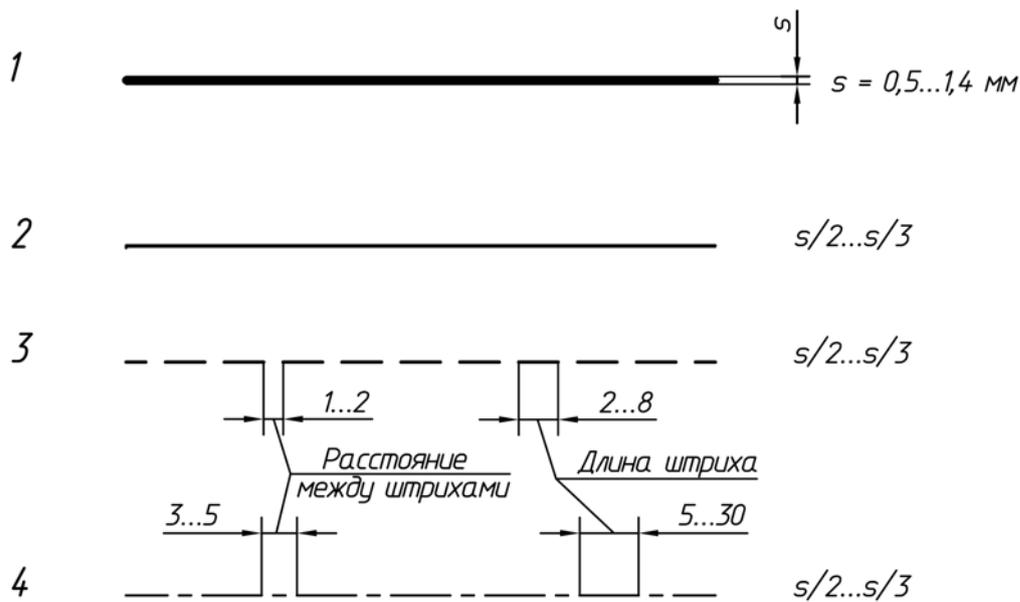


Рис. 85

Когда чертят осевые и центровые линии, используют штрих-пунктирную линию (рис. 85, 5). Штрихи штриховой линии имеют одинаковую длину (рис. 85, 3). Штрихи штрих-пунктирной линии тоже имеют одинаковую длину (рис. 85, 4). Расстояние между штрихами одинаково.

На рис. 86 показано пересечение линий на чертеже. Пересечение штриховых линий, штриховых и сплошных, штрих-пунктирных линий выполняют обязательно на штрихе.

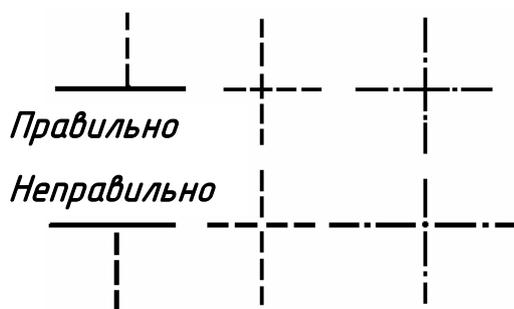


Рис. 86

На рис. 87 вы видите круг. Наклонные параллельные линии – это линии штриховки. Когда чертят линии штриховки, используют сплошную тонкую линию. Расстояние между линиями штриховки 2...5 мм.

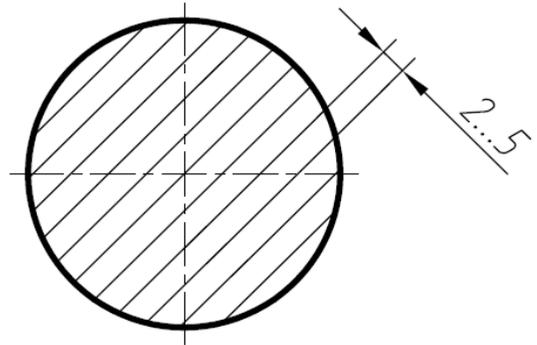


Рис. 87

Когда чертят сплошную толстую основную линию, используют карандаш М или ТМ (В, НВ, или F).

Когда чертят штриховую линию, используют карандаш Т.

Когда чертят сплошную тонкую или штрих-пунктирную линию, используют карандаш Т или 2Т (Н или 2Н).

Когда пишут буквы и цифры, используют карандаш ТМ (НВ или F).

**Послетекстовые задания:**

- 5) Вставьте вместо точек необходимые слова из текста.
- Выносные и размерные линии показывают ..... предмета.
  - Штрихи штриховой линии имеют ..... длину.
  - Расстояния между штрихами .....
  - Пересечение штрих-пунктирных линий выполняют на .....

- 6) Составьте фразы из данных словосочетаний по модели:

Когда чертят ..... используют .....

видимый контур	карандаш М или В
невидимый контур	штрих-пунктирная линия
выносные линии	карандаш ТМ или НВ
осевые линии	сплошная основная линия
линии штриховки	штриховая линия
штриховые линии	сплошная тонкая линия
штрих-пунктирные линии	карандаш Т или Н

- 7) **Домашнее задание 2.** Начертите на формате А4 линии, показанные на образце (рис. 88).

<b>ФПИГ. 010901. 001</b>				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Хараре Абд</i>			<i>14.03.07</i>
<i>Проверил</i>	<i>Черников А.В.</i>			
<b>Типы линий</b>			<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>
			<i>Лист</i>	<i>Листов</i> 1
<b>ХНАДУ</b>				

Рис. 88

### Задания для закрепления материала:

8) Прочитайте текст №2. Изучите рисунки. Ответьте на вопросы.

#### ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА

Мы чертим и видим на чертеже только стандартные линии. Линии на чертежах мы чертим по правилам ГОСТ 2. 303-68.

Это сплошная толстая основная линия.

Ее толщина  $S = 0.6 - 1.4$  мм (от 0.6 до 1.4 миллиметра).



Это сплошная тонкая линия.

Ее толщина  $\frac{S}{3} - \frac{S}{2}$ .



Это штриховая линия.

Ее толщина  $\frac{S}{3} - \frac{S}{2}$ .

Длина штриха 2 – 8 мм.

Расстояние между штрихами 1 – 2 мм.

Это штрих-пунктирная тонкая линия.

Ее толщина  $\frac{S}{3} - \frac{S}{2}$ .

Расстояние между штрихами 3 – 5 мм.

Длина штриха 5 – 30 мм

Длина маленького штриха – 1 мм



На подготовительном факультете студенты выполняют учебные чертежи.

Запомните размеры для учебного чертежа.

Толщина сплошной основной линии      –       $S = 1$  мм

Толщина сплошной тонкой линии      –       $\frac{S}{3} = 1/3$  мм

Толщина штриховой линии      –       $\frac{S}{2} = 1/2$  мм  
длина штриха – 5 мм,  
расстояние между штрихами – 1 мм.

Толщина штрих-пунктирной тонкой линии      –       $\frac{S}{3} = 1/3$  мм  
длина штриха 10–15 мм,  
расстояние между штрихами – 3 мм.

Пересечение штрихов в центре окружности обязательно (рис. 89).

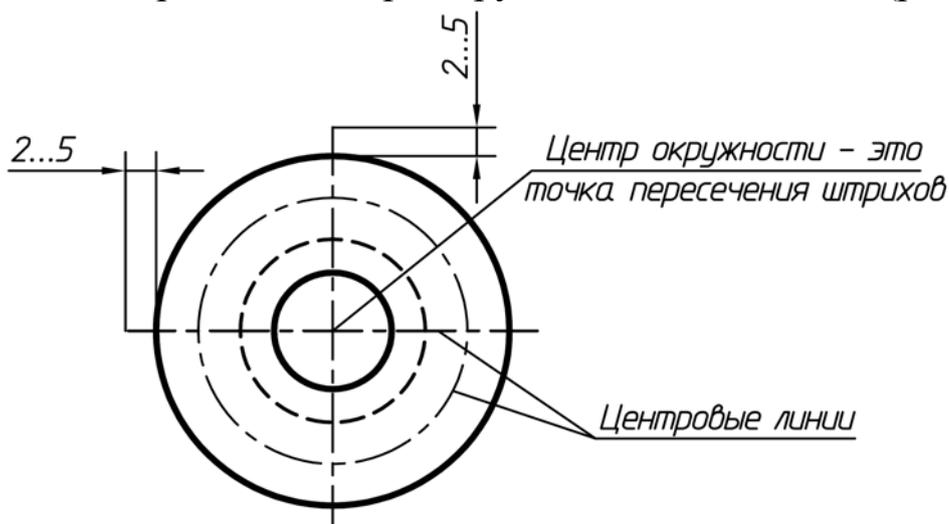


Рис. 89

Детали выполняют из разных материалов. На чертеже материал показывают (штрихуют) по правилам ГОСТ 2. 306-68.

Линии штриховки – это параллельные наклонные сплошные тонкие линии. Их угол наклона  $45^\circ$ . Расстояние между линиями штриховки может быть равно 1–10 мм. Для учебного чертежа оно равно 2 мм (рис. 90).

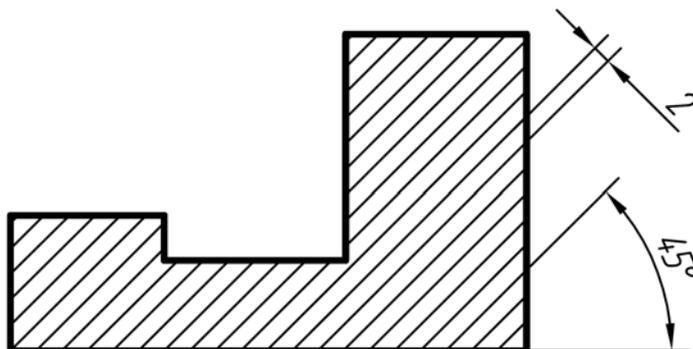


Рис. 90

Это чертеж детали (рис. 91). Деталь – это часть машины или механизма. На чертеже мы видим стандартные линии чертежа (ГОСТ 2. 303-68).

Контур детали – это сплошные толстые основные линии. Их толщина  $S$  ( $S = 1$  мм). Мы видим сплошные тонкие линии. Толщина сплошной тонкой линии  $S/3$ .

Ты видишь штриховую линию? Линии невидимого контура детали мы чертим при помощи штриховых линий. Толщина штриховой линии –  $S/2$ . На чертеже длина всех штрихов одинаковая, расстояние между штрихами также одинаковое.

Центровые линии – это штрих-пунктирные тонкие линии. Их толщина –  $S/3$ . На чертеже длина всех штрихов одинаковая, расстояние между штрихами одинаковое.

Центр окружности – это точка пересечения штрихов. Когда студенты чертят линии построения, они используют твердый карандаш (Т или 2Т). Линия построения – это сплошная тонкая линия.

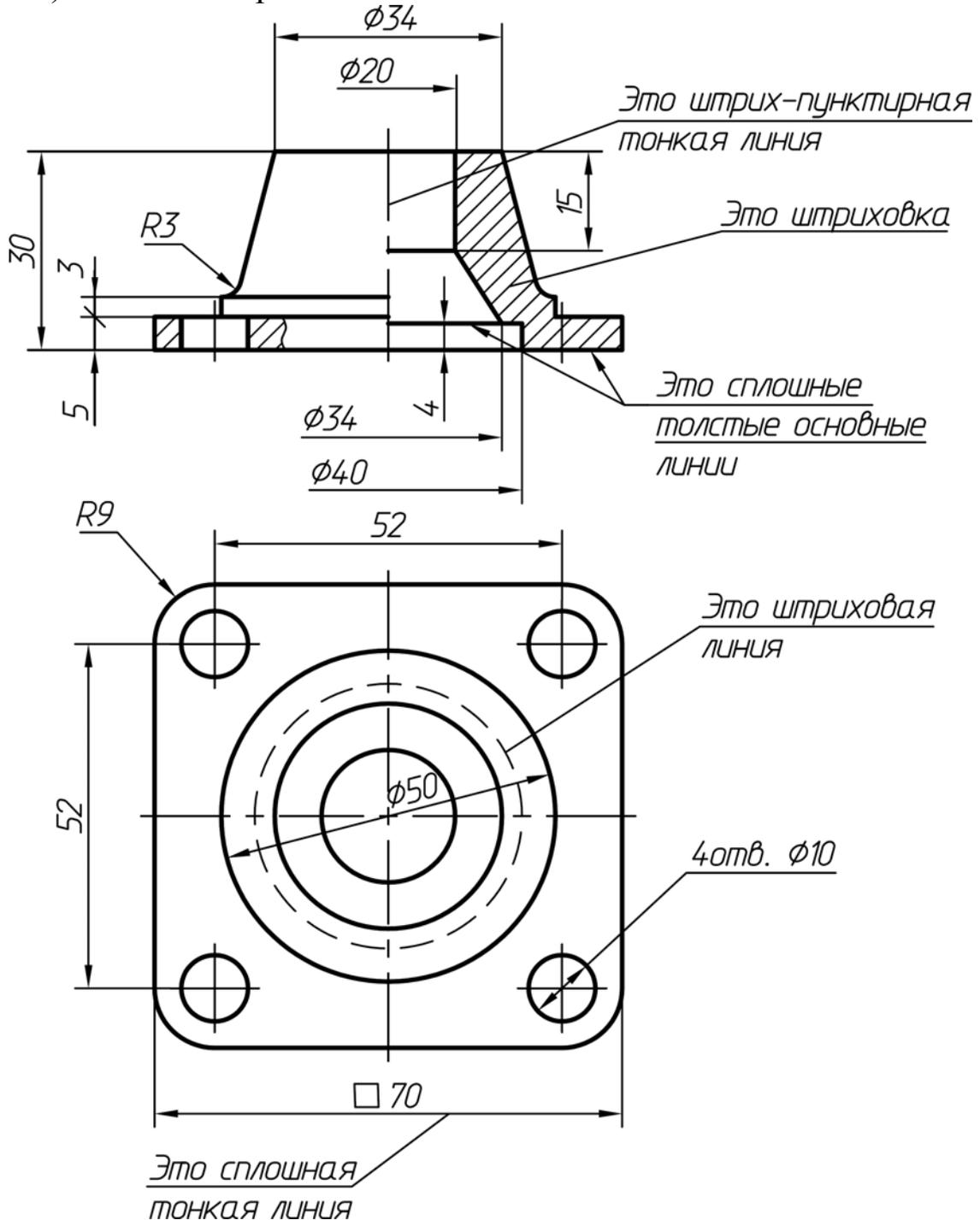


Рис. 91 Чертеж детали

Когда студенты обводят тонкие и штрих-пунктирные линии, они используют твердый или средний карандаш. Когда обводят штрихо-

вые линии – используют средний карандаш. Сплошные толстые линии обводят при помощи мягкого карандаша. Линии штриховки – это наклонные параллельные линии. Их толщина  $S/3$ . Угол наклона линий к рамке чертежа или осевой линии детали равен  $45^\circ$  (см. рис. 92: а, б).

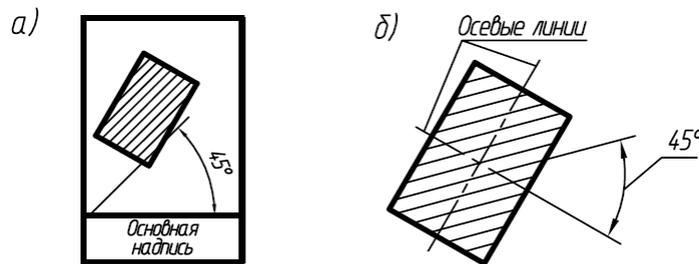


Рис. 92

Если угол наклона контура или оси детали равен  $45^\circ$ , то угол штриховки следует брать равным  $30^\circ$  или  $60^\circ$  (рис. 93, слева).

Тонкие детали  $\leq 2$  мм не штрихуют. Чертят сплошную толстую линию. Ее толщина равна толщине детали (рис. 93, справа).

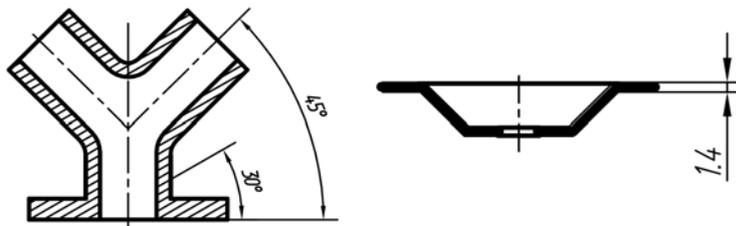


Рис. 93

9) Расскажите текст товарищу. Смотрите на чертеж детали и показывайте стандартные линии чертежа (см. рис. 91).

10) Вы видите на чертеже (рис. 94) стандартные линии.

Напишите в тетради, какие это линии, какая их толщина, какие карандаши надо использовать для их вычерчивания.

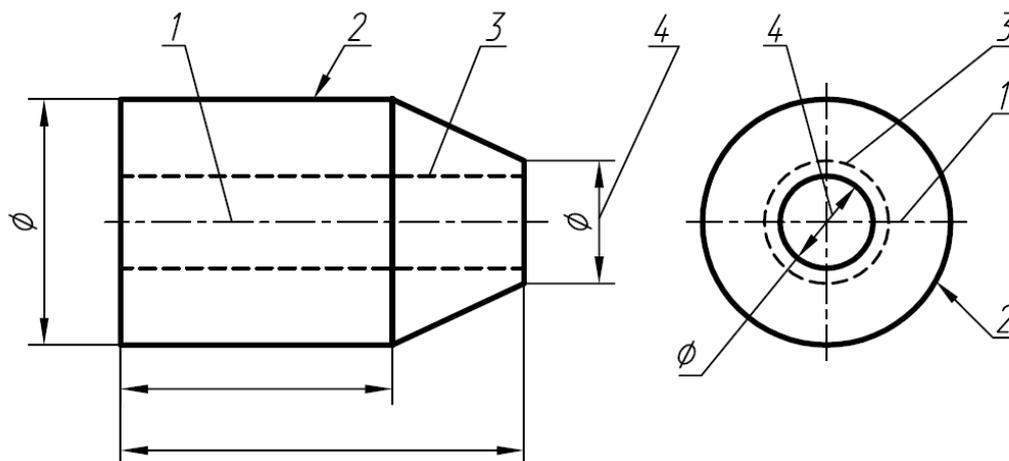


Рис. 94

11) Ответьте на вопросы:

1. Какие линии мы чертим и видим на чертеже?
2. Какая толщина сплошной толстой основной линии?
3. Какая толщина штриховой линии?
4. Какие линии мы используем, когда чертим центровые (осевые) линии?
5. Какие линии мы используем, когда чертим штриховку?
6. Какая длина штриха: штриховой линии, штрих-пунктирной тонкой линии?
7. Чему равно расстояние между штрихами: штриховой линии, штрих-пунктирной тонкой линии?
8. Чему равно расстояние между линиями штриховки?
9. Какой угол наклона линий штриховки к контуру детали?
10. Как штрихуют тонкие детали?

## § 12. Шрифт (ГОСТ 2.304—81).

### Предтекстовые задания:

- 1) Определите значения слов:  
прописная буква, строчная буква, шаг, сетка.
- 2) Обратите внимание на однокоренные слова:  
высокий – высота,  
толстый – толщина,  
широкий – ширина.
- 3) Прочитайте текст №1.  
Ответьте на вопрос: что такое размер шрифта?

Каждый чертёж имеет надписи, буквы и цифры. Чертёжный шрифт – это прописные буквы, строчные буквы, цифры и знаки на чертеже. **РАЗМЕР ШРИФТА – ЭТО ВЫСОТА ПРОПИСНОЙ БУКВЫ** (в мм).

Размер шрифта  $h$  бывает: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14.

Буквы и цифры имеют угол наклона  $75^\circ$  или  $90^\circ$ .

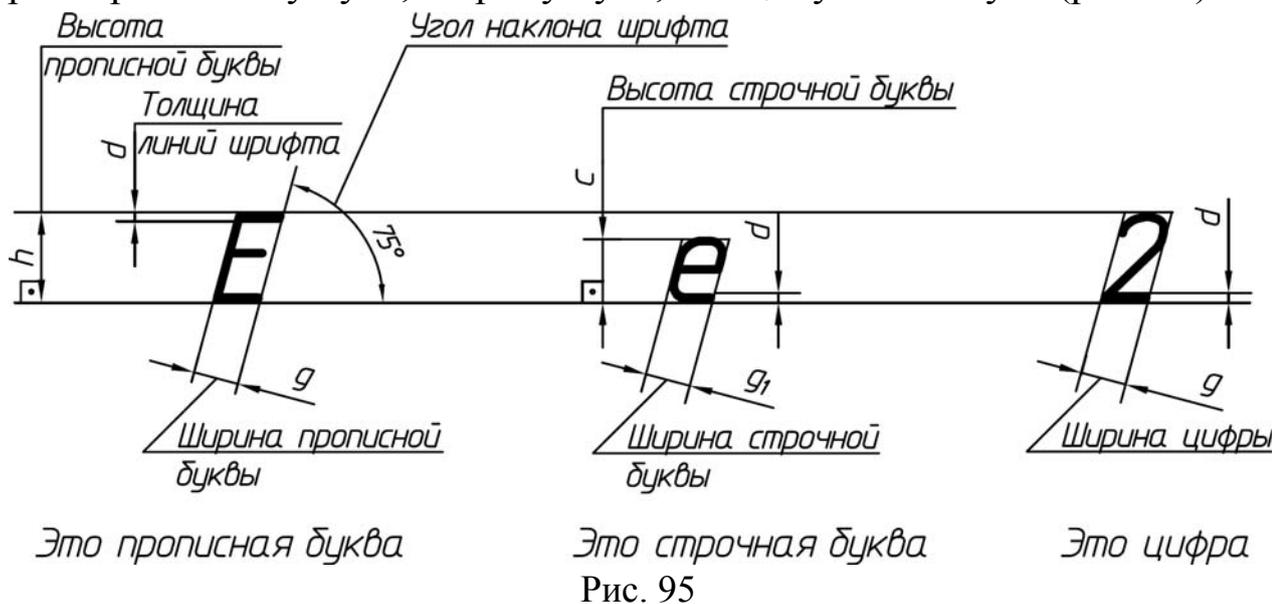
Шрифт бывает типа А и типа Б.

Тип Б имеет толщину линий  $d = 1/10h$ . Высота строчных букв, расстояние между буквами, ширина букв, минимальный шаг строк, минимальное расстояние между словами определяются по сетке.

#### 4) Прочитайте текст №2.

Все надписи на чертежах должны выполняться чертежным шрифтом. Шрифт чертежный – это стандартные буквы, цифры и знаки, которые пишут на чертеже. Шрифт пишут по правилам ГОСТ 2.304-81. Стандарт устанавливает два типа шрифта: А и Б (каждый из них может быть без наклона или с наклоном около  $75^\circ$ ). При выполнении учебных чертежей используют шрифт типа Б с наклоном (рис. 99). Угол наклона шрифта –  $75^\circ$

Когда мы пишем стандартные буквы, нам нужно знать такие параметры: высоту букв, ширину букв, толщину линии букв (рис. 95).



Параметры  $c$ ,  $g$ ,  $g_1$  и  $d$  зависят от высоты прописных букв  $h$  (смотри таблицу 4).

Высота прописных букв – это размер шрифта.

Приняты такие стандартные размеры шрифта: 2.5; 3.5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Шрифт размером 1.8 не рекомендуется.

Высота прописных букв 3.5 мм – это размер шрифта 3.5. Высота прописных букв 7 мм – это размер шрифта 7 и т.д.

Размер шрифта 2.5 – это высота прописных букв 2.5 мм; размер шрифта 3.5 – это высота прописных букв 3.5 мм и т.д.

Когда мы пишем слова и предложения, нам нужно знать такие параметры: расстояние между буквами, расстояние между словами и расстояние между строками (рис. 96).

Таблица 4

Зависимость параметров  $c$ ,  $g$ ,  $g_1$  от  $h$ 

Элементы шрифта	Параметры шрифта	
	Высота	Ширина
Прописные буквы и цифры	$h$	$g$
1	$h$	$3/10h$
Г Е З С 2 3 5 6 7 8 9 0	$h$	$5/10 h$
Б В Й К Л Н О П Р Т У Ч Ъ Э Я 4	$h$	$6/10 h$
А Д М Х Ц Ы Ю	$h$	$7/10 h$
Ж Ш Ф Ъ	$h$	$8/10 h$
Щ	$h$	$9/10 h$
Строчные буквы	$c$	$g_1$
з с	$7/10h$	$4/10h$
г е и й к л н о п х ч ъ э я	$7/10h$	$5/10h$
б в д р у	$h$	$5/10h$
а м ц ъ ы ю	$7/10h$	$6/10h$
ж т ш	$7/10h$	$7/10h$
ф	$12/10h$	$7/10h$
щ	$7/10h$	$8/10h$

Толщина линии шрифта  $d=1/10h$ .

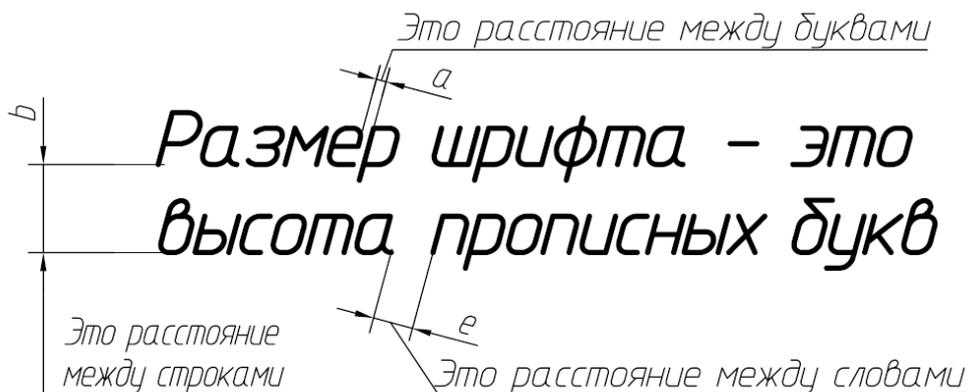


Рис. 96

Параметры  $a$ ,  $b$  и  $e$  также зависят от  $h$ . Расстояние между буквами и цифрами  $a=2/10h$ . Минимальное расстояние между словами и числами  $e=6/10h$ . Минимальное расстояние между строками  $b=17/10h$ .

Нельзя писать прописные буквы в середине слова или фразы (кроме аббревиатур, имен собственных).

Расстояния между буквами, соседние линии которых непараллельны (ГА, АГ, ТА, РА, АФ, ЕЖ, ГД, Ге, Те и т.д.), уменьшают на величину  $1/10h$  ( $d$ ).

Шрифты пишут по сетке. Сетка образуется вспомогательными линиями с шагом  $d$  ( $h/10$ ). Она применяется для развития навыков выполнения шрифтов (рис. 97, слева).

Упрощенная вспомогательная сетка, которой пользуются при получении навыков. Ширина букв и цифр равна основанию параллелограмма, в который они вписаны (рис. 97, справа).

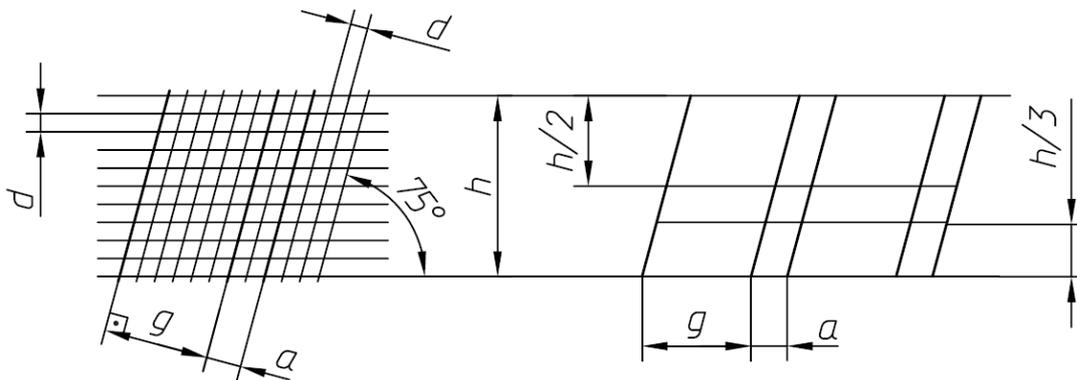


Рис. 97

Так чертят сетку при помощи рейсшины или линейки и двух угольников (рис. 98)  $\angle 75^\circ = (\angle 45^\circ + \angle 30^\circ)$ . Изучать написание букв, цифр и знаков чертежного шрифта рекомендуется не в алфавитном порядке, а по сложности и однотипности их начертания.

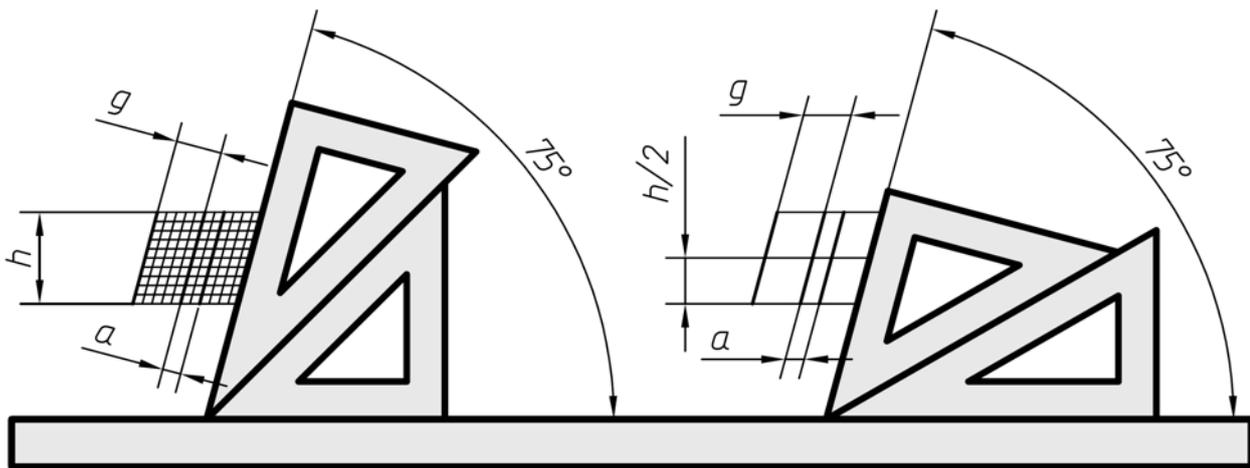


Рис. 98

**Послетекстовые задания:**

- 5) Домашнее задание 3. Начертите буквы и цифры на отдельном листе по сетке, как показано на рис. 99.



Рис. 99

## Задания для закрепления материала.

### 1. Прочитайте текст №3.

Когда мы пишем слова и числа на чертеже, мы используем чертежный шрифт по ГОСТ 2.304-81. Чертежный шрифт – это стандартные буквы, цифры и знаки, которые мы пишем и видим на чертеже. Угол наклона шрифта равен  $75^\circ$ .

Когда мы пишем буквы и цифры, мы должны знать их параметры: высоту букв и цифр, ширину букв и цифр, толщину линий букв и цифр. Параметры ( $c$ ,  $g$ ,  $g_1$  и  $d$ ) зависят от  $h$ .

Прописные буквы и цифры имеют одинаковую высоту.

Все буквы и цифры имеют толщину линий  $d = 1/10h$ .

Параметры  $c$ ,  $g$  и  $g_1$  находим в табл. 4.

Когда мы пишем слова и числа, необходимо знать расстояние между буквами и цифрами, расстояние между словами и числами. Расстояние между буквами и цифрами –  $a$  – зависит от  $h$ . Оно равно  $2/10h$ . Расстояние между словами и числами –  $e$  – также зависит от  $h$ . Оно равно  $6/10h$ .

Когда мы пишем предложение в несколько строк, необходимо знать расстояние между строками  $b$ . Оно также зависит от  $h$  и равно  $17/10h$ .

2. Составьте план текста и расскажите текст по этому плану.

3. Напишите слова "Линии чертежа". Размер шрифта 10. Все буквы прописные.

*Образец:* Прописные буквы и цифры имеют высоту  $h = 10$  мм. Слова "Линии чертежа" мы будем писать по сетке. Чертим сетку в линиях построения (рис. 100).

1) Чертим две параллельные горизонтальные линии (I и II). Расстояние между ними равно высоте прописных букв  $h = 10$  мм (рис. 100, а).

2) Считаем ширину букв  $g$  размера шрифта 10 (см. таблицу 4 или рис. 99).

Буква Е имеет ширину  $g=5/10h= 5 \times 10/10 = 5$  (мм);

Буквы Л, И, Н, Ч, Р, Т –  $g=6/10h= 6$  (мм);

Буква А –  $g=7/10h= 7$  (мм);

Буква Ж –  $g=8/10h= 8$  (мм);

Расстояние между буквами  $a=2/10h= 2$  (мм).

Расстояние между словами  $e=6/10h= 6$  (мм).

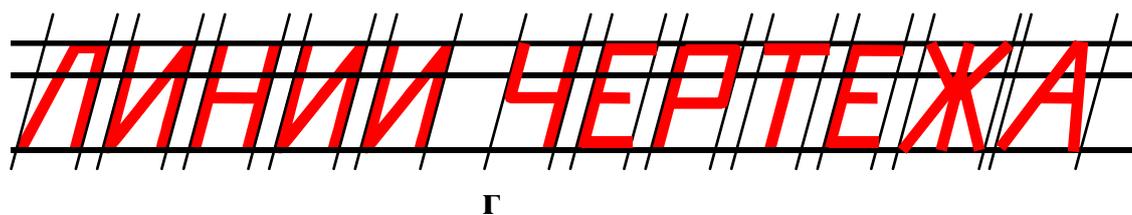
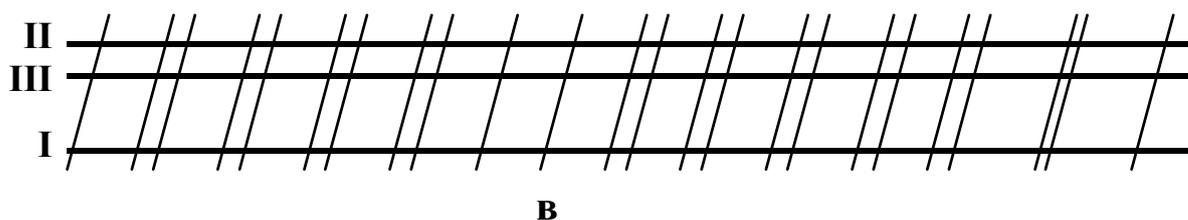
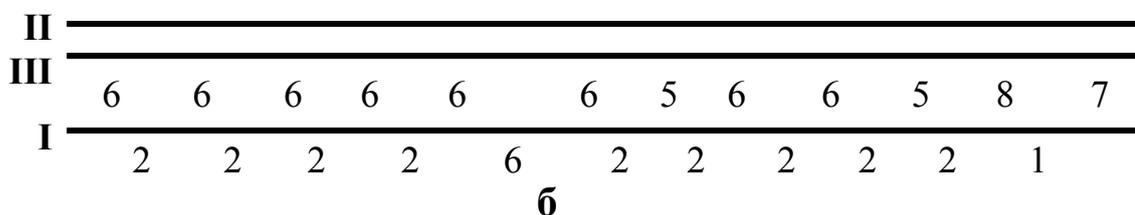


Рис. 100

На нижней линии (I) откладываем ширину букв, расстояние между буквами, расстояние между словами. Чертим третью (III) горизонтальную линию (рис. 100, б).

3) Чертим сетку при помощи рейсшины и двух угольников ( $\angle 30^\circ + \angle 45^\circ = \angle 75^\circ$ ) (рис. 100, в).

4) Пишем при помощи твердого карандаша слова "Линии чертежа" по сетке (рис. 100, г).

5) Обводим буквы при помощи мягкого карандаша. Буквы имеют толщину линии  $d=1/10h=1$  (мм).

4. Напишите слова "Размер шрифта" и число "14". Размер шрифта 14. Все буквы прописные.

5. Напишите слово "Чертил". Размер шрифта 7. Буква "Ч" прописная, остальные строчные.

6. Ответьте на вопросы (рис. 101).

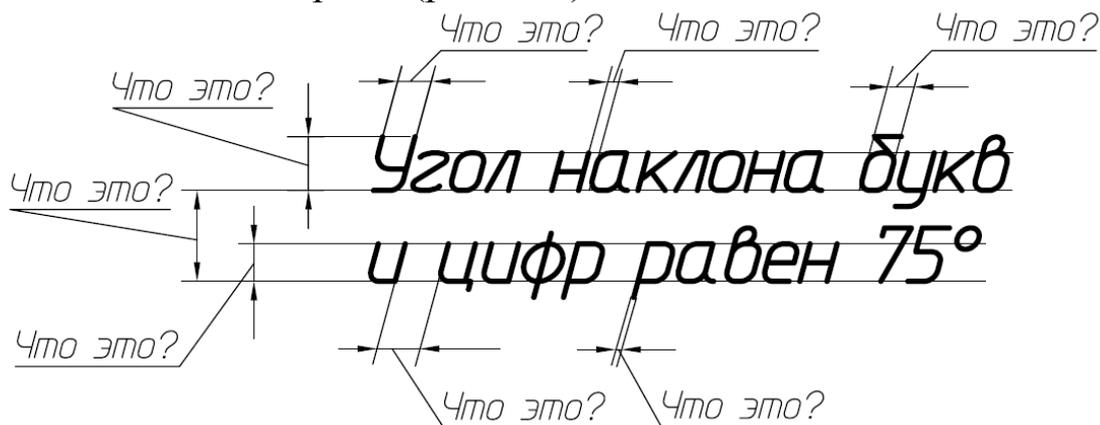


Рис. 101

1. Что такое шрифт?
2. Что такое размер шрифта?
3. Какие параметры стандартных букв и цифр нужно знать, когда мы пишем их на чертеже? Какая толщина букв и цифр?
4. Какие параметры нужно знать, когда мы пишем слова и предложения?
5. Какое расстояние между буквами и цифрами?
6. Какое расстояние между строками?
7. Какое расстояние между словами и числами?

### § 13. Размеры (ГОСТ 2.307 – 68).

#### Предтекстовые задания:

- 1) Определите значения слов:  
вершина, стрелка, отступ, справа, слева.
- 2) Обратите внимание на слова и словосочетания:  
размер, выносная линия, размерная линия, стрелка, размерное число.
- 3) Обратите внимание на предлоги места

ОТ – ДО

НАД

ПОД

ПЕРЕД

ВНЕ

ЗА

Например: от точки А до точки В

над линией

под линией

вне контура  
перед числом  
за линией

4) Прочитайте текст №1.

Каждый предмет имеет размеры: длину, ширину, высоту. Эти размеры наносят на чертёж в миллиметрах. Буквы «мм» не пишут.

Чтобы нанести размеры, чертят выносные и размерные линии. Выносные и размерные линии – это сплошные тонкие линии (рис. 102).

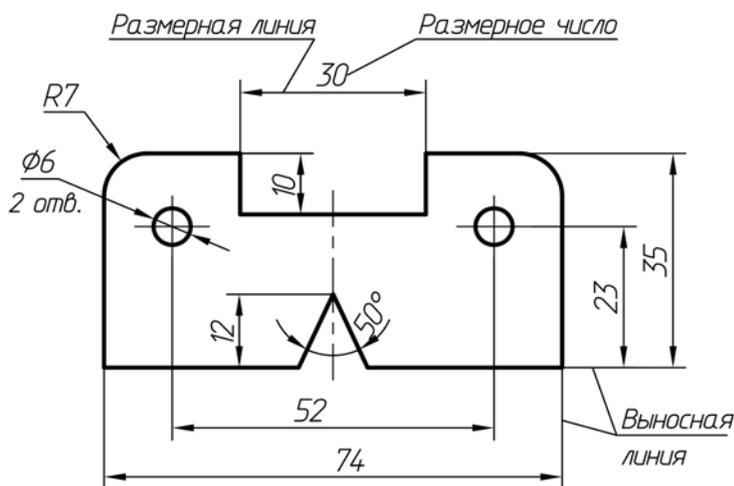


Рис. 102

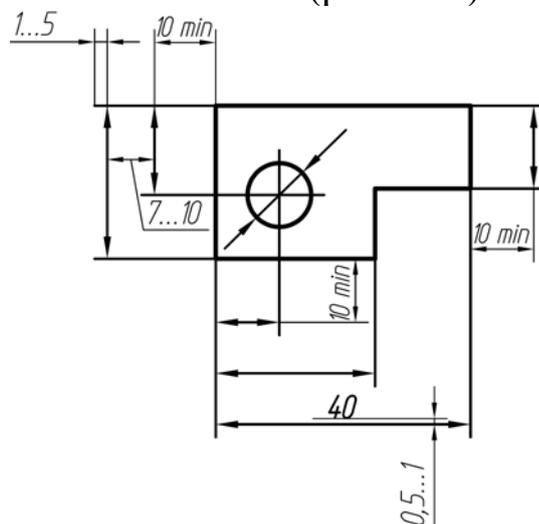


Рис. 103

Размерную линию чертят параллельно измеряемой линии (рис. 103). Минимальное расстояние от линии контура до размерной линии – 10 мм. Размерную линию чертят вне контура предмета и ограничивают её стрелками (рис. 104). Все стрелки на чертеже одинаковые. Длина стрелки для учебных чертежей рекомендуется в пределах 5...7 мм.

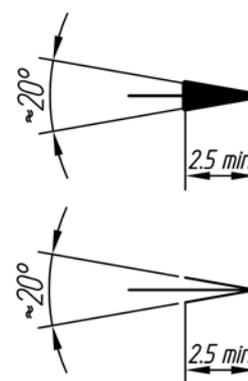


Рис. 104

Выносные линии перпендикулярны размерной линии. Выносные линии продолжают за размерную линию на 2 – 3 мм. Над размерной линией пишут размерное число. Расстояние от размерной линии до размерного числа ~ 1 мм (рис. 103).

Если размерная линия вертикальная, размерное число пишут слева от размерной линии (рис. 105).

Если размерная линия наклонная, размерное число пишут над размерной линией или на полочке линии выноски так, как показано на рис. 106.

Если на чертеже несколько параллельных размерных линий, то размерные числа пишут справа и слева от осей (рис. 107). Сначала

пишут меньший, потом больший размер (рис. 108). Расстояние между параллельными размерными линиями 7 – 10 мм (рис. 103).

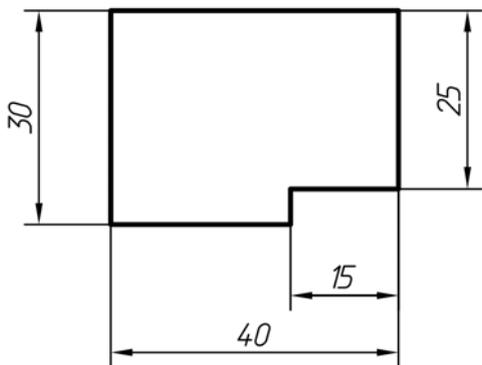


Рис. 105

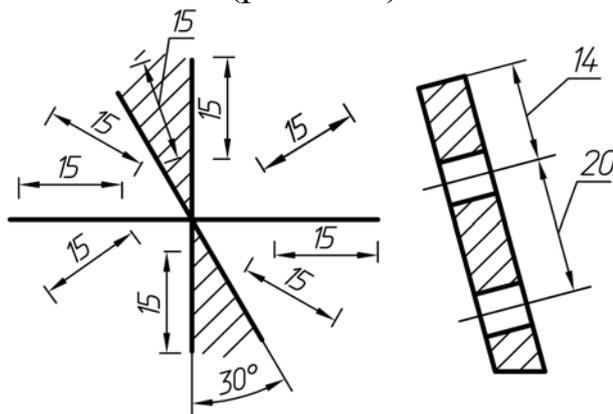


Рис. 106

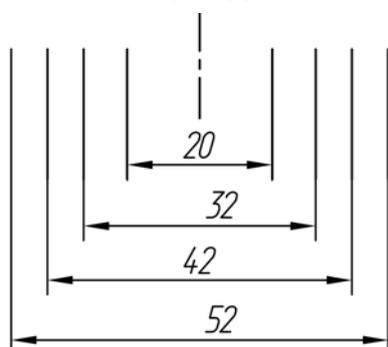


Рис. 107

Правильно      Неправильно

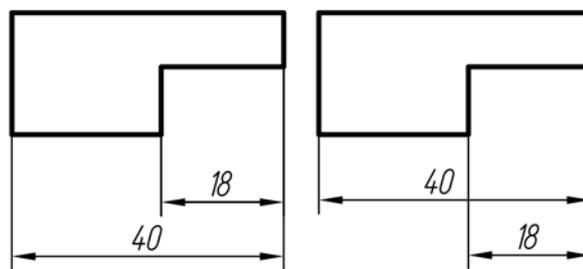


Рис. 108

Если на размерной линии нет места для стрелок, размерную линию продолжают за выносные линии (рис. 109). В этом случае стрелки чертят снаружи от выносных линий. Можно также нанести точки или штрихи. Штрихи имеют угол наклона  $45^\circ$  к размерной линии.

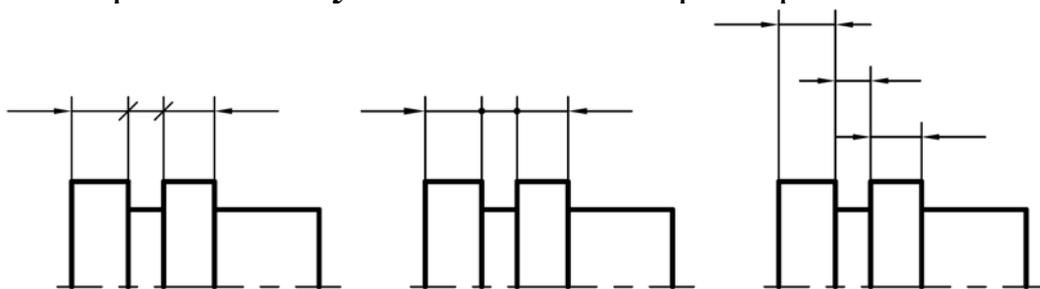


Рис. 109

Угловые размеры наносят так, как показано на рис. 110. Величину угла показывают в градусах (например,  $50^\circ$ ,  $30^\circ$ ). Размерная линия – это дуга окружности. Центр дуги расположен в вершине угла.

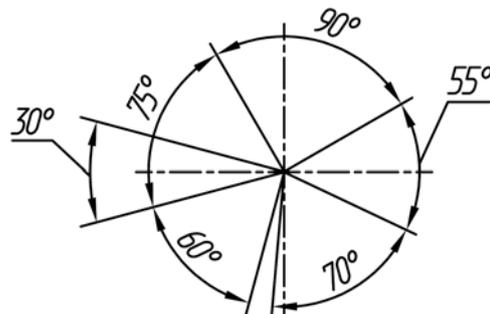


Рис. 110

Размер окружности *чаще всего* показывают размером диаметра. Перед размерным числом наносят знак  $\varnothing$  (рис. 111).

Размер дуги окружности *всегда* показывают размером радиуса. Перед размерным числом наносят знак **R** (рис. 112). Когда на чертеже показаны одинаковые окружности, размер диаметра наносят один раз (рис. 113).

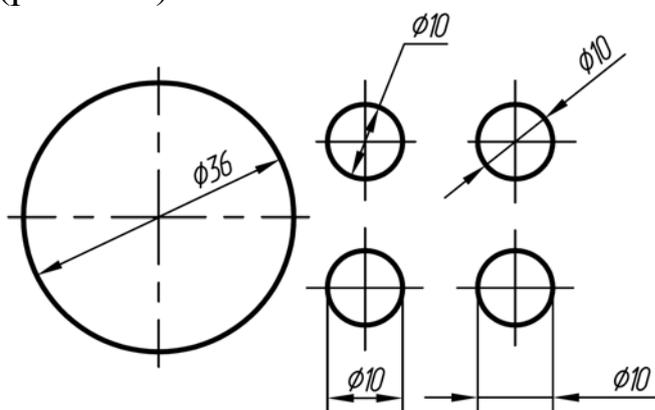


Рис. 111

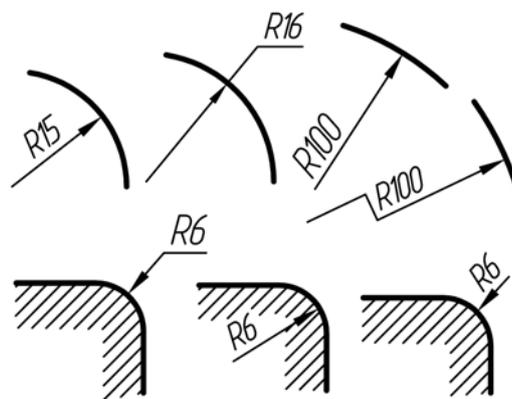


Рис. 112

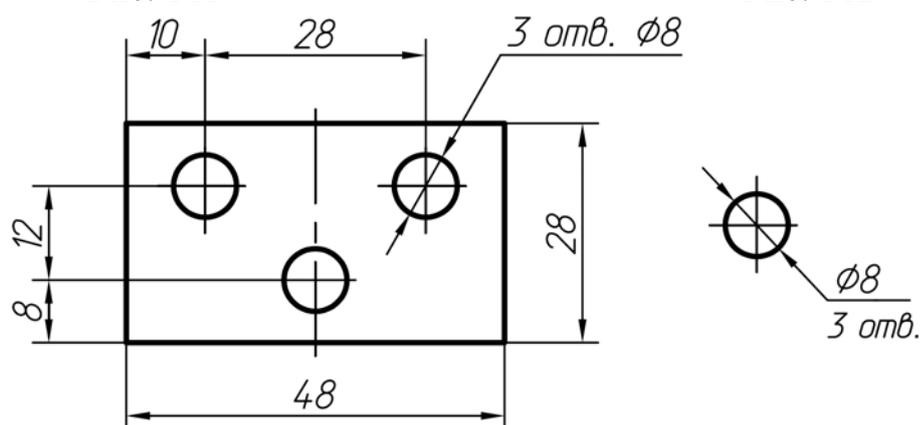


Рис. 113

### Послетекстовые задания:

5) Ответьте на вопросы:

Какие размеры имеет предмет?

Какие линии используются для нанесения размеров?

Что означает знак  $\varnothing$ ?

Что означает знак **R**?

Что означает знак  $\square$ ?

Как чертят размерную линию?

6) Закончите фразы.

Размеры наносят на чертеж в .....

Размерную линию ограничивают .....

Над размерной линией пишут .....

- Величину угла показывают в .....
- Центр дуги располагается в .....
- Размер окружности показывают с помощью .....
- Размер дуги окружности показывают с помощью .....

### **Задания для закрепления материала:**

- 7) Прочитайте текст №2. Вычертите в тетради все правильные способы нанесения размеров. Расскажите текст товарищу.

### **НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ**

Дано изображение детали (рис. 114). Чтобы сделать деталь, нужно знать ее размеры. Студенты должны уметь графически грамотно наносить размеры. Размеры на чертежах наносят по правилам ГОСТ 2.307-68. Величину изображенного предмета на чертеже определяют числовые размеры.

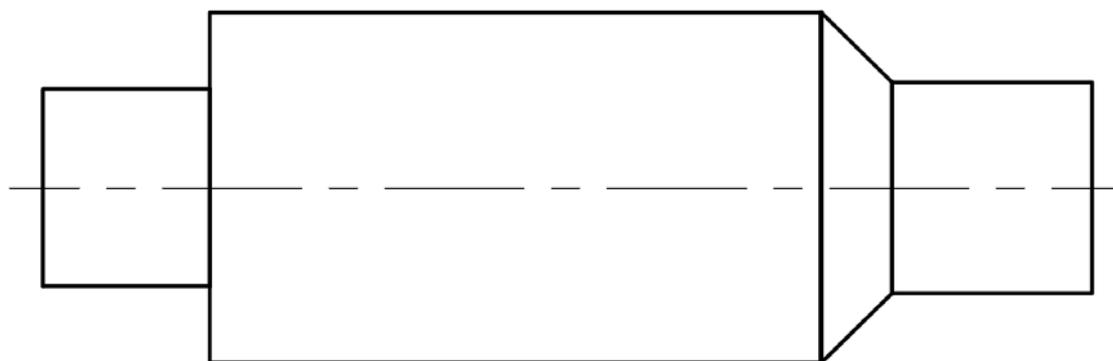


Рис. 114

Студенты (мы) наносят (-им) размеры:

1. Чертят выносные линии (рис. 115, а).
2. Чертят размерные линии.

Размерные линии желательно чертить справа и снизу от изображения (рис. 115, б).

Линии контура детали и размерные линии – это параллельные линии.

Расстояние между линией контура и размерной линией должно быть не менее 10 мм.

Выносные и размерные линии – это сплошные тонкие линии.

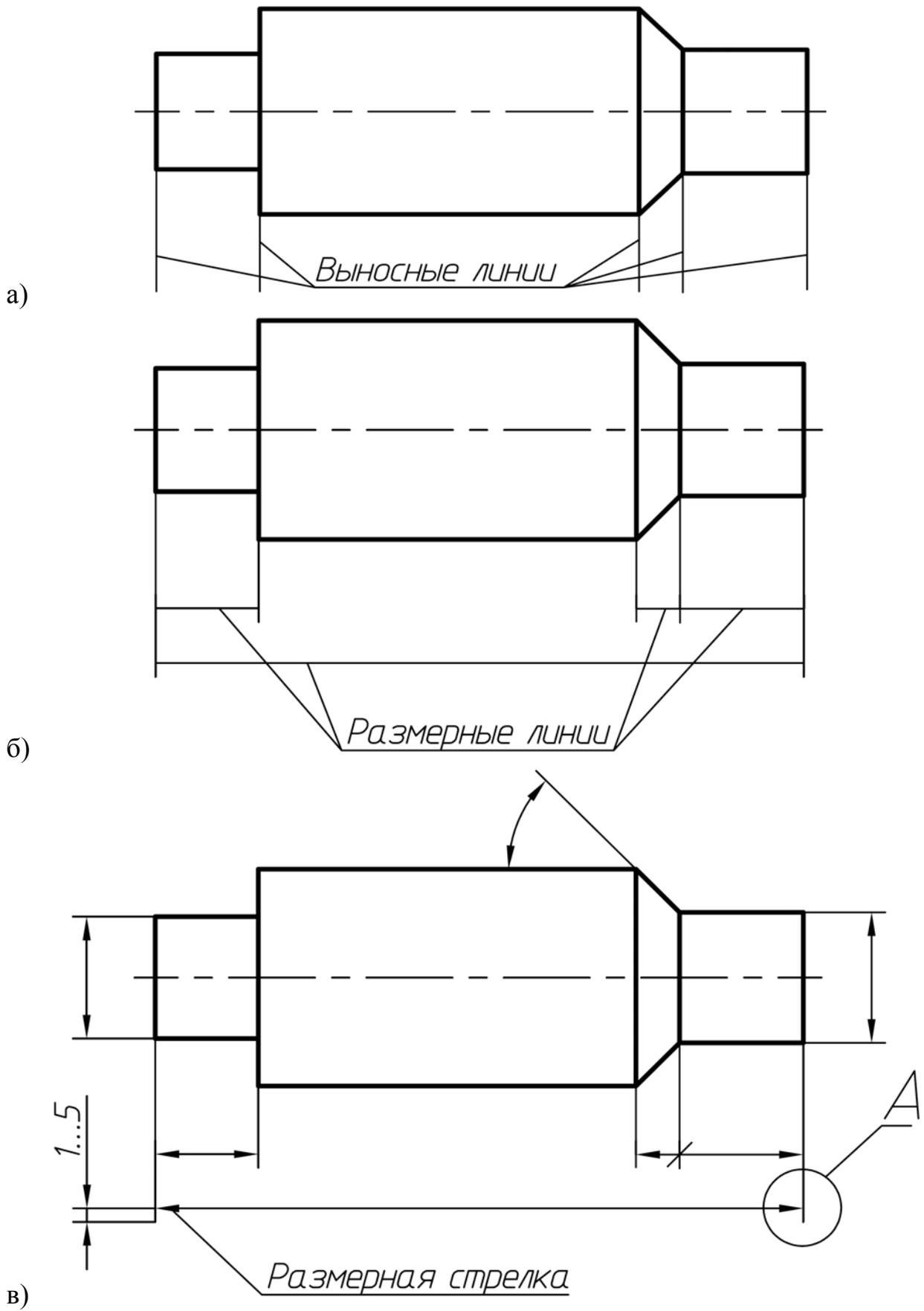


Рис. 115

3. Чертят размерные стрелки (рис. 116). Варианты формы стрелки см. также рис. 104.

Размерные стрелки чертят на размерной линии. Все размерные стрелки на чертеже имеют одинаковую длину и ширину.

Длина выносной линии после размерной стрелки равна 2-3 мм.

4. Пишут размерные числа и знаки (рис. 117).

Расстояние между размерным числом и размерной линией равно 1 мм.

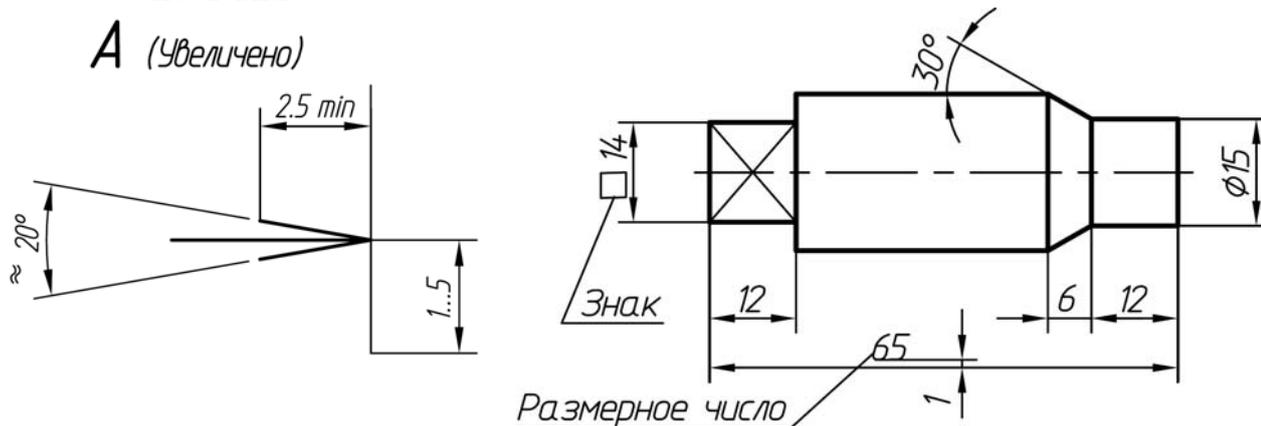


Рис. 116

Рис. 117

Правила нанесения размеров по ГОСТ 2.307-68

1. Размерное число наносят над размерной линией в миллиметрах, но слово "мм" не пишут (рис. 118).

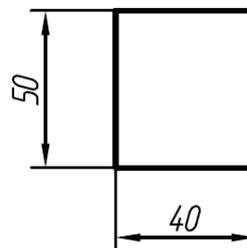


Рис. 118

2. Количество размеров на чертеже всегда минимальное, но достаточное (рис. 119).

**Это неправильно**

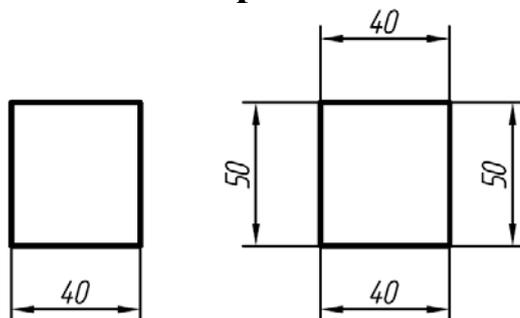


Рис. 119

Здесь нет высоты прямоугольника

Здесь не минимальное количество размеров

3. Выносные линии чертят не всегда. Можно использовать линии контура (рис. 120).

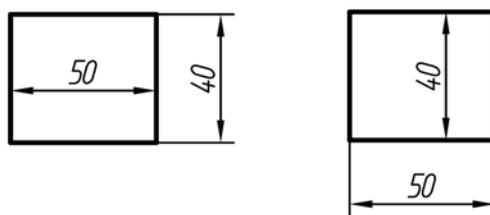


Рис. 120

4. Размерные и выносные линии не должны пересекаться.

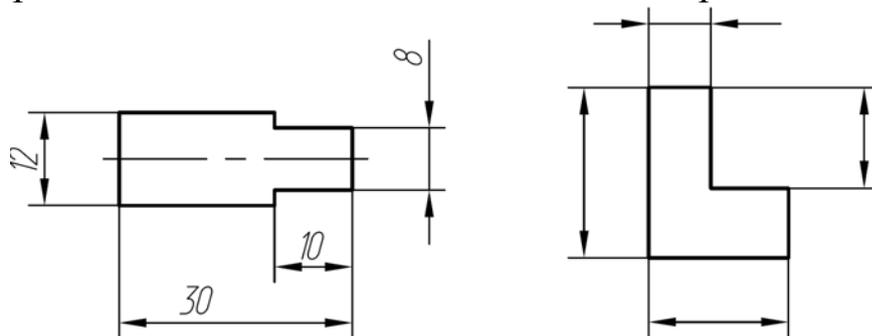
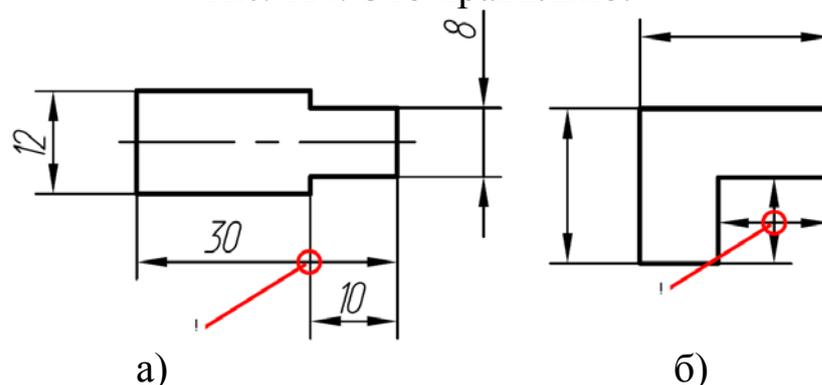


Рис. 121. Это правильно.



а)

б)

Рис. 122. Это неправильно. Здесь пересекаются размерные и выносные линии (а) и размерные линии (б).

5. Так наносят размерные числа, если имеется несколько параллельных размерных линий [для симметричной детали] (рис. 123).

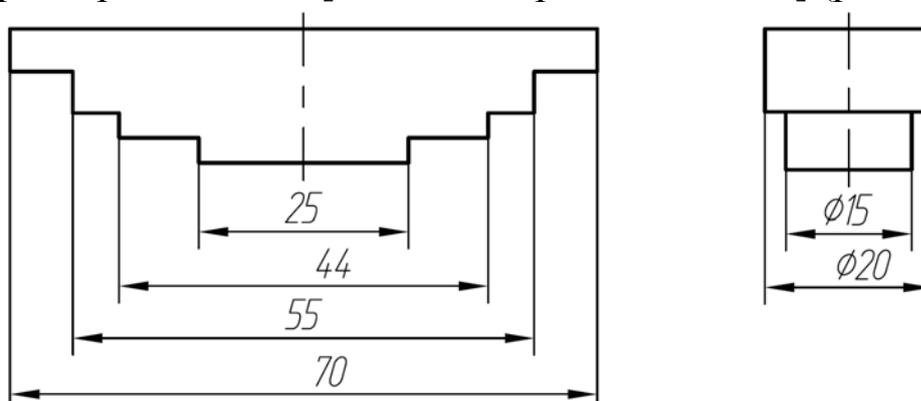


Рис. 123

6. Так пишут размеры на вертикальных, горизонтальных и наклонных размерных линиях, (рис. 124).

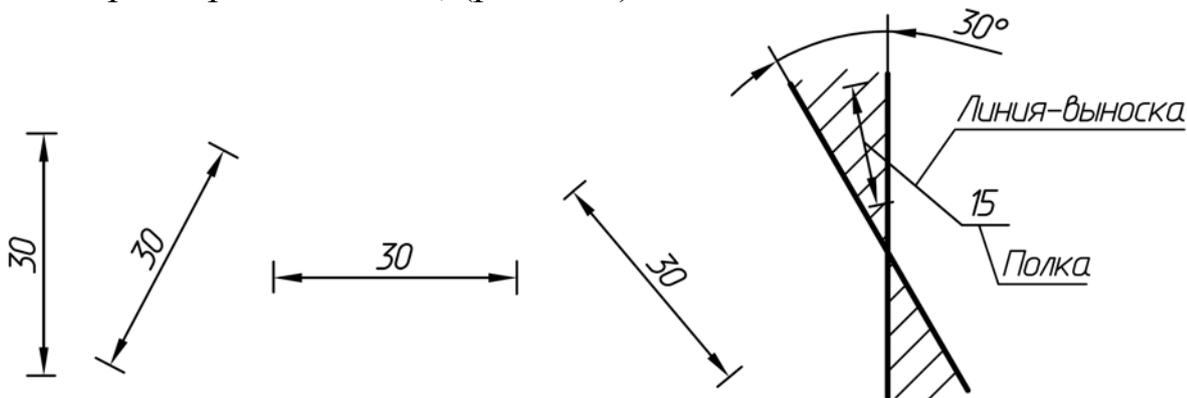


Рис. 124

7. Угловые размеры наносят над дугой в градусах (рис. 125).

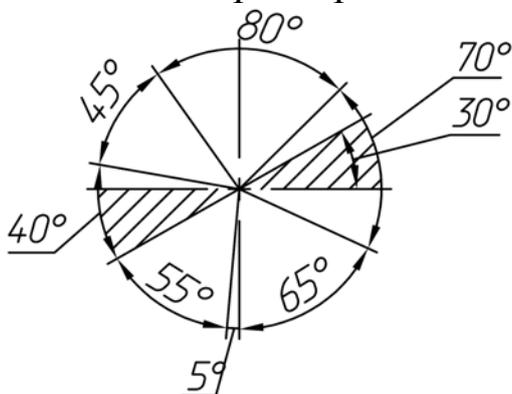


Рис. 125

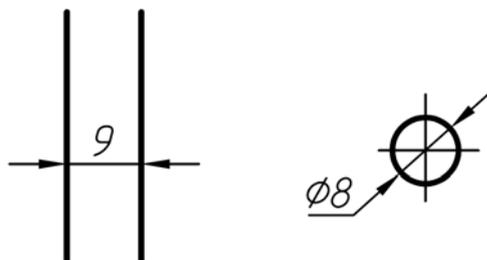


Рис. 126

8. Когда длина размерной линии равна или меньше 10 мм, стрелки чертят "снаружи" (рис. 126).

9. Когда на размерной линии мало места для стрелок, наносят точки или засечки (рис. 127).

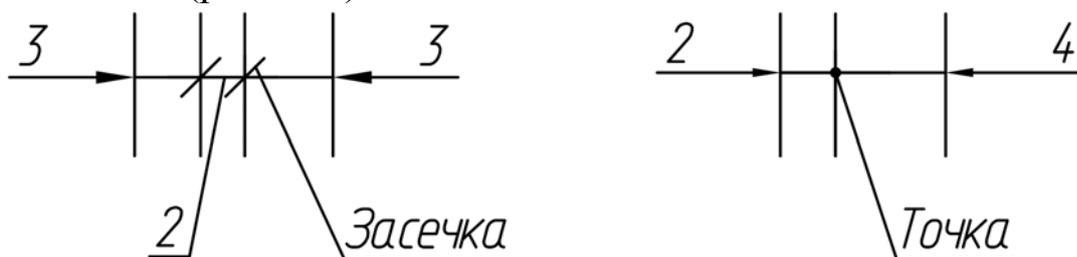


Рис. 127

10. Перед некоторыми размерными числами наносят знаки:

$\varnothing$	диаметр окружности (рис. 128, а);
$\square$	квадратный элемент (рис. 128, б);
<b>R</b>	радиус дуги окружности, сферы (рис. 128, в);
<b>s</b>	толщина детали (рис. 128, г).

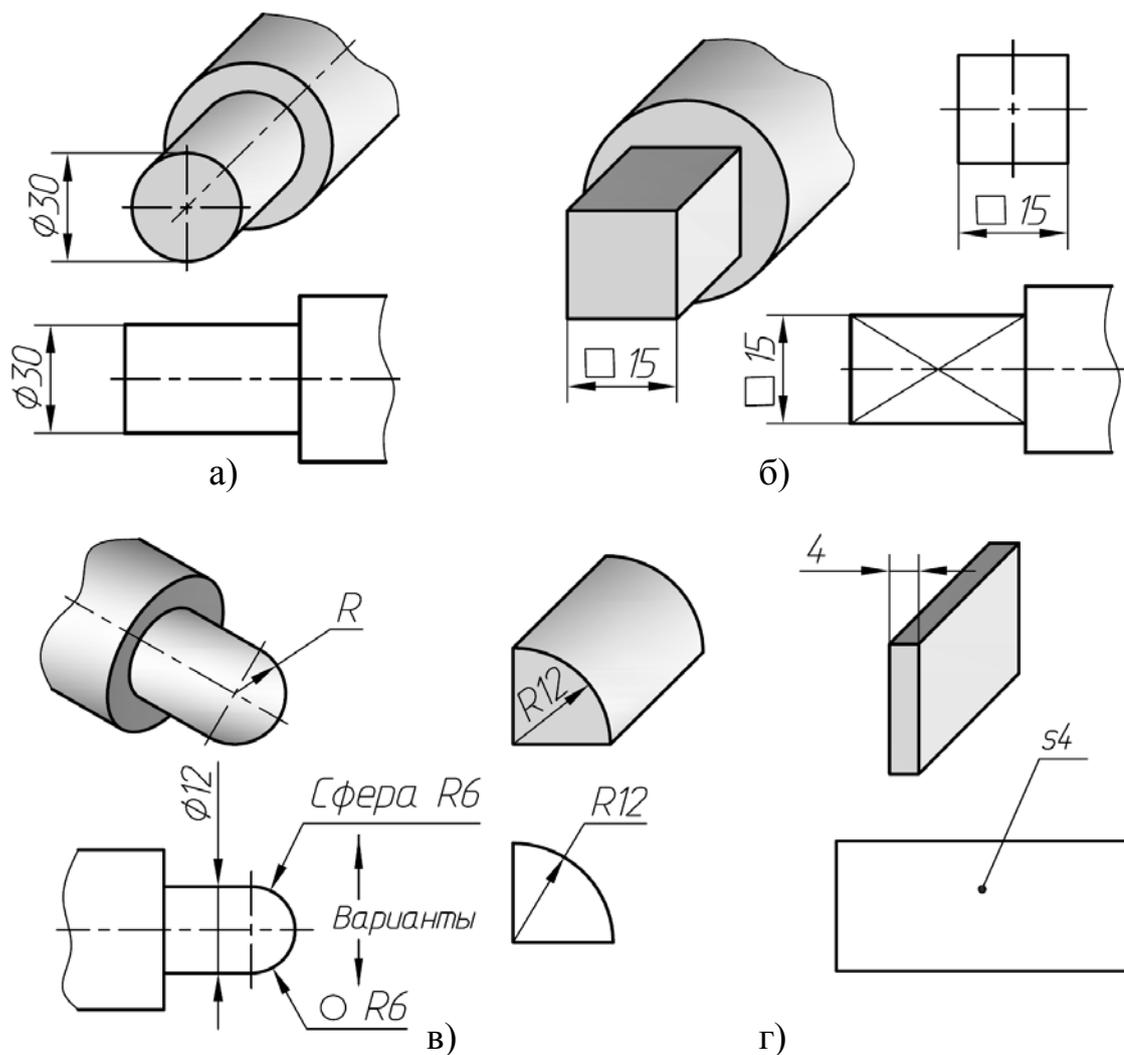


Рис. 128

На рис. 129 приведены примеры нанесения диаметров. На рис. 130 приведены примеры нанесения радиусов. Как писать знаки, смотрите раздел "Шрифты чертежные".

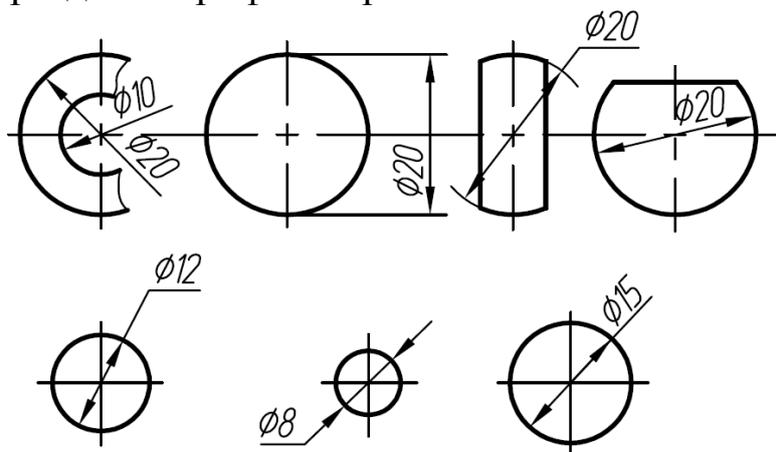


Рис. 129

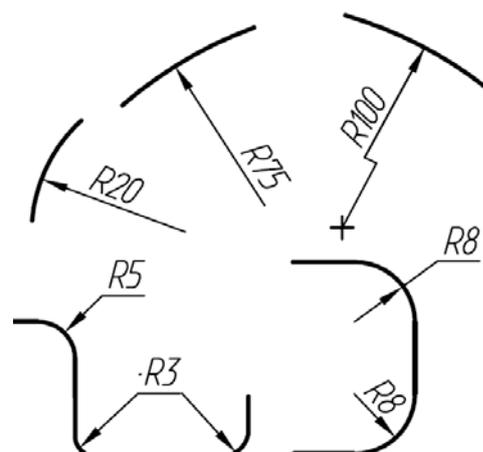


Рис. 130

11. Размеры двух или более одинаковых элементов (например, отверстий) наносят один раз и пишут количество элементов (рис. 131).

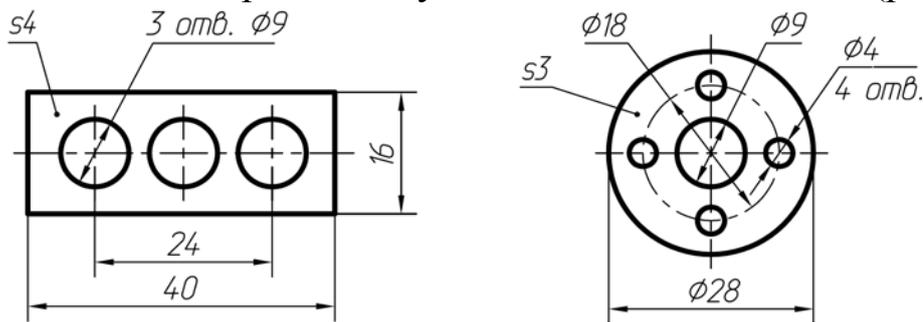


Рис. 131

12. Так наносят размеры фасок, когда угол равен  $45^\circ$  – высота усеченного конуса (рис. 132, а). Когда угол не равен  $45^\circ$ , размеры фасок наносят, как на рис. 132, б).

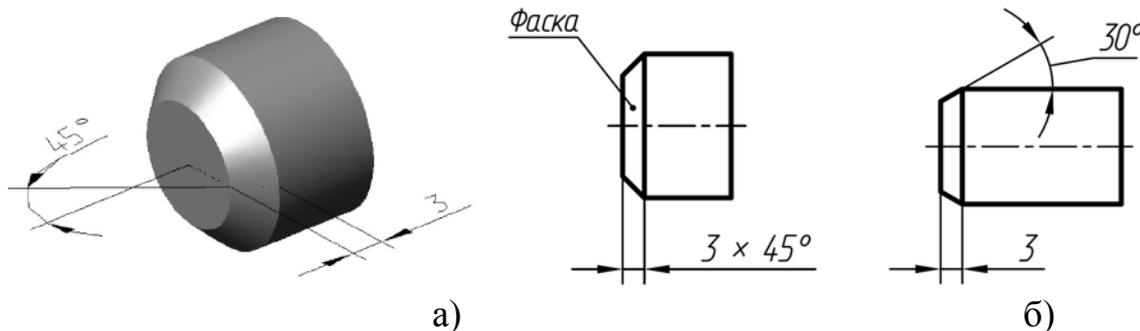


Рис. 132

8) Прочитайте текст №3.

Чтобы определить величину детали и сделать ее, на чертеже наносят размеры. При нанесении размеров, чертят выносные линии, размерные линии, размерные стрелки, пишут размерные числа и знаки по правилам ГОСТ 2.307-68.

9) Расскажите текст товарищу в 1<sup>-м</sup> лице единственного и множественного числа.

10) Ответьте на вопросы:

1. Что чертят и пишут, когда наносят размеры на чертеже?
2. Какое расстояние откладывают между линией контура детали и размерной линией?
3. Какое расстояние откладывают между размерной линией и размерным числом?
4. Какую длину и ширину имеет размерная стрелка?
5. Какую длину имеют выносные линии после размерной стрелки?
6. Когда и какие знаки пишут перед размерным числом?

7. Начертите в тетради и нанесите размеры прямоугольника (ширина – 10-12 мм, длина – 25-30 мм).
8. Как наносят размеры двух или более одинаковых элементов? Приведите примеры.
9. Какое общее количество размеров должно быть на чертеже?
10. Проверьте чертежи. Назовите чертежи, в которых допущены ошибки при нанесении размеров. Ответы покажите преподавателю. Объясните ошибки (рис. 133).

**Образец ответа:** I-2. Размерное число 15 написано внутри размерной линии. Здесь допущена ошибка. Размерные числа пишут только над размерной линией.

Вариант	Задание			
	1	2	3	4
I				
II				
III				
IV				
V				

Рис. 133

Запомните!

Наносить – нанести	что?	размеры размерные числа знаки-засечки, точки
Наносить Писать	где?	над размерной линией
Определять Определить	что? величину чего?	предмета детали
Совпадать – совпасть	с чем?	с размерной линией

## § 14. Выполнение чертежа плоской детали.

**Домашнее задание 4.** Построить плоский контур детали (рис. 134).

### Последовательность выполнения чертежа.

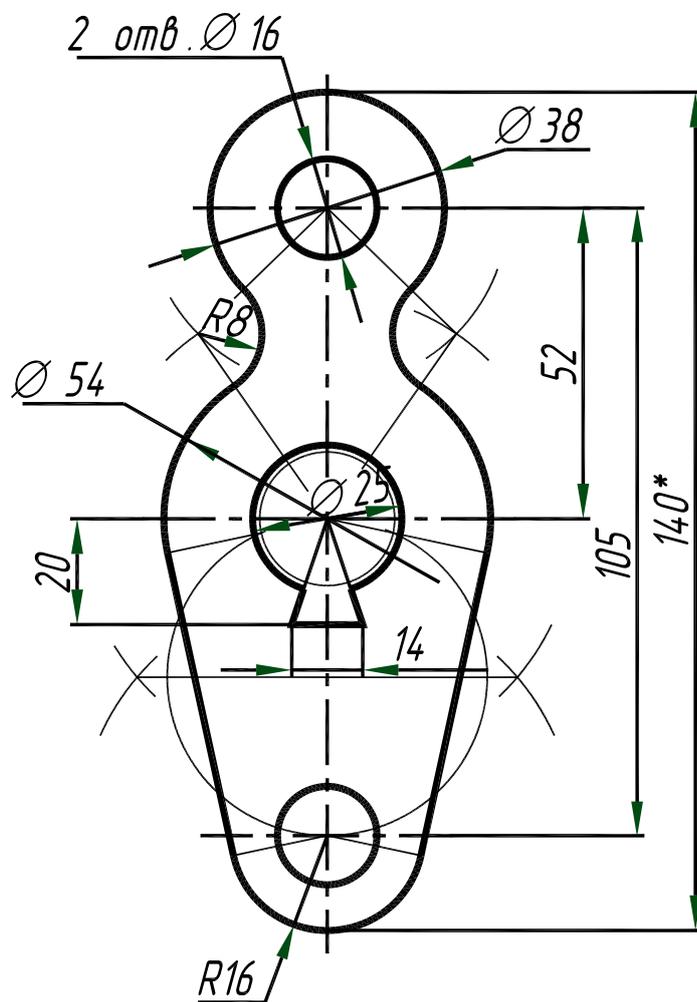
- 1) На формате А4 выполнить рамку чертежа и провести верхнюю границу основной надписи (рис. 135, а).
- 2) Любое изображение начинают чертить с проведения осевых линий (рис. 135, б).

Эти линии должны выходить за контурные линии примерно на 2...3 мм.

Чтобы чертёж был расположен в центре поля, вертикальную осевую линию длиной 145 мм проводим посередине. Верхнюю горизонтальную ось проводим так, чтобы от центра окружности оставались участки осевых линий длиной по 21 мм. Затем проводим среднюю осевую линию на расстоянии 52 мм, откладывая вправо и влево от вертикальной оси по 29 мм. Нижнюю ось проводим на расстоянии 105 мм от верхней оси.

- 3) Выполняем вспомогательные построения в тонких линиях карандашом **Н** или **Т** (рис. 135, в).

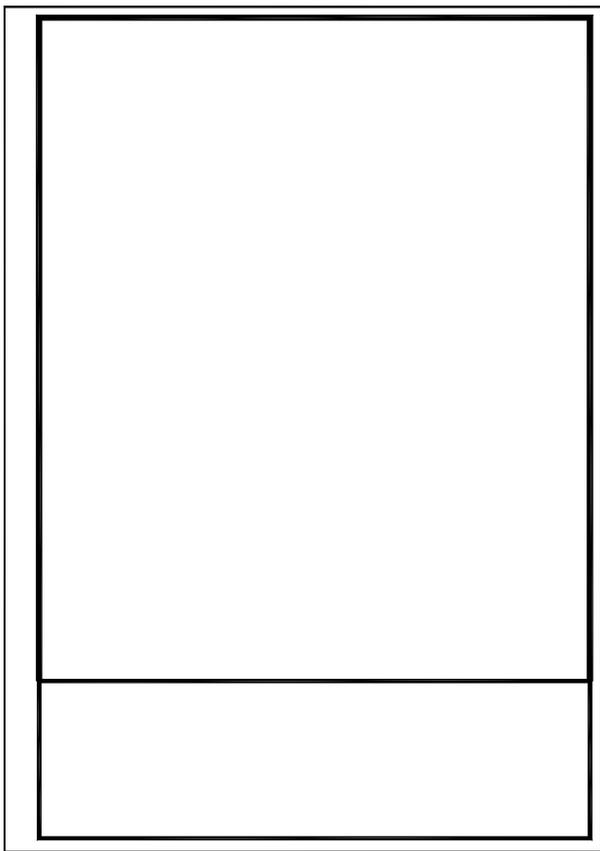
Из полученных центров строим окружности радиусами R19, R27 и R16. Строим отверстие треугольной формы.



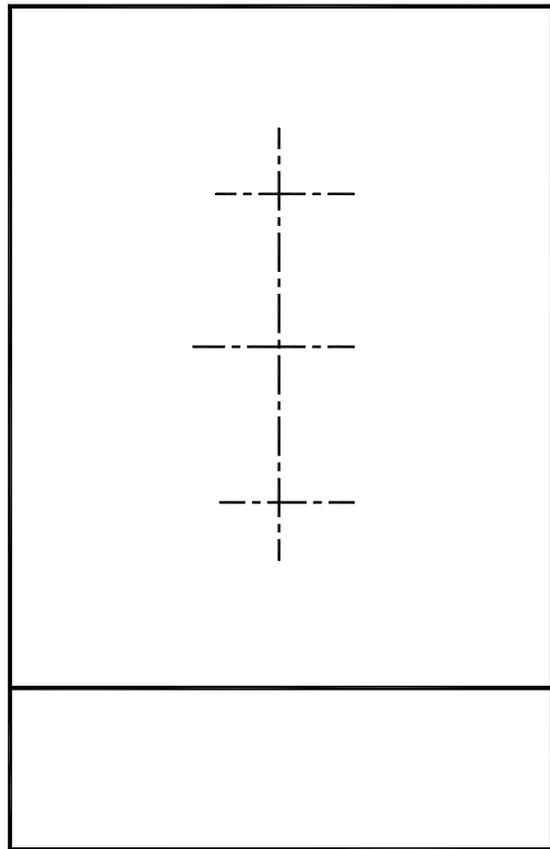
\* Размер для справок

				ФПИГ. 010205. 001			
				Подвеска			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата	Лист	Масса	Масштаб
				12.04.07			1:1
Разраб.				Мажали Хани			
Проверил				Черников А.В.			
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							
				Лист 1			
				ХНАДУ			

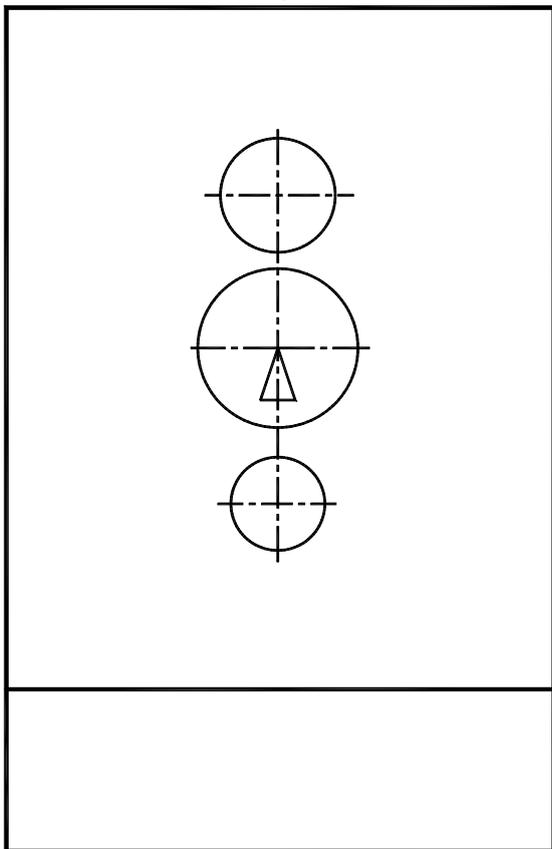
Рис. 134



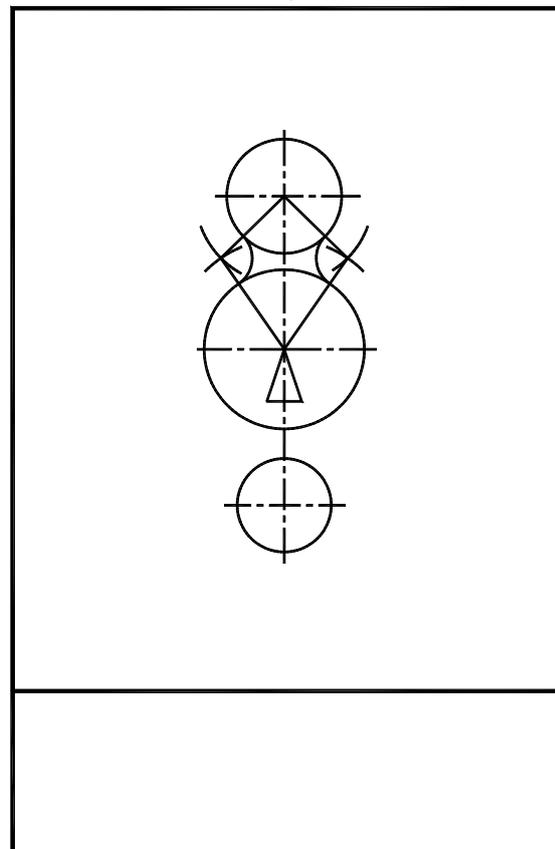
а)



б)



в)

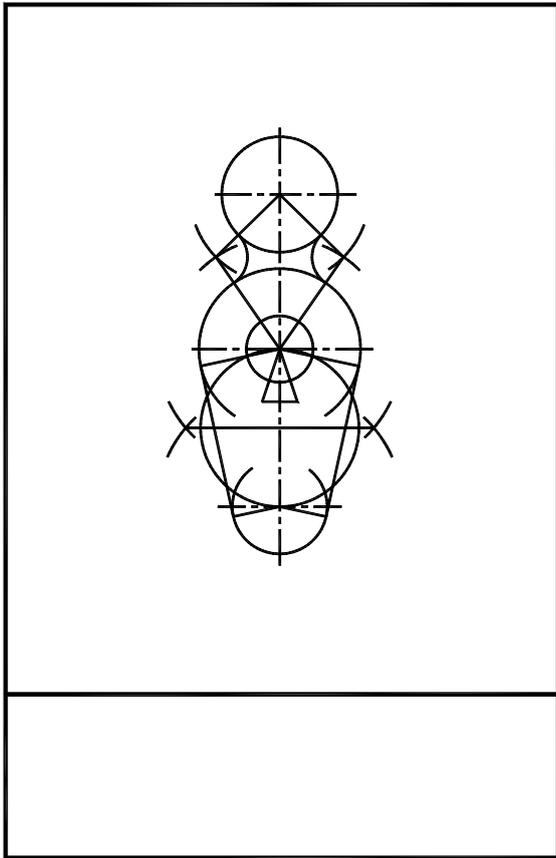


г)

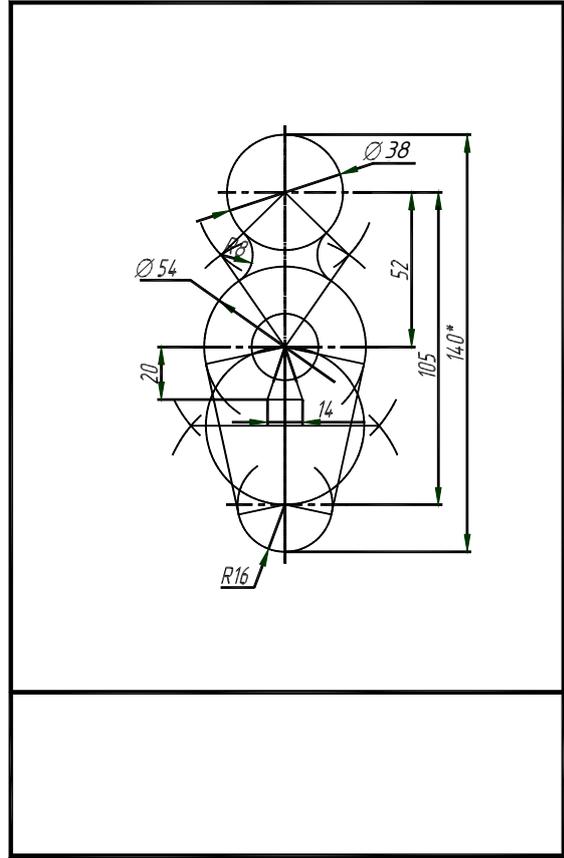
Рис. 135

- 4) Строим внешнее сопряжение окружностей R19 и R27 дугой радиуса R8 (рис. 135, г).  
Для этого из центра окружности R19 проводим две дуги (по обе стороны) радиусом R27: (19+8). Из центра окружности R27 проводим две засечки (по обе стороны) радиусом R35: (27+8). Получаем центры сопряжений.  
Полученные центры сопряжений соединяем с центрами сопрягаемых окружностей. Получаем точки сопряжений. Проводим сопрягающую дугу радиусом R8 между точками сопряжений.
- 5) Строим внешнюю касательную к окружностям с радиусами R27 и R16 (рис. 136, а).  
Проводим первую вспомогательную окружность. Чтобы найти её центр, делим пополам расстояние между центрами известных окружностей. Из полученной точки деления проводим окружность, проходящую через центры сопрягаемых. Её радиус – R26.5: (53/2). Затем строим вторую вспомогательную окружность R11: (27-16) из центра окружности R27.  
Соединяем центр окружности R11 с точками пересечения построенных окружностей и продлеваем эти отрезки до пересечения с окружностью R27. Получаем точки касания на этой окружности. Из центра окружности R16 проводим отрезки, параллельные предыдущим, и получаем точки касания на этой окружности. Соединяем полученные точки касания.
- 6) Нанесение размеров. (рис. 136, б).  
Линейный размер «52» (ближайший к контуру) расположить на расстоянии не менее 10 мм от контурной линии, то есть на расстоянии 38 мм от вертикальной оси. Размеры «105» и «140\*» располагают на равных расстояниях друг за другом (например, по 8 мм соответственно).  
Размер шрифта для размерных чисел принять 3.5 мм или 5 мм, тип Б.
- 7) Обводка чертежа (рис. 136, в).  
Обводку контура выполнять карандашом (В, F или М) толщиной 0.8...1 мм. Построить две окружности Ø16 мм и часть окружности Ø25 мм. Обвести контурную часть треугольного отверстия. Проставить их размеры.
- 8) Заполнение основной надписи и технического требования (рис. 136, г).  
Техническое требование выполнить шрифтом 5 или 7 мм. Размеры шрифта для заполнения основной надписи взять по стандарту.

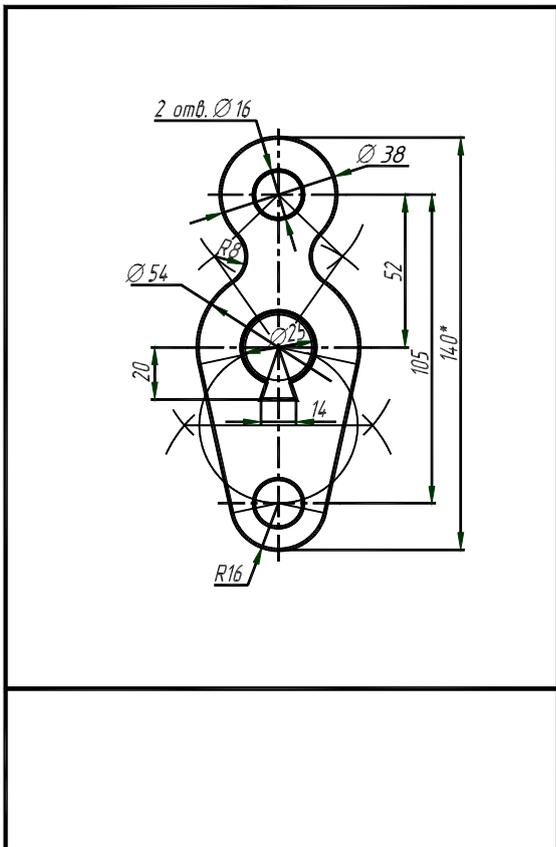
*Примечание:* все линии построений оставить на чертеже.



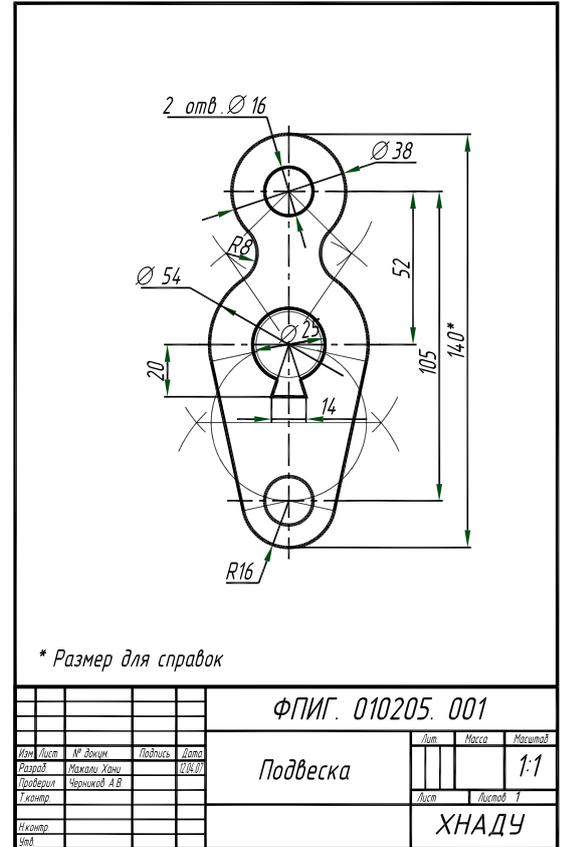
а)



б)



в)



г)

Рис. 136

# ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

## ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ, ПРЯМОЙ, ПЛОСКОСТИ, ПОВЕРХНОСТИ, ТЕЛА.

### § 15. Методы проецирования.

#### Предтекстовые задания.

- 1) Обратите внимание на однокоренные слова:  
чертеж, чертить, начертательная (геометрия);  
проекция, проектировать, проецирование.
- 2) Запомните терминологические словосочетания:  
проекция точки, центр проецирования, проецирующая прямая,  
плоскость проекций, пространственный предмет.

- 3) Обратите внимание на словосочетания.

центральное	}	проецирование
параллельное		
косоугольное		
прямоугольное		
ортогональное		

- 4) Прочитайте текст. Найдите ответ на вопрос: Какие существуют методы проецирования?

Многие предметы, с которыми мы встречаемся в жизни, – здания, машины, станки, детали машин и станков, сделаны руками человека.

Чтобы построить здание, сделать машину, станок или детали к нему, надо сначала выполнить чертежи этих предметов.

**Чертежом** называется такое изображение предмета, по которому этот предмет можно изготовить. Чертёж выполняется по определенным правилам. Рисунок и фотография – также изображения предмета. Но по рисунку и фотографии рабочий не может определить его размеры и форму. Для этого нужно иметь чертёж. Сравните рисунок и чертёж детали на рис. 1.

Все предметы, которые окружают нас в жизни, имеют три измерения: длину, ширину и высоту. Инженер должен уметь изображать предметы на плоскости (листе бумаги), которая имеет только два измерения: длину и ширину. Проецирование – это процесс получения изображения пространственного предмета на плоскости.

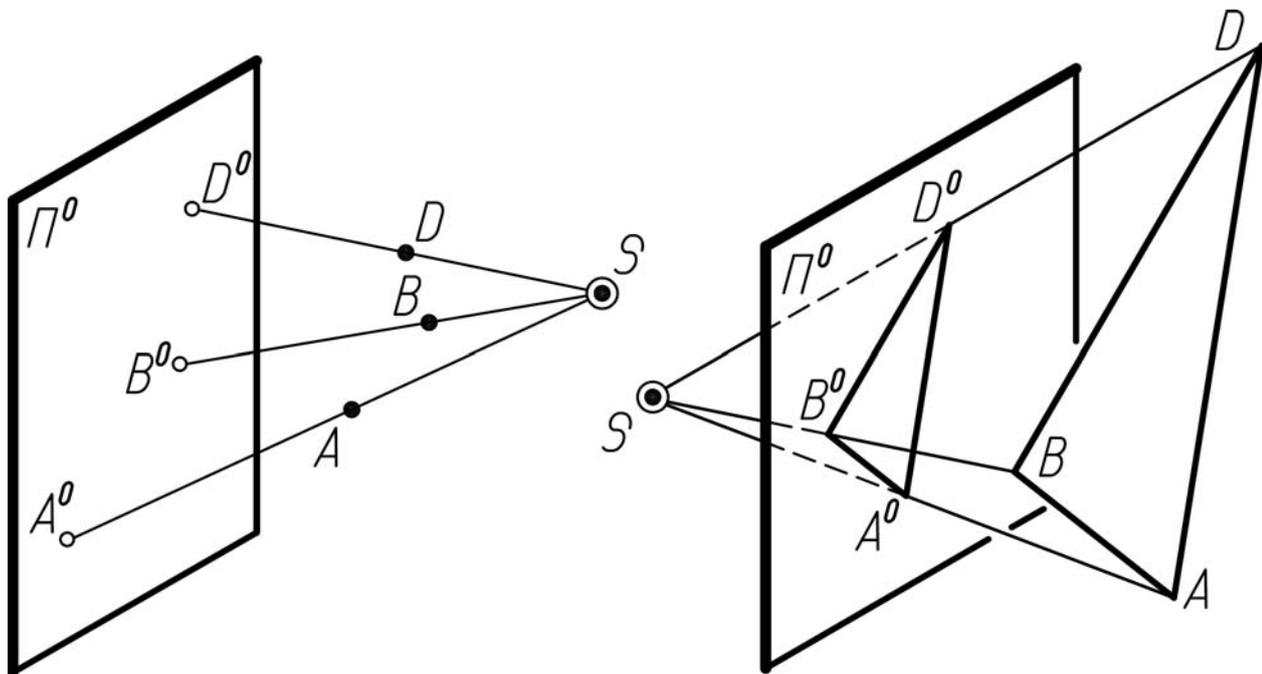


Рис. 137. Метод центрального проецирования

Сначала рассмотрим изображение точки (рис. 137). В пространстве даны точки  $A$ ,  $B$  и  $D$  и плоскость  $\Pi^0$  (пи ноль). Построим изображения точек  $A$ ,  $B$  и  $D$  на плоскости  $\Pi^0$ . Для этого возьмём произвольную точку  $S$ . Из точки  $S$  проведём прямые  $SA$ ,  $SB$  и  $SD$  до пересечения с плоскостью  $\Pi^0$ . Получим точки  $A^0$ ,  $B^0$ ,  $D^0$  – изображения точек  $A$ ,  $B$  и  $D$  на плоскости  $\Pi^0$ .

Построение изображения точки (или предмета) на плоскости называется **проецированием**; точка  $S$  называется **центром проецирования**; точки  $A^0$ ,  $B^0$  и  $D^0$  – **проекциями** точек  $A$ ,  $B$  и  $D$ ; прямые  $SA$ ,  $SB$  и  $SD$  – **проецирующими прямыми**; плоскость  $\Pi^0$  – **плоскостью проецирования**.

**1. Проекция точки** – это точка пересечения проецирующей прямой, которая проходит через заданную точку, с плоскостью проецирования.

В технике применяют два метода проецирования: метод **центрального проецирования** и метод **параллельного проецирования**.

На рис. 137 проецирующие прямые пересекаются в точке  $S$  – центре проецирования. Такое проецирование называется **центральным**. Проецирование, при котором проецирующие прямые параллельны друг другу, называется **параллельным**.

Построение проекций методом параллельного проецирования показано на рис. 138. В пространстве даны точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  и плоскость проекций  $\Pi_1$  (пи один). Построим проекции точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  на плоско-

сти  $\Pi_1$ . Для этого вместо центра проецирования (точка  $S$  на рис. 137), примем направление проецирования  $\vec{s}$ , которое на чертеже показано стрелкой. Через точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  проведём проецирующие прямые параллельно направлению проецирования. При пересечении проецирующих прямых с плоскостью  $\Pi_1$  получим точки  $A_1$ ,  $B_1$  и  $C_1$  – проекции точек  $A$ ,  $B$  и  $C$ .

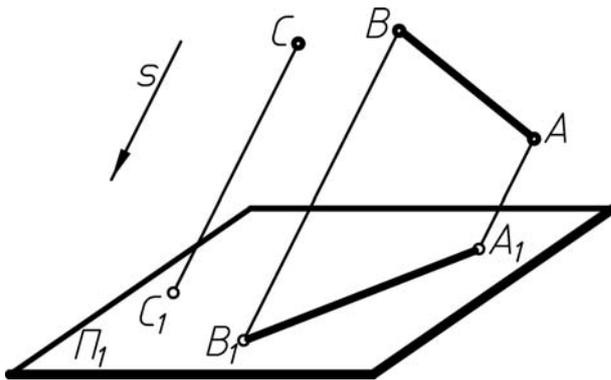


Рис. 138. Метод параллельного проецирования

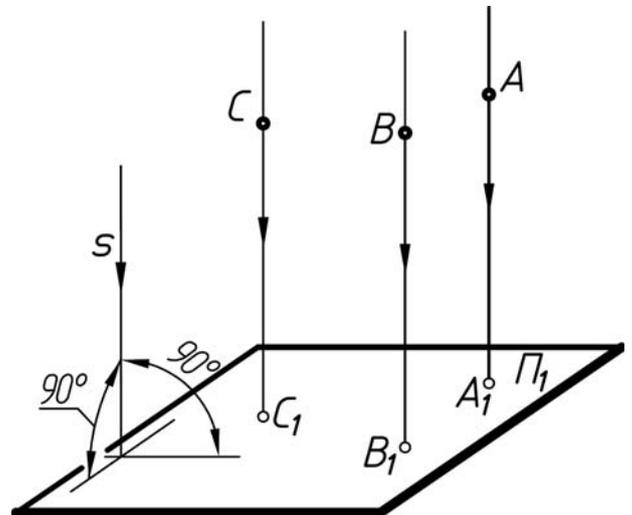


Рис. 139. Метод ортогонального проецирования

Параллельное проецирование может быть косоугольным и прямоугольным. Если проецирующие прямые не перпендикулярны плоскости проекций, такое параллельное проецирование называется **косоугольным** (рис. 138).

Если проецирующие прямые перпендикулярны плоскости проекций, такое параллельное проецирование называется **прямоугольным** или **ортогональным** (рис. 139).

### Послетекстовые задания.

5) Укажите стрелками правильные ответы.

- |  |  |
|--|--|
| 1. параллельное проецирование                  | a) проецирующие прямые не перпендикулярны плоскости проекций |
| 2. косоугольное проецирование                  | b) проецирующие прямые параллельны друг другу                |
| 3. прямоугольное (ортогональное) проецирование | c) проецирующие прямые пересекаются в центре проецирования   |
| 4. центральное проецирование                   | d) проецирующие прямые перпендикулярны плоскости проекций    |

- 6) Ответьте на вопросы.
1. Что такое чертеж?
  2. Почему по рисунку или фотографии нельзя изготовить предмет?
  3. Что называется проецированием?
  4. Как называется точка  $S$  (рис. 137)?
  5. Как называется плоскость  $\Pi^0$  (рис. 137)?
  6. Как называется прямая  $SA$  (рис. 137)?

## § 16. Ортогональные проекции точки.

### Предтекстовые задания.

- 1) Посмотрите на рис. 140, 142, 145 и запомните терминологические словосочетания:  
предмет в пространстве, плоскость проекций, ортогональная проекция предмета, фронтальная плоскость проекций, горизонтальная плоскость проекций, профильная плоскость проекций, ось проекций.

- 2) Обратите внимание на словосочетания.

плоскости < пересекаются  
совмещаются

- 3) Запомните синонимы:

провести перпендикуляр = опустить перпендикуляр  
восставить перпендикуляр.

- 4) Обратите внимание на словосочетания, которые используются при решении задач.

проведем > линию  
продолжим >  
отметим > точку  
измерим >  
отложим > отрезок

- 5) Прочитайте текст.

В пространстве (рис. 139) даны точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  и плоскость проекций  $\Pi_1$ . Построим проекции точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  на плоскость проекций  $\Pi_1$ . Примем направление проецирования перпендикулярное плоскости  $\Pi_1$ . Через точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  проведём проецирующие прямые, параллельные

направлению проецирования. При пересечении проецирующих прямых с плоскостью  $\Pi_1$ , получим точки  $A_1$ ,  $B_1$  и  $C_1$  – ортогональные проекции точек  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Следовательно,

2. *Чтобы построить ортогональную проекцию точки, надо из этой точки опустить перпендикуляр на плоскость проекций и найти его пересечение с плоскостью проекций.*

На рис. 140 построена ортогональная проекция предмета на плоскости проекций  $\Pi_1$ . Из точки  $A$  на предмете проведен перпендикуляр к плоскости  $\Pi_1$ .  $A_1$  – ортогональная проекция точки  $A$ ;  $B_1$ ,  $E_1$ ,  $C_1$ , ... и т.д. – ортогональные проекции точек  $B$ ,  $E$ ,  $C$ , ... и т.д. Соединим эти точки прямыми линиями и получим ортогональную проекцию предмета. Следовательно, если известны правила построения проекций точки, мы можем построить проекции любого предмета. Метод ортогонального проецирования широко используется в технике.

3. *Одна проекция не определяет положения точки в пространстве.*

Например, известна  $A_1$  – проекция точки  $A$  на плоскости  $\Pi_1$  (рис. 141). Можно ли определить положение точки  $A$  в пространстве (относительно плоскости  $\Pi_1$ )? Из чертежа видно, что  $A_1$  – это проекция многих точек ( $A'$ ,  $A''$  и т.д.). Все эти точки лежат на проецирующей прямой, поэтому мы не можем определить, где находится точка  $A$ .

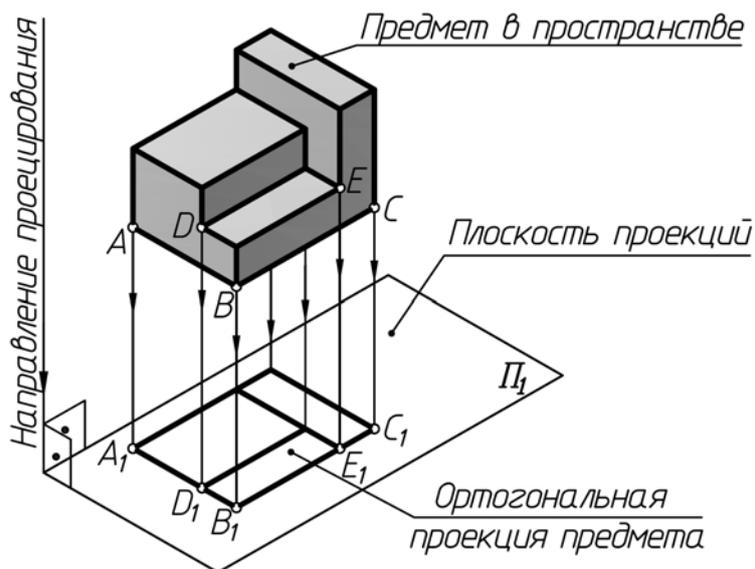


Рис. 140. Проецирование предмета по методу ортогонального проецирования

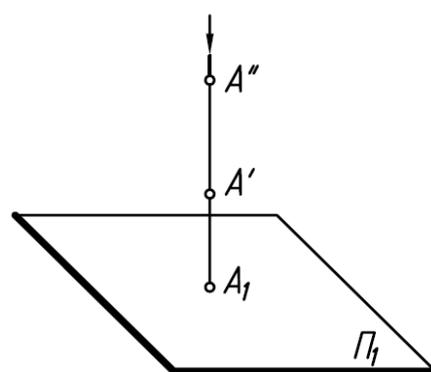


Рис. 141

### Проекция точки на двух плоскостях проекций.

Даны две взаимно-перпендикулярные плоскости проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  (рис. 142). Плоскость  $\Pi_1$  расположим горизонтально. Она называется **горизонтальной плоскостью проекций**. Плоскость  $\Pi_2$  расположим вертикально. Она называется **фронтальной плоскостью проекций**. Плоскости  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  пересекаются по прямой  $x_{12}$ , которая называется **осью проекций**.

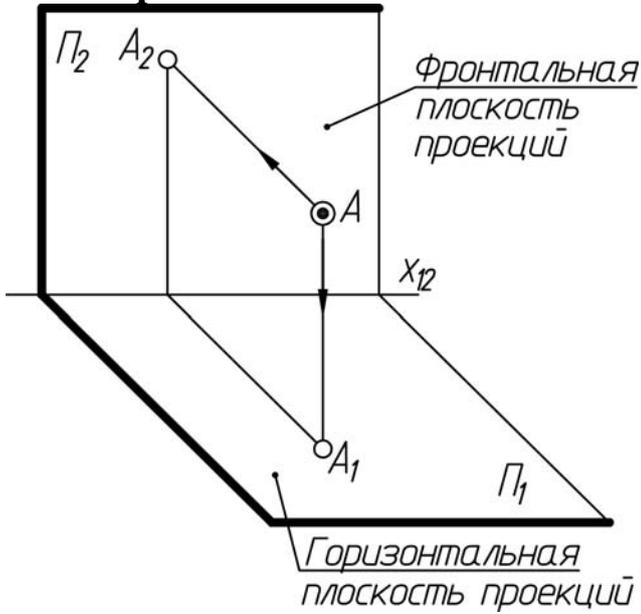


Рис. 142

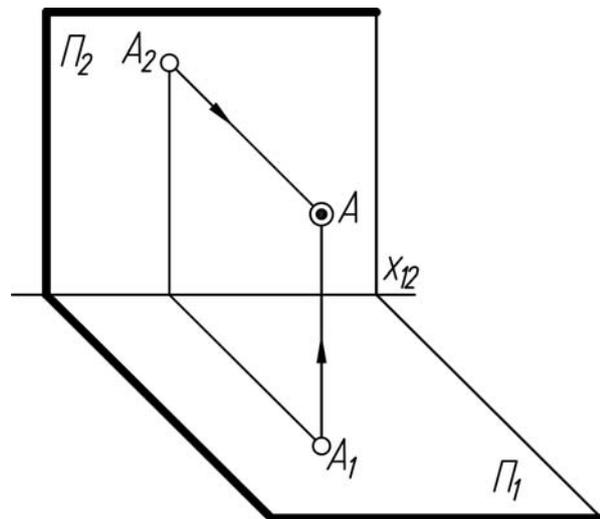


Рис. 143

Найдём проекции точки  $A$  на плоскостях  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Для этого из точки  $A$  проведём перпендикуляр к  $\Pi_1$  и отметим точку  $A_1$  – точку пересечения перпендикуляра с  $\Pi_1$ . Из точки  $A$  проведём перпендикуляр к  $\Pi_2$  и отметим точку  $A_2$  – точку пересечения перпендикуляра с  $\Pi_2$ . Точка  $A_1$  называется **горизонтальной проекцией** точки  $A$ . Точка  $A_2$  называется **фронтальной проекцией** точки  $A$ .

4. *Две проекции точки определяют её положение в пространстве.*

Например, известны горизонтальная  $A_1$  и фронтальная  $A_2$  проекции точки  $A$  (рис. 143). Можно ли определить положение точки  $A$  в пространстве относительно плоскостей  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ ? Из проекции  $A_1$  восстановим перпендикуляр к  $\Pi_1$ . Из проекции  $A_2$  восстановим перпендикуляр к  $\Pi_2$ . Эти перпендикуляры пересекутся в одной точке – точке  $A$ . Следовательно, по двум проекциям  $A_1$  и  $A_2$  мы определили положение точки  $A$  в пространстве.

### Эпюр точки.

На рис. 144, а даны точка  $A$  и ее проекции на плоскостях  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Величина отрезка  $AA_1$  показывает расстояние от точки  $A$  до  $\Pi_1$ . Величина отрезка  $AA_2$  показывает расстояние от точки  $A$  до  $\Pi_2$ . Перпендикуляры, опущенные из  $A_1$  и  $A_2$  на ось  $x_{12}$ , пересекаются в точке  $A_x$ .

Повернём плоскость  $\Pi_1$  вокруг оси  $x_{12}$ . Плоскость  $\Pi_1$  совместится с плоскостью  $\Pi_2$ . Проекция  $A_1$  и  $A_2$  будут лежать на одном перпендикуляре к оси  $x$ . В этом случае говорят, что  $A_1$  и  $A_2$  расположены в проекционной связи. Прямая линия  $A_2A_1$  называется **линией связи**.

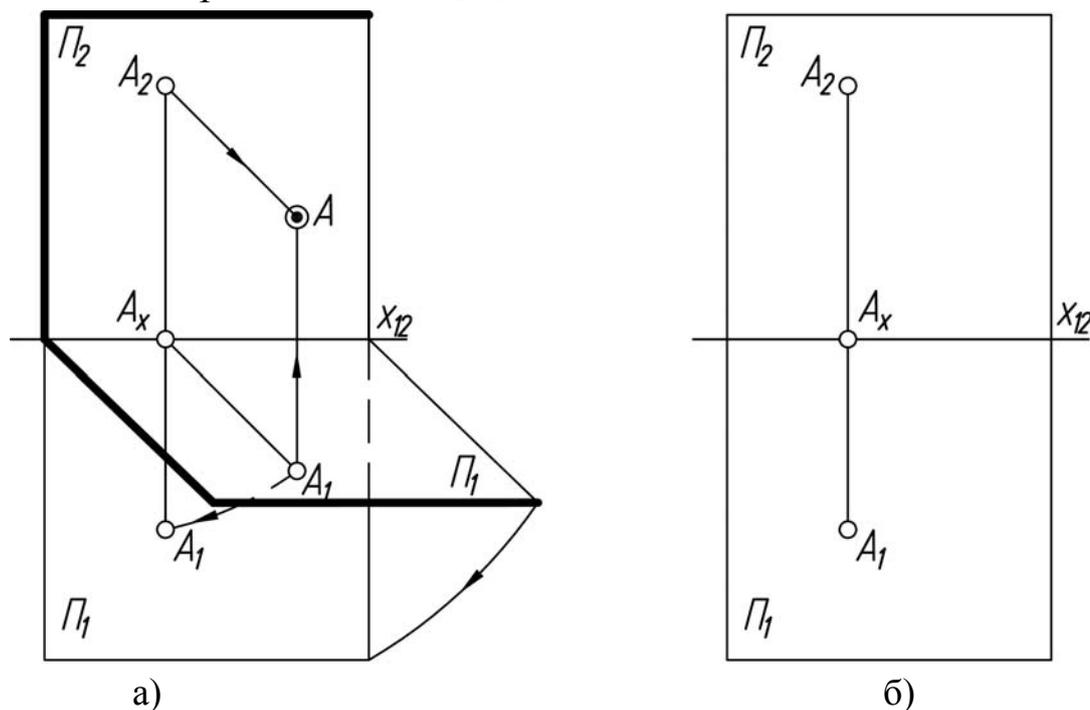


Рис. 144

5. *Эпюром точки называется чертеж, на котором изображены две (или три) ортогональные проекции точки, расположенные в проекционной связи.*

На рис. 144, б изображён эпюр точки  $A$ . На эпюре нет самой точки  $A$ . На эпюре даны только её проекции  $A_1$  и  $A_2$ . Но по эпюру можно точно определить положение точки  $A$  в пространстве относительно плоскостей  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Величина отрезка  $A_2A_x$  показывает расстояние от точки  $A$  до  $\Pi_1$ . Величина отрезка  $A_1A_x$  показывает расстояние от точки  $A$  до  $\Pi_2$ .

Следовательно, точка  $A$  задана в пространстве относительно плоскостей  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  двумя проекциями: горизонтальной проекцией  $A_1$  и фронтальной проекцией  $A_2$ . Это положение записывают так: задана точка  $A (A_1; A_2)$ .

## Проекция точки на трёх плоскостях проекций.

При выполнении технических чертежей иногда строят третью проекцию детали. Для этого вводят ещё одну вертикальную плоскость проекций  $\Pi_3$  (рис. 145, а). Плоскость  $\Pi_3$  называется **профильной плоскостью проекций**. Эту плоскость располагают перпендикулярно плоскостям  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Линия пересечения плоскостей  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  называется осью проекций  $z$  (зет). Линия пересечения плоскостей  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  называется осью проекций  $y$  (игрек). Оси проекций  $x$ ,  $y$  и  $z$  пересекаются в одной точке  $O$  (буква О). Опустим перпендикуляр из точки  $A$  на плоскость  $\Pi_3$  и найдём точку  $A_3$  – профильную проекцию точки  $A$ . Величина отрезка  $AA_3$  – это расстояние от точки  $A$  до  $\Pi_3$ .

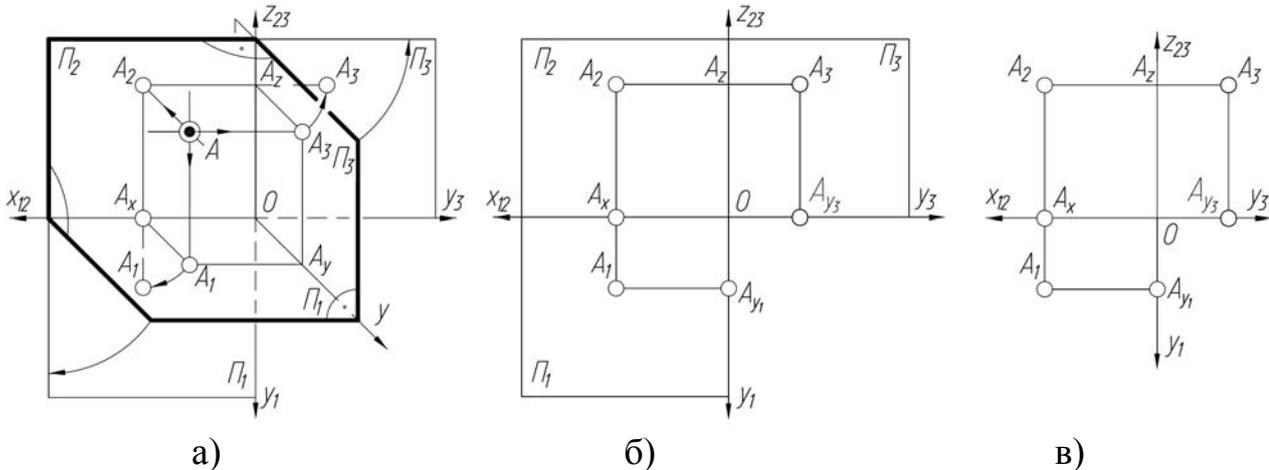


Рис. 145

Чтобы получить эюр точки  $A$ , совместим плоскости  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  с плоскостью  $\Pi_2$  (рис. 145, б). Плоскость  $\Pi_2$  остаётся неподвижной. Плоскость  $\Pi_1$  повернём вокруг оси  $x_{12}$ , плоскость  $\Pi_3$  повернём вокруг оси  $z_{23}$ . На эюре ось  $y$  изображена два раза: на плоскости  $\Pi_1$  и на плоскости  $\Pi_3$ . Обозначим изображение оси  $y$  на  $\Pi_1$  –  $y_1$ ; изображение оси  $y$  на  $\Pi_3$  –  $y_3$ . Иногда в литературе используется одно обозначение для этой оси –  $y$ , как на плоскости  $\Pi_1$ , так и на плоскости  $\Pi_3$ .

Границы плоскостей проекций на эюре не показывают. На рис. 145, в дан эюр точки  $A$  без границ плоскостей проекций.

Рассмотрим эюр точки  $A$  ( $A_1; A_2; A_3$ ) (рис. 145, в). Проекция  $A_1$  и  $A_2$  лежат на линии связи, перпендикулярной оси  $x_{12}$ . Проекция  $A_2$  и  $A_3$  лежат на линии связи, перпендикулярной оси  $z_{23}$ . Проекция  $A_1$  и  $A_3$  также расположены в проекционной связи. Линия связи  $A_1A_{y1}$  перпендикулярна оси  $y_1$ . Линия связи  $A_3A_{y3}$  также перпендикулярна оси  $y_3$ .

- По двум проекциям точки можно построить её третью проекцию.

**Послетекстовые задания.**

6) Посмотрите на рис. 142, 145 и закончите предложения.

- Точка  $A_1$  – это ....
- Точка  $A_2$  – это ....
- Плоскость  $\Pi_1$  – это ....
- Плоскость  $\Pi_2$  – это ....
- Линия  $A_1A_2$  – это ....
- Прямая  $Ox$  – это ....
- Плоскость  $\Pi_3$  – это ....

7) Укажите стрелкой правильный ответ.

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1. Одна проекция точки | a) определяют положение точки в пространстве    |
| 2. Две проекции точки  | b) не определяет положение точки в пространстве |
|                        | c) можно построить третью проекцию              |

8) Ответьте на вопросы.

1. Что такое эюр точки?
2. Как расположена плоскость  $\Pi_3$  (рис 145)?
3. Как называются прямые  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  (рис 145)?
4. Как расположена плоскость  $\Pi_1$  (рис 142)?

9) Решите задачи 1-3.

**Задача 1.** Задана точка  $A (A_1; A_2)$ . Требуется построить точку  $A_3$ , профильную проекцию точки  $A$  (рис. 146, а).

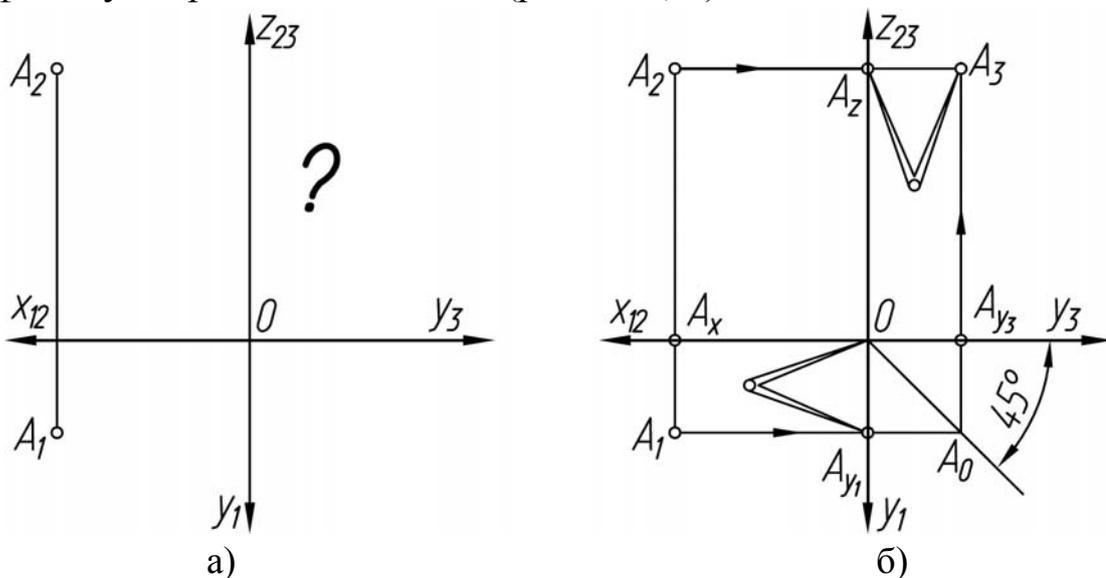


Рис. 146

Через точку  $A_2$  проведём линию связи  $A_2A_z$  (рис. 146, б); через точку  $A_1$  проведём линию связи  $A_1A_{y1}$ . Через точку  $O$  проведём прямую под углом  $45^\circ$  к осям  $y_1$  и  $y_3$ . Продолжим линию  $A_1A_{y1}$  до пересечения с этой прямой в точке  $A_0$ . Из точки  $A_0$  проведём линию связи  $A_0A_{y3}$  до пересечения с продолжением линии  $A_2A_z$ . Отметим точку  $A_3$  – профильную проекцию точки  $A$ .

Точку  $A_3$  можно найти без помощи прямой  $OA_0$ . Измерим величину отрезка  $OA_{y1} = A_1A_x$  и отложим её циркулем на продолжении линии связи  $A_2A_z$ . Отметим точку  $A_3$ .

**Задача 2.** Задана точка  $B (B_1; B_3)$ . Требуется найти точку  $B_2$  – фронтальную проекцию точки  $B$  (рис. 147, а). Построение точки  $B_2$  показано на рис. 147, б стрелками.

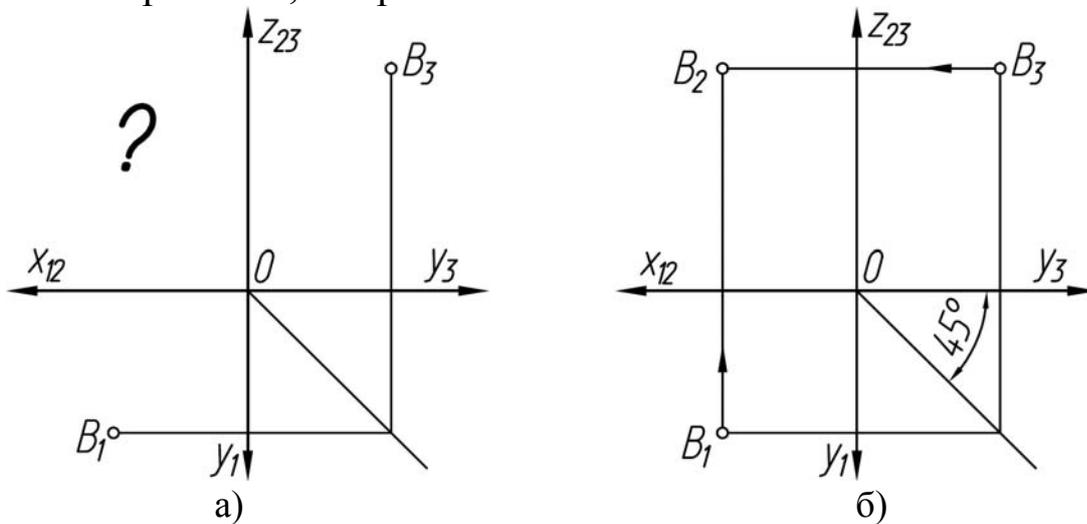


Рис. 147

**Задача 3.** Задана точка  $C (C_2; C_3)$ . Требуется найти точку  $C_1$  – горизонтальную проекцию точки  $C$  (рис. 148, а). Построение точки  $C_1$  показано на рис. 148, б стрелками.

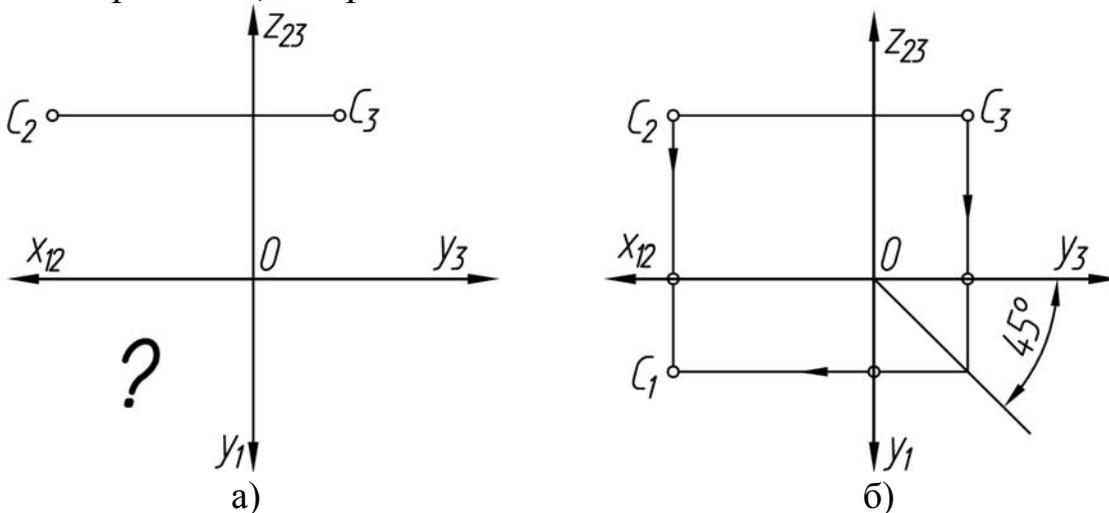


Рис. 148

## § 17. Прямоугольные координаты точки.

### Предтекстовые задания.

- 1) Запомните термины:  
координата точки, координата  $x$  (абсцисса),  
координата  $y$  (ордината), координата  $z$  (аппликата),  
начало координат.
- 2) Прочитайте по образцу.  
 $A(9; 10; 8)$  – координата  $X$  точки  $A$  равна 9 единицам,  
координата  $Y$  равна 10 единицам,  
координата  $Z$  равна 8 единицам.  
 $B(3; 5; 4)$  – ....  
 $C(7; 6; 5)$  – ....  
 $M(12; 8; 20)$  – ....
- 3) Прочитайте текст.  
Найдите ответ на вопрос: Как измеряются координаты точки?

Чтобы определить положение точки в пространстве относительно плоскостей координат, надо знать расстояния от точки до плоскостей координат. Эти расстояния называются **координатами точки**. Имеются три координаты: координата  $X$  (абсцисса), координата  $Y$  (ордината), координата  $Z$  (аппликата). Будем считать, что координатные плоскости совпадают с плоскостями проекций  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ ; оси координат совпадают с осями проекций  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Оси проекций пересекаются в точке  $O$  – начале координат.

7. *Координаты измеряются по осям  $x$ ,  $y$  и  $z$  или по линиям, параллельным осям.*

На рис. 145, а координата  $X$  точки  $A$  равна величинам отрезков  $A_3A$ ;  $A_yA_1$ ;  $A_zA_2$  и  $OA_x$ . Все эти отрезки равны расстоянию от точки  $A$  до плоскости  $\Pi_3$ . Координата  $Y$  точки  $A$  равна величинам отрезков  $A_2A$ ;  $A_xA_1$ ;  $A_zA_3$  и  $OA_y$ . Все эти отрезки равны расстоянию от точки  $A$  до плоскости  $\Pi_2$ . Координата  $Z$  точки  $A$  равна величинам отрезков  $A_1A$ ;  $A_yA_3$ ;  $A_xA_2$  и  $OA_z$ . Все эти отрезки равны расстоянию от точки  $A$  до плоскости  $\Pi_1$ .

8. *По трём координатам точки можно построить эюр точки и определить положение точки в пространстве.*

Пусть координата  $X$  точки  $A$  равна девяти единицам; координата  $Y$  точки  $A$  равна десяти единицам, координата  $Z$  точки  $A$  равна восьми единицам. Обозначают это так:  $A(9; 10; 8)$ . На первом месте стоит координата  $X$ , на втором  $Y$ , на третьем  $Z$ .

Чтобы построить комплексный чертеж (эпюр) точки, от начала координат влево откладывают отрезок  $X_A$  (рис.150, а). Через полученную точку  $A_x$  перпендикулярно оси  $x_{12}$  проводят линию связи проекций точки  $A$  и на ней откладывают вверх отрезок  $Z_A$ , вниз – отрезок  $Y_A$ . Так получают соответственно фронтальную  $A_2$  и горизонтальную  $A_1$  проекции точки.

Чтобы построить профильную проекцию точки, через точку  $A_2$  перпендикулярно оси  $z_{23}$  проводят линию связи и от полученной точки  $A_z$  вправо откладывают отрезок  $Y_A$ . Полученная точка  $A_3$  – профильная проекция точки  $A$ .

На рис. 151 рассмотрен второй способ построения эпюра точки.

Для получения наглядного и метрически определенного изображения предметов применяются **аксонометрические проекции**. Построение **аксонометрии** состоит в том, что оригинал вместе с осями натуральной системы координат проецируется на некоторую плоскость  $\Pi'$ . Проекции  $x' y' z'$  осей координат на плоскости  $\Pi'$  называют **аксонометрическими осями**. При этом появляется возможность производить измерения по аксонометрическим осям и по направлениям, им параллельным. Если направление проецирования перпендикулярно плоскости  $\Pi'$ , такое проецирование называется **прямоугольной аксонометрией**. Наиболее часто используют два вида стандартных аксонометрических проекций: **изометрию** и **диметрию** (рис. 149).

В **прямоугольной изометрии** оси натуральной системы координат имеют одинаковый наклон к плоскости проекций  $\Pi'$ , поэтому аксонометрические оси образуют между собой равные углы ( $120^\circ$ ); оси  $x'$  и  $y'$  образуют при этом углы  $30^\circ$  с горизонтальной линией (рис. 149, а). Прием построения аксонометрических осей при помощи циркуля (рис. 149, б) основан на делении окружности на шесть равных частей. Выбрав на оси  $z'$  точку  $O'$ , проводим дугу произвольного радиуса; из точки пересечения этой дуги с осью  $z'$  тем же радиусом проводим вторую дугу. Через точки пересечения этих дуг проводим оси  $x'$  и  $y'$ .

В **прямоугольной диметрии** ось  $x'$  с горизонтальной прямой составляет угол, равный приблизительно  $7^\circ$ , а ось  $y'$  – приблизительно  $41^\circ$  (рис. 149, в). Для построения осей можно использовать следующий

прием. Отложить на горизонтальной линии от начала координат влево восемь равных частей и одну часть вниз. Через полученную точку пройдет ось  $x'$ . Ось  $y'$  является продолжением биссектрисы угла  $x'O'y'$ . Ось  $y'$  можно также построить, отложив вправо от начала координат восемь делений и семь – вниз.

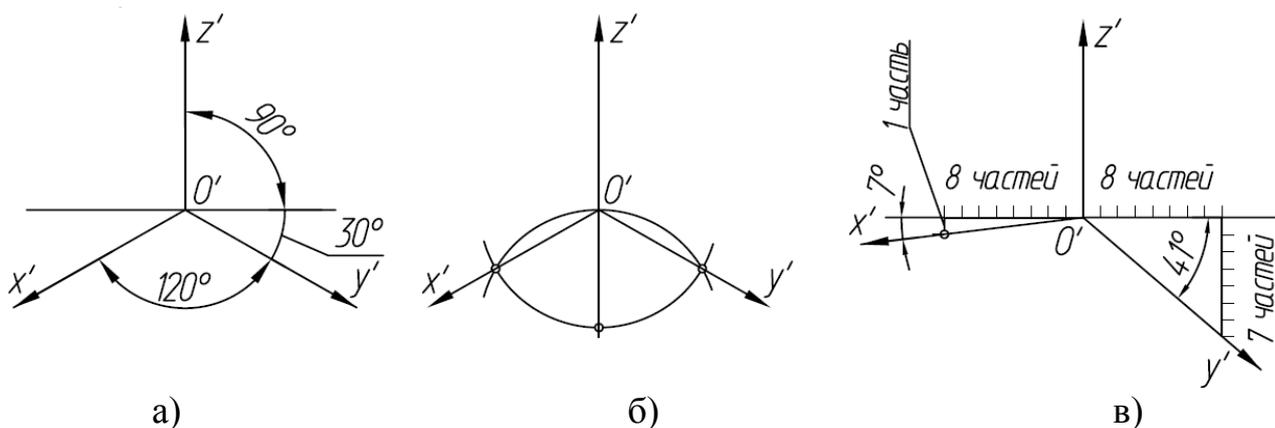


Рис. 149

Рассмотрим построение изометрической проекции точки. Обычно на практике изометрическую проекцию выполняют без искажения по всем осям, т.е. натуральные координатные отрезки  $x_A, y_A, z_A$  точки  $A$ , заданные на ее комплексном чертеже (рис. 150, а), непосредственно откладывают вдоль соответствующих аксонометрических осей или параллельно им (рис. 150, б). Порядок откладывания координат значения не имеет. Один из вариантов представлен на рис. 150, в. При этом изображение пропорционально увеличивается в 1,22 раза.

В прямоугольной диметрии длины отрезков, параллельных оси  $Oy$ , уменьшают в два раза. При этом все изображение увеличивается в 1,06 раза. Следует отметить, что для построения аксонометрии точки достаточно иметь две любые ее проекции, т.к. они полностью определяют положение точки в пространстве.

Точка  $A'_1$  называется **вторичной** горизонтальной проекцией точки, точка  $A'_2$  – **вторичной** фронтальной проекцией точки. Аналогично можно построить  $A'_3$  – **вторичную** профильную проекцию точки  $A$ . Для полноты изображения необходимо и достаточно иметь на аксонометрическом чертеже одну вторичную проекцию изображаемой точки. Ее наличие дает возможность решения обратной задачи, а именно – построение комплексного чертежа. В этом случае по аксонометрическому чертежу можно измерять все координаты точки.

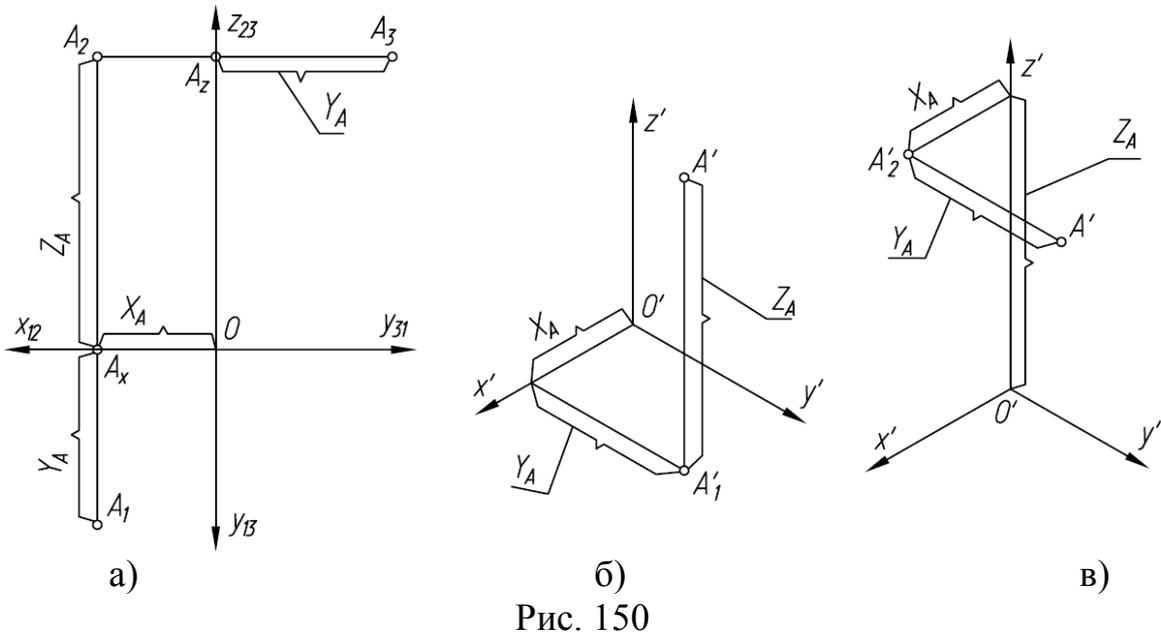


Рис. 150

**Послетекстовые задания.**

4) Решите задачи 1-4.

**Задача 1.** Задана точка  $A(9; 10; 8)$ . Требуется построить её эюр.

От точки  $O$  по оси  $x$  откладываем девять единиц (рис. 151). Отмечаем точку  $A_x$ . От точки  $O$  по оси  $y$  откладываем десять единиц. Отмечаем точку  $A_y$ . Через точку  $A_x$  проводим прямую, параллельную оси  $y$ . Через точку  $A_y$  проводим прямую, параллельную оси  $x$ . Точка пересечения этих прямых линий  $A_1$  – горизонтальная проекция точки  $A$ .

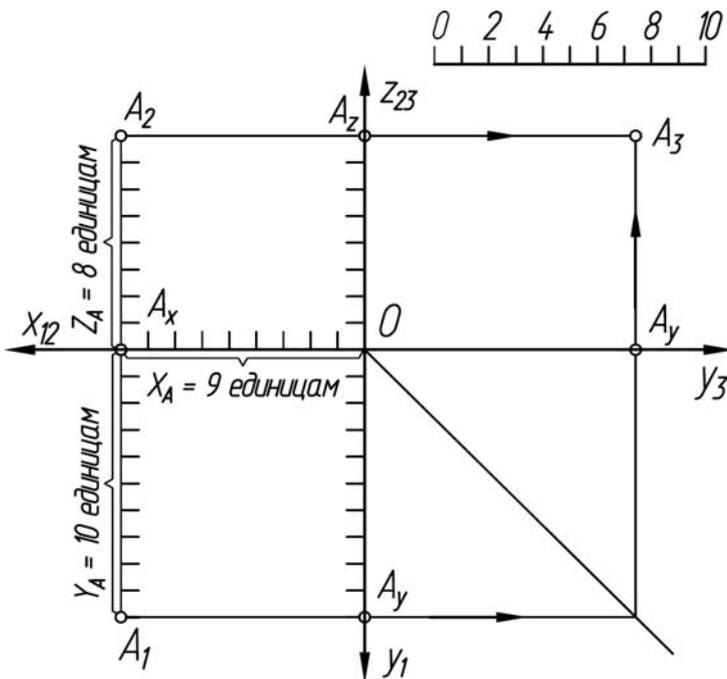


Рис. 151

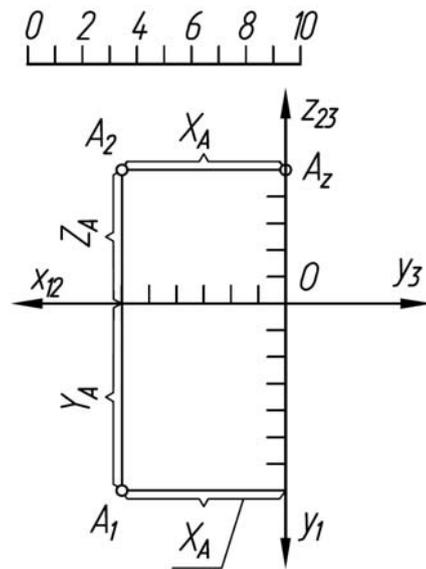


Рис. 152

От точки  $O$  по оси  $z$  откладываем восемь единиц и отмечаем точку  $A_z$ . Через точку  $A_z$  проводим прямую, параллельную оси  $x$ . Через точку  $A_x$  проводим прямую, параллельную оси  $z$ . Точка пересечения этих прямых  $A_2$  – фронтальная проекция точки  $A$ . Прямые, которые проходят через проекции точки параллельно осям – это линии связи.

Профильную проекцию точки  $A$  – точку  $A_3$  – находим на пересечении линий связи.

**9.** Если известны две проекции точки, можно определить все три координаты этой точки.

**Задача 2.** Задана точка  $A (A_1; A_2)$  (рис. 152). Требуется определить координаты  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  точки  $A$ . Координату  $X$  можно определить по расположению проекций  $A_2$  или  $A_1$ . Она равна шести единицам. Координату  $Y$  определяем по расположению проекции  $A_1$ . Она равна семи единицам. Координату  $Z$  определяем по расположению проекции  $A_2$ . Она равна пяти единицам. Следовательно, по двум проекциям мы определили все три координаты точки  $A (6; 7; 5)$ .

**Задача 3.** Задана точка  $B (B_2; B_3)$  (рис. 153). Требуется определить её координаты. Координату  $X$  определяем по проекции  $B_2 (X=5)$ ; координату  $Y$  определяем по проекции  $B_3 (Y=4)$ ; координату  $Z$  определяем по проекциям  $B_2$  или  $B_3 (Z=6)$ . Следовательно,  $B (5; 4; 6)$ .

**Задача 4.** Задана точка  $C (C_1; C_3)$  (рис. 154). Требуется определить её координаты. Координату  $X$  определяем по проекции  $C_1 (X=4)$ ; координату  $Y$  определяем по проекциям  $C_1$  или  $C_3 (Y=5)$ ; координату  $Z$  определяем по проекции  $C_3 (Z=7)$ . Следовательно,  $C (4; 5; 7)$ .

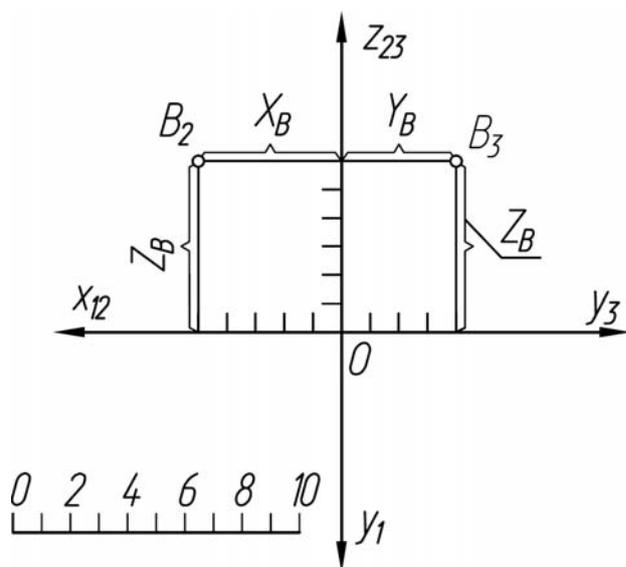


Рис. 153

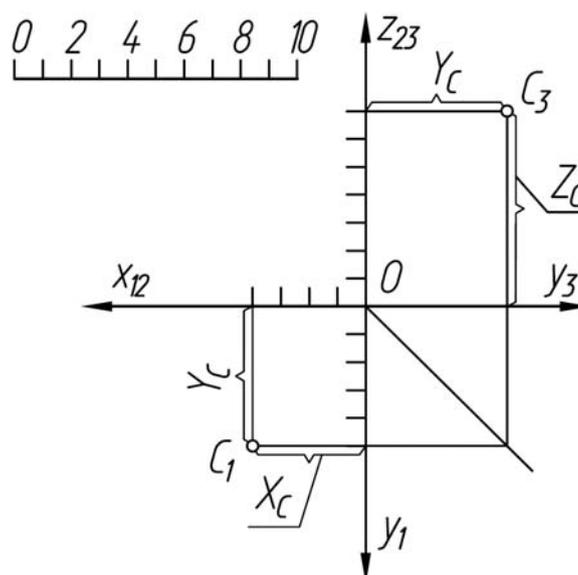


Рис. 154

## § 18. Расположение точек в пространстве.

### Предтекстовые задания.

1) Прочитайте по образцу.

$B_2 \equiv B_x$  –  $B_2$  совпадает с  $B_x$ .

$A_1 \equiv A_y$  – ....

$C_3 \equiv C_x$  – ....

$B_3 \equiv B_2$  – ....

2) Обратите внимание на словосочетания.

точка лежит <  $\begin{cases} \text{на плоскости} \\ \text{на оси проекций} \\ \text{в начале координат} \end{cases}$

3) Прочитайте текст.

Если точка не лежит ни на одной из плоскостей проекций, она называется **точкой общего положения**. Ни одна координата точки общего положения не равна нулю (например, точка  $A$  на рис. 145 и 151). Если хотя бы одна координата точки равна нулю, точка называется **точкой частного положения**.

Рассмотрим некоторые примеры точек частного положения.

**Пример 1.** На рис. 155, а дан эпюр точки  $B(10; 8; 0)$ . Координата  $Z$  равна нулю; это значит, что расстояние от точки  $B$  до плоскости  $\Pi_1$  равно нулю. Поэтому точка  $B$  лежит на плоскости  $\Pi_1$  и совпадает со своей горизонтальной проекцией (на рис. 155, б дано пространственное изображение точки  $B$ ). Следовательно, **если одна координата точки равна нулю, то точка лежит на плоскости проекций**.

Из эпюра точки  $B$  видно, что фронтальная проекция  $B_2$  лежит на оси  $x$  и совпадает с точкой  $B_x$ . Слово “совпадает” обозначают знаком « $\equiv$ » и записывают так:  $B_2 \equiv B_x$  ( $B_2$  совпадает с  $B_x$ ). Профильная проекция  $B_3$  лежит на оси  $y$  и совпадает с точкой  $B_y$  ( $B_3 \equiv B_y$ ). Следовательно, **если точка лежит на плоскости проекций, то две проекции точки лежат на осях проекций**.

**Пример 2.** На рис. 155 также даны эпюры точек частного положения  $C$  и  $D$ . Точка  $C(14; 0; 7)$  лежит на фронтальной плоскости проекций. Точка  $D(0; 5; 12)$  лежит на профильной плоскости проекций.

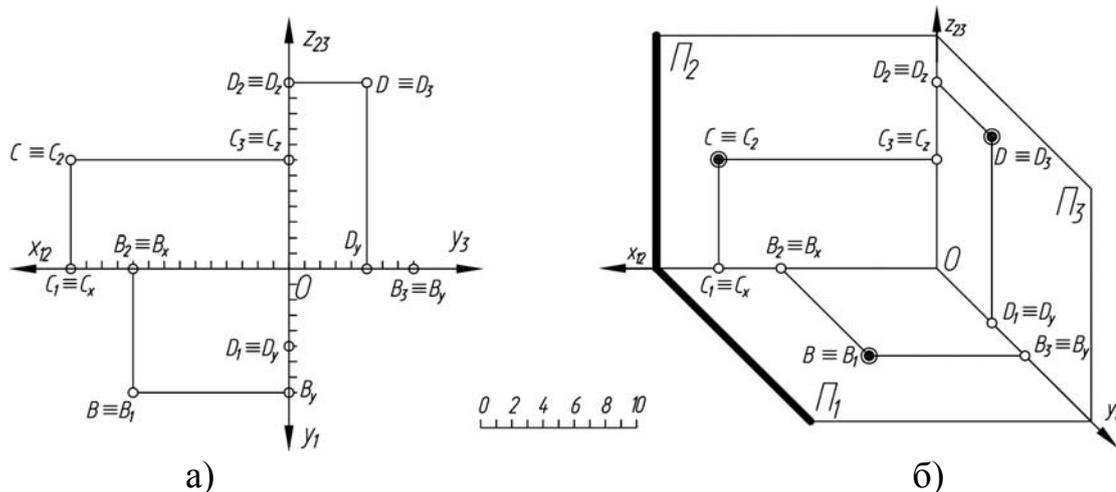


Рис. 155

Мы рассмотрели эпюры точек частного положения, когда одна координата точки равна нулю.

Если две координаты точки равны нулю, то точка лежит на оси проекций, а две проекции точки совпадают и лежат на той же оси.

**Пример 3.** На рис. 156, а дан эпюр точки  $E (12; 0; 0)$ . Координаты  $Y$  и  $Z$  точки  $E$  равны нулю. Это значит, что расстояния от точки  $E$  до  $\Pi_2$  и  $\Pi_1$  равны нулю, поэтому точка  $E$  лежит на оси  $x$  и совпадает со своей горизонтальной и фронтальной проекциями ( $E \equiv E_1 \equiv E_2$  на рис. 156, б). Профильная проекция  $E_3$  лежит в начале координат ( $O \equiv E_3$ ).

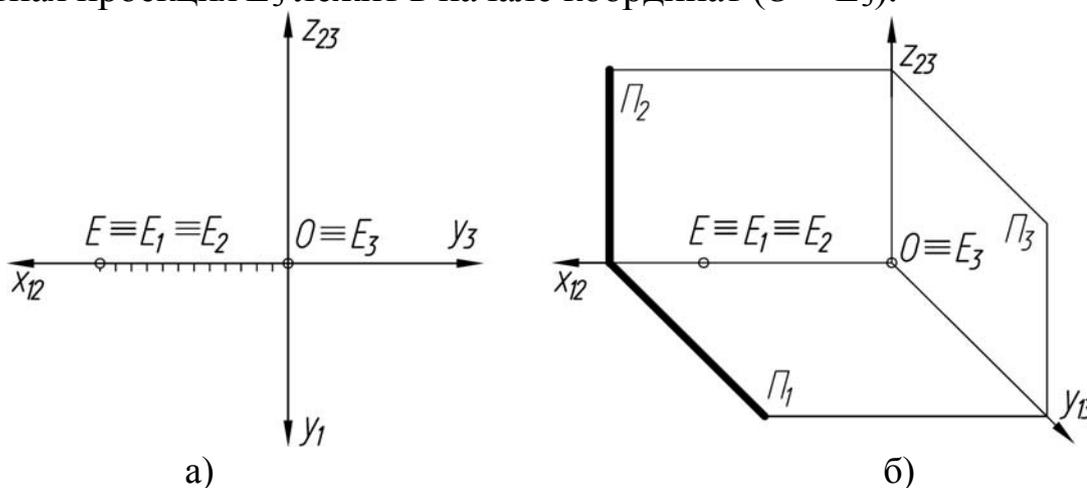


Рис. 156

**Если три координаты точки равны нулю, то точка лежит в начале координат, и все три проекции точки совпадают и лежат в начале координат – точке  $O$ .**

Прочитать эпюр точки – это значит определить расстояния от точки до плоскостей проекций. Если на эпюре даны проекции нескольких точек, надо уметь определить взаимное расположение точек в пространстве. Рассмотрим примеры.

Заданы точки  $B (B_1; B_2; B_3)$  и  $C (C_1; C_2; C_3)$  (рис. 157). Из эпюра видно, что координата  $X$  точки  $C$  больше координаты  $X$  точки  $B$  на величину отрезка  $B_x C_x$ . Следовательно, точка  $C$  расположена дальше от плоскости  $\Pi_3$ , чем точка  $B$ . Координата  $Z$  точки  $C$  меньше координаты  $Z$  точки  $B$  на величину отрезка  $C_z B_z$ . Следовательно, точка  $C$  расположена ниже точки  $B$ . Координата  $Y$  точки  $C$  меньше координаты  $Y$  точки  $B$  на величину отрезка  $C_y B_y$ . Следовательно, точка  $C$  расположена ближе к плоскости  $\Pi_2$ , чем точка  $B$ .

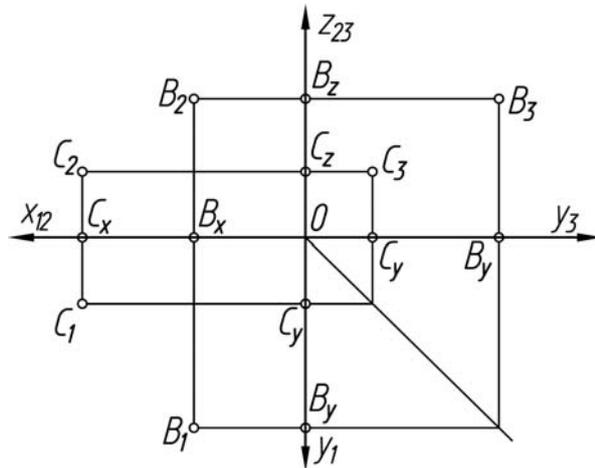


Рис. 157

### Послетекстовые задания.

- 4) Укажите стрелками правильные ответы.
  1. Если одна координата точки равна нулю то...
    - а) две проекции точки лежат на осях проекций
  2. Если точка лежит на плоскости проекций то ...
    - б) точка лежит на плоскости проекций
  3. Если три координаты точки равны нулю то...
    - в) все три проекции точки совпадают и лежат в начале координат
- 5) Ответьте на вопросы.
  1. Как называются точки  $C_x, B_y, D_z$  (рис. 155)?
  2. Что обозначает знак  $\equiv$ ?
  3. Как называется точка  $A$  (рис. 145)?
- 6) **Домашнее задание 5** (выполнить на горизонтальном формате А4, без основной надписи). Построить три проекции и изометрическую проекцию точек. Определить их положение в пространстве.  $A(35;20;40); B(15;40;0); C(20;0;30); D(0;30;10); E(30;0;0); F(0;10;0)$ .

## **§ 19. Проекции прямой линии.**

### Предтекстовые задания.

- 1) Запомните терминологические словосочетания: отрезок прямой, натуральная величина отрезка, прямая общего положения, прямая частного положения, горизонталь, фронталь, профильная прямая, проецирующая прямая.

2) Обратите внимание на словосочетания.

прямая  $\left\{ \begin{array}{l} \text{наклонена к плоскости под углом} \\ \text{параллельна плоскости} \\ \text{перпендикулярна плоскости} \end{array} \right.$

3) Прочитайте текст.

Положение прямой линии в пространстве определяют две точки. Чтобы построить проекции прямой, достаточно построить проекции двух её точек. На чертеже прямая обычно задаётся отрезком. Из точек  $A$  и  $B$  отрезка  $AB$  (рис. 158) опустим перпендикуляры на плоскость  $\Pi_1$  и построим проекции  $A_1$  и  $B_1$ . Соединив точки  $A_1$  и  $B_1$  прямой линией, получим отрезок  $A_1B_1$  – проекцию отрезка  $AB$ . Из точек  $C$  и  $D$  опустим перпендикуляры на плоскость  $\Pi_1$ , соединим точки  $C_1$  и  $D_1$  прямой линией и получим отрезок  $C_1D_1$  – проекцию отрезка  $CD$ ; из точек  $E$  и  $F$  также опустим перпендикуляры на  $\Pi_1$ . Они пересекутся с плоскостью  $\Pi_1$  в одной точке. Точки  $E_1, F_1$  – проекция отрезка  $EF$ .

Прямая может занимать различные положения относительно плоскости проекций: прямая может быть наклонена к плоскости под углом  $\alpha$  (альфа),  $0 < \alpha < 90^\circ$  (прямая  $AB$ ); прямая может быть параллельна плоскости проекций (прямая  $CD$ ); прямая может быть перпендикулярна плоскости проекций (прямая  $EF$ ).

**10. Величина проекции отрезка прямой зависит от положения прямой относительно плоскости проекций. Она изменяется от нуля до натуральной величины отрезка.**

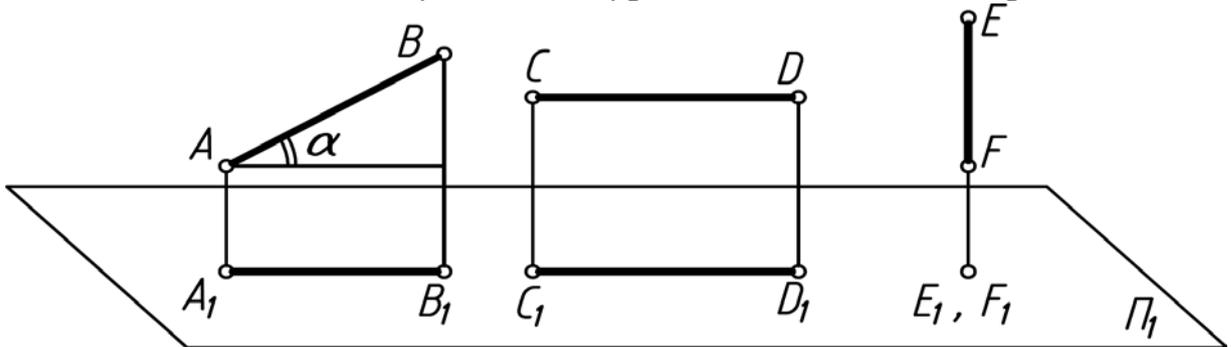


Рис. 158

Из рисунка 158 видно, что величина отрезка  $A_1B_1$  меньше величины отрезка  $AB$  ( $A_1B_1 = AB \cdot \cos \alpha$ ). Чем больше угол наклона прямой к плоскости проекций, тем меньше величина проекции отрезка прямой. Если прямая перпендикулярна плоскости проекций (прямая  $EF$ ), величина проекции ( $E_1, F_1$ ) равна нулю. В этом случае говорят, что прямая проецируется в точку. Чем меньше угол наклона прямой к плоскости про-

екций, тем больше величина проекции отрезка прямой. Если прямая параллельна плоскости проекций (прямая  $CD$ ), величина проекции  $C_1D_1$  равна величине отрезка  $CD$ . В этом случае говорят, что величина проекции отрезка равна **натуральной величине** отрезка.

### Прямая общего положения.

Прямая, которая наклонена ко всем плоскостям проекций под углами, отличными от  $0^\circ$ , называется **прямой общего положения** (рис. 159).

*11. Все проекции отрезка прямой общего положения меньше натуральной величины отрезка.*

Действительно, мы знаем, что  $A_1B_1 = AB \cdot \cos \alpha$  (рис. 158), где  $\alpha$  – угол наклона прямой  $AB$  к  $\Pi_1$ .  $AB$  будет равно  $A_1B_1$ , если  $\cos \alpha$  будет равен единице. Это возможно при  $\alpha = 0$ , т.е. в том случае, если  $AB \parallel \Pi_1$ , что противоречит условию. Поэтому  $AB > A_1B_1$ .

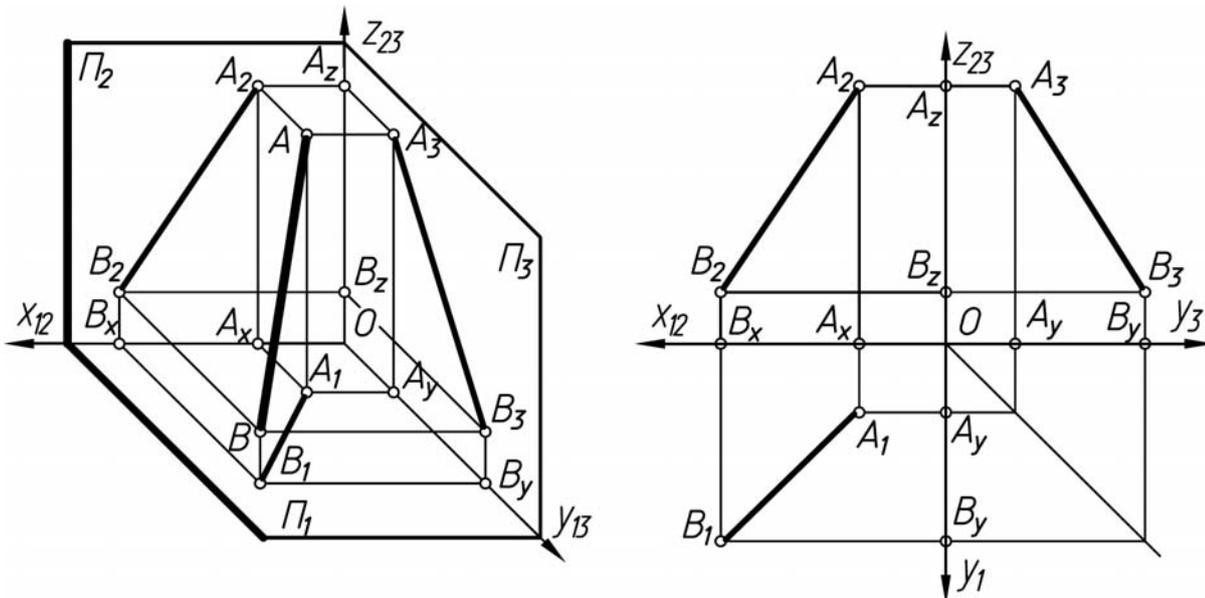


Рис. 159. Прямая общего положения

На рис. 159 отрезок  $AB$  наклонён ко всем трём плоскостям проекций:  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ , поэтому  $AB > A_1B_1$ ;  $AB > A_2B_2$ ;  $AB > A_3B_3$ .

### Прямые частного положения.

Прямые, параллельные одной или двум плоскостям проекций, называются **прямыми частного положения**. Прямые, параллельные одной плоскости проекций, называются **прямыми уровня**.

*12. Одна проекция отрезка прямой уровня равна натуральной величине отрезка.*

Прямых уровня три. Прямая  $CD$  на рис. 160 параллельна плоскости  $\Pi_1$  и наклонена к плоскостям  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ . Такая прямая называется **горизонталью**.

Проекция  $C_2D_2$  параллельна оси  $x$ , а  $C_3D_3$  параллельна оси  $y$ , так как координаты  $Z$  всех точек прямой равны между собой;  $C_1D_1 = CD$ .

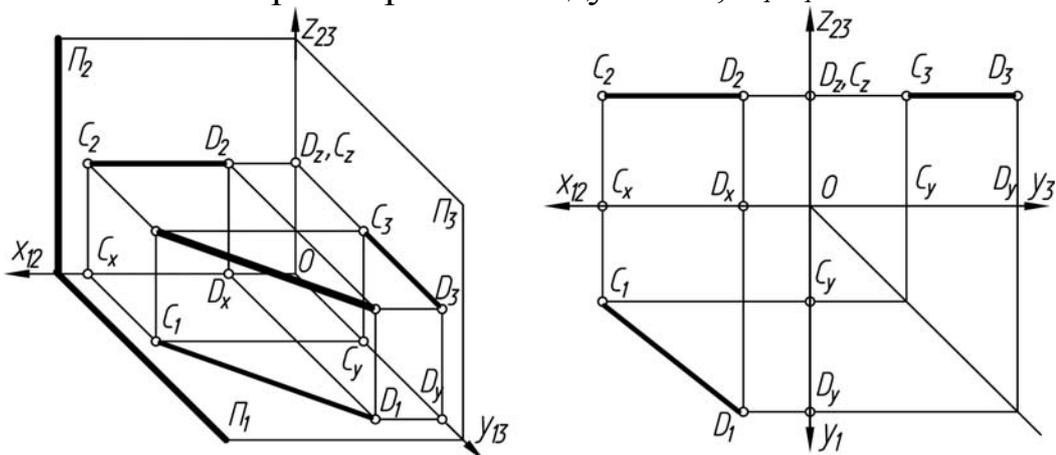


Рис. 160. Горизонталь

Прямая  $EF$  на рис. 161 параллельна плоскости  $\Pi_2$  и наклонена к плоскостям  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$ . Такая прямая называется **фронталью**. Проекция  $E_1F_1$  параллельна оси  $x$ ;  $E_3F_3$  параллельна оси  $z$ ;  $E_2F_2 = EF$ .

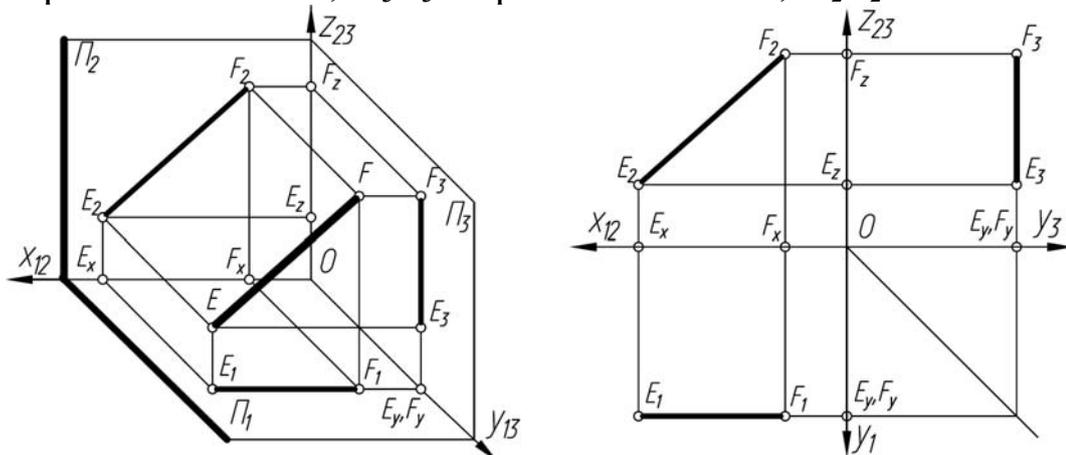


Рис. 161. Фронталь

Прямая  $MN$  на рис. 162 параллельна плоскости  $\Pi_3$  и наклонена к плоскостям  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Такая прямая называется **профильной прямой**. Проекция  $M_2N_2$  параллельна оси  $z$ ;  $M_1N_1$  параллельна оси  $y$ .

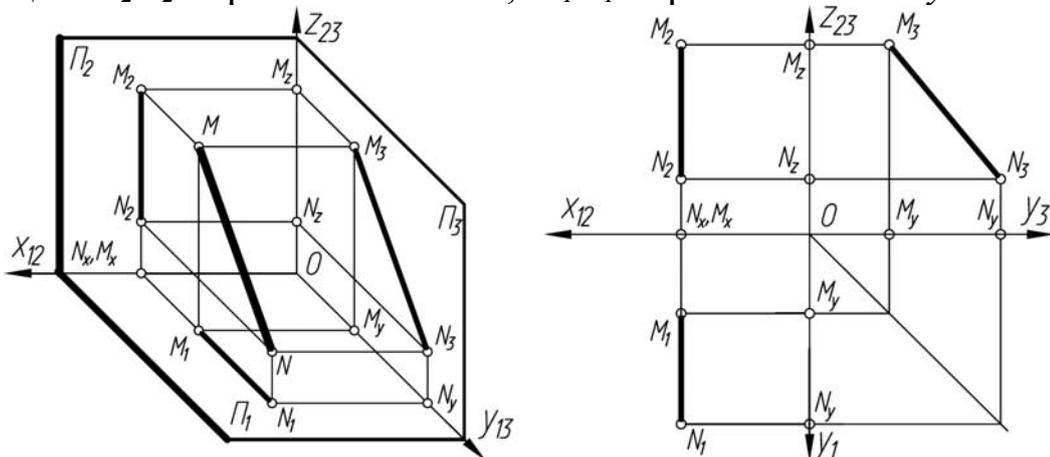


Рис. 162. Профильная прямая

Прямые, параллельные двум плоскостям проекций, называются **проецирующими прямыми**. Они перпендикулярны третьей плоскости проекций.

**13.** *Две проекции отрезка проецирующей прямой равны натуральной величине отрезка.*

Проецирующих прямых тоже три. Прямая  $KL$  на рис. 163 параллельна плоскостям  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ . Следовательно, она перпендикулярна плоскости  $\Pi_1$ . Такая прямая называется **горизонтально-проецирующей**. Проекция  $KL$  на  $\Pi_1$  – точка  $(K_1, L_1)$ ;  $|K_2L_2| = |K_3L_3| = |KL|$ .

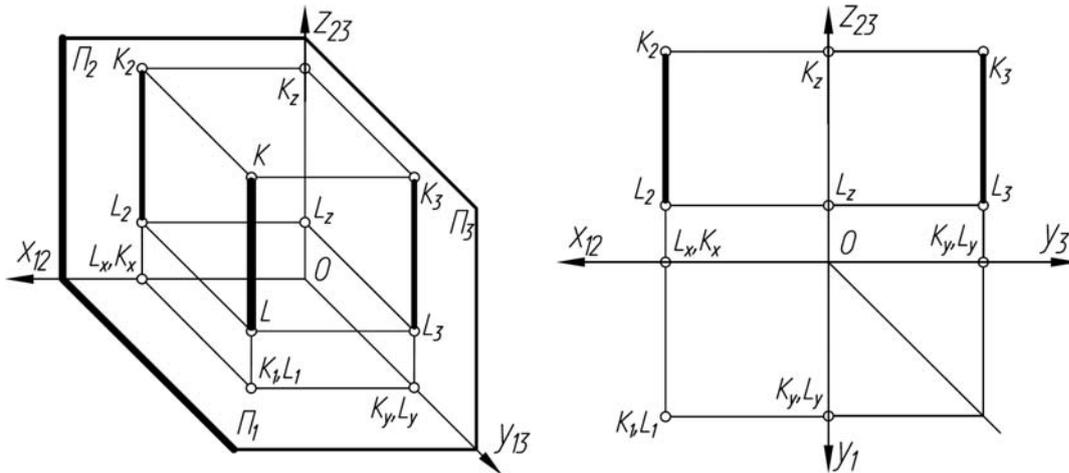


Рис. 163. Горизонтально-проецирующая прямая

Прямая  $AR$  на рис. 164 параллельна плоскостям  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$ , следовательно, перпендикулярна  $\Pi_2$ . Такая прямая называется **фронтально-проецирующей**.

Проекция  $AR$  на  $\Pi_2$  – точка  $(A_2, R_2)$ ;  $|A_1R_1| = |A_3R_3| = |AR|$ .

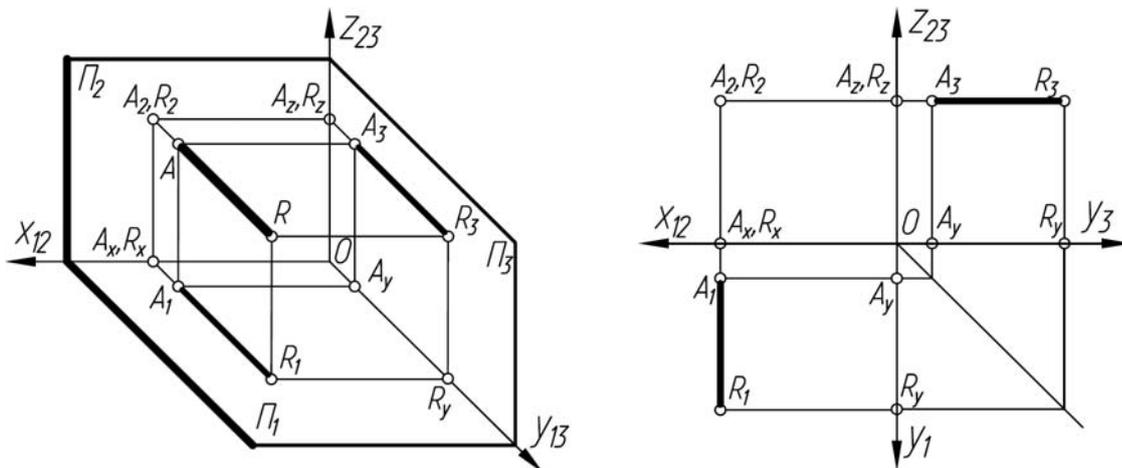


Рис. 164. Фронтально-проецирующая прямая

И, наконец, прямая  $KD$  на рис. 165 параллельна плоскостям  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , следовательно, она перпендикулярна  $\Pi_3$ . Такая прямая называется **профильно-проецирующей**. Проекция  $KD$  на  $\Pi_3$  – точка  $(K_3, D_3)$ ;  $|K_1D_1| = |K_2D_2| = |KD|$ .

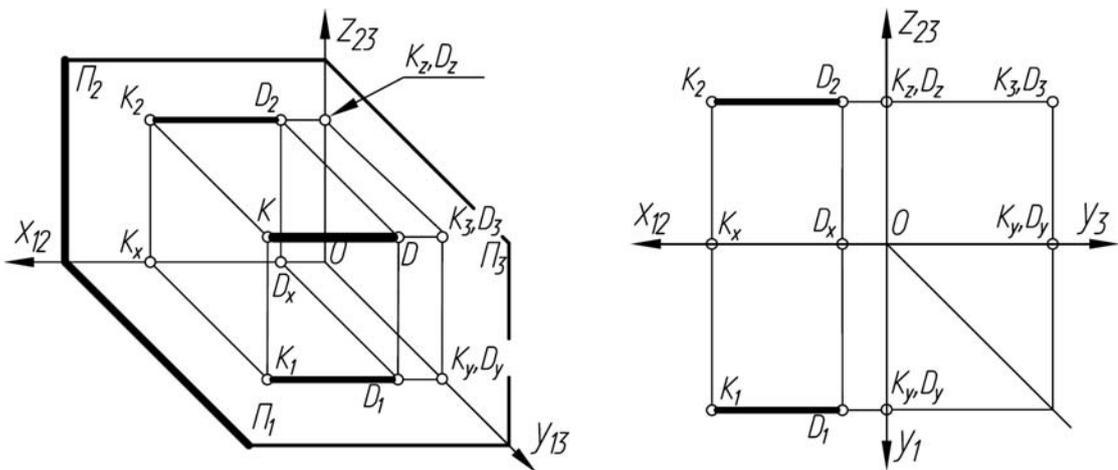


Рис. 165. Профильно-проецирующая прямая

### Послетекстовые задания.

- 4) Вставьте слова из текста (см. рис. 158).
  1. Прямая CD ... плоскости.
  2. Прямая EF ... плоскости.
  3. Прямая AB ... плоскости
- 5) Вставьте слова из текста (см. рис. 162, 163).
  1. Прямая MN ... плоскости  $\Pi_3$  и ... плоскостям  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ .
  2. Прямая KL ... плоскостям  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  и ... плоскости  $\Pi_1$ .
- 6) Ответьте на вопросы.
  1. Что нужно сделать, чтобы построить проекцию прямой?
  2. Как изменяется величина проекции отрезка прямой?
  3. Как называется прямая CD (рис. 160)?
  4. Как называется прямая EF (рис. 161)?
  5. Как называется прямая MN (рис. 162)?
- 7) **Домашнее задание 6.** Построить комплексный чертеж и изометрию всех возможных прямых частного положения. Определить и записать координаты их конечных точек. Задание выполнить на горизонтальном формате А4 (без основной надписи).

## § 20. Точка на прямой

### Предтекстовые задания.

- 1) Прочитайте по образцу.
  - $C \in AB$  – точка C принадлежит прямой AB.
  - $C \notin AB$  – точка C не принадлежит прямой AB.
  - $M \in KL$  – ....
  - $B \notin MC$  – ....
  - $D \in EF$  – ....

2) Прочитайте текст.

**14.** Если точка принадлежит прямой, то проекции точки лежат на проекциях этой прямой.

На рис. 166, а дана прямая  $AB$  и её проекции  $A_1B_1$  и  $A_2B_2$ . На прямой  $AB$  возьмём любую точку, например, точку  $C$ . Горизонтальная проекция  $C_1$  точки  $C$  лежит на горизонтальной проекции  $A_1B_1$  прямой  $AB$ ; фронтальная проекция  $C_2$  точки  $C$  лежит на фронтальной проекции  $A_2B_2$  прямой  $AB$ . На прямой  $AB$  можно взять бесконечное число точек, и проекции этих точек будут лежать на одноимённых проекциях прямой  $AB$ .

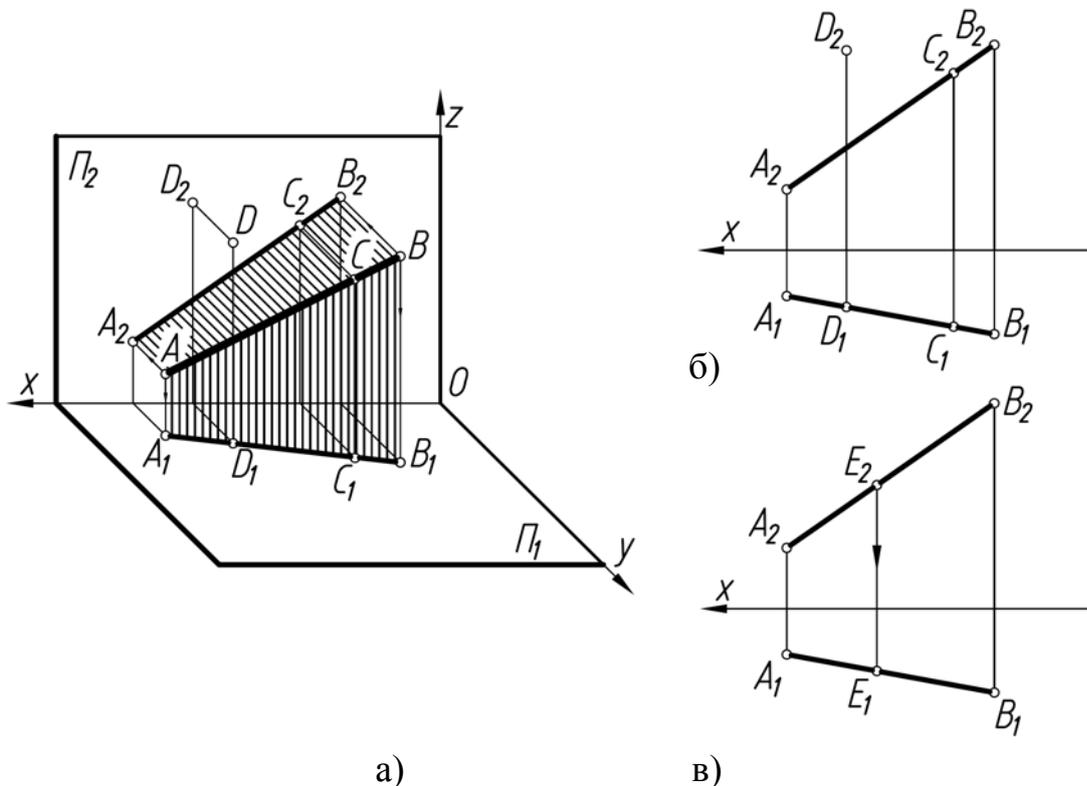


Рис. 166

Выражение «точка принадлежит прямой» записывают так:  $C \in AB$ .

Точка  $D$  не принадлежит прямой  $AB$ , хотя её горизонтальная проекция  $D_1$  лежит на горизонтальной проекции прямой  $A_1B_1$ .

На эюре (рис. 166, б) задан отрезок  $AB$  ( $A_1B_1$ ;  $A_2B_2$ ) и точки  $C$  ( $C_1$ ;  $C_2$ ) и  $D$  ( $D_1$ ;  $D_2$ ). Проекции точки  $C$  лежат на одноимённых проекциях отрезка  $AB$  ( $C_1$  на  $A_1B_1$ ;  $C_2$  на  $A_2B_2$ ). Следовательно, точка  $C$  принадлежит отрезку  $AB$  ( $C \in AB$ ). Одна проекция точки  $D$  ( $D_2$ ) не лежит на одноимённой проекции отрезка. Следовательно, точка  $D$  не принадлежит отрезку  $AB$  ( $D \notin AB$ ).

### Послетекстовые задания.

- 3) Закончите предложения (рис. 166).
1. Если  $C \in AB$ , то  $C_1$  лежит на ....
  2. Если  $E \in AB$ , то  $E_2$  лежит на ....
  3. Если  $D \notin AB$ , то  $D_1$  ..., а  $D_2$  ....
- 4) Решите задачи 1-2.

**Задача 1.** На рис. 166, в дана точка  $E_2$  – фронтальная проекция точки  $E$ . Известно, что точка  $E$  принадлежит прямой  $AB$  ( $E \in AB$ ). Требуется построить  $E_1$  – горизонтальную проекцию точки  $E$ .

Из точки  $E_2$  проводим линию связи (перпендикуляр к оси  $x$ ) и отмечаем точку  $E_1$  на проекции  $A_1B_1$ . Точка  $E$  принадлежит прямой  $AB$  ( $E \in AB$ ), т.к. точка  $E_1$  лежит на проекции  $A_1B_1$ , а  $E_2$  лежит на  $A_2B_2$ .

**Задача 2.** На рис. 167 показано построение проекций точки  $A$ , принадлежащей профильной прямой  $MN$  ( $MN \parallel \Pi_3$ ). Пусть дана  $A_1$  – горизонтальная проекция точки  $A$ . Известно, что точка  $A$  принадлежит прямой  $MN$  ( $A \in MN$ ). Требуется построить  $A_2$  – фронтальную проекцию точки  $A$  (рис. 167, а).

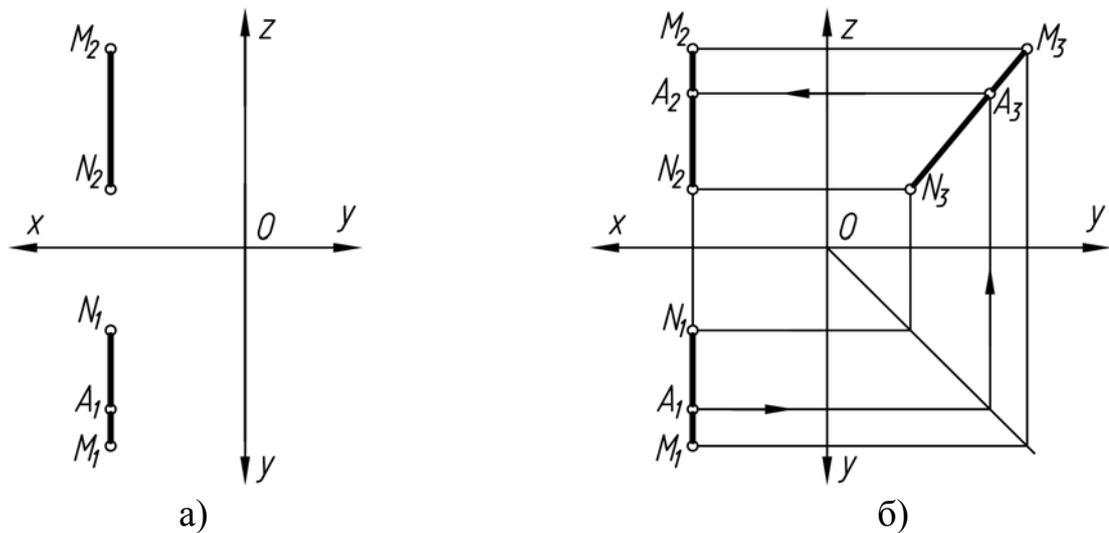


Рис. 167

Построение выполнено с помощью профильной проекции  $M_3N_3$  прямой  $MN$  (рис. 167, б) и на чертеже показано стрелками. Точка  $A$  принадлежит прямой  $MN$  ( $A \in MN$ ), так как точка  $A_1$  лежит на проекции  $M_1N_1$ ,  $A_2$  лежит на проекции  $M_2N_2$ ,  $A_3$  – на  $M_3N_3$ .

## § 21. Взаимное расположение прямых.

### Предтекстовые задания.

1) Запомните словосочетания:

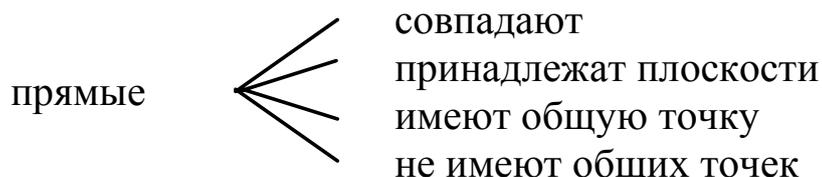
Прямые параллельны – параллельные прямые.

Прямые пересекаются – пересекающиеся прямые.

Прямые скрещиваются – скрещивающиеся прямые.

Прямые конкурируют – конкурирующие прямые.

2) Обратите внимание на словосочетания.



3) Прочитайте текст.

Два геометрических объекта – точка и точка, точка и прямая, две прямые, точка и плоскость, прямая и плоскость, две плоскости – могут занимать в пространстве различные взаимные положения.

Две точки могут совпадать или не совпадать.

Точка может принадлежать прямой или плоскости, либо находиться вне них.

Две прямые могут совпадать, иметь одну общую точку, не иметь общих точек (бесконечно удаленная, несобственная общая точка).

Прямая может принадлежать плоскости, иметь с ней одну общую точку или не иметь общих точек (несобственная общая точка).

Две плоскости могут либо полностью совпадать, либо иметь одну общую прямую, либо не иметь общих точек (несобственная общая прямая).

Для того чтобы выяснить взаимное положение двух геометрических элементов по их проекциям необходимо знать позиционные свойства этих проекций.

Рассмотрим две прямые.

**Пересекающиеся** прямые имеют одну общую точку, пусть это будет точка  $A$ . Из чертежа видно, что:

*прямые пересекаются (рис 168, а), если точки пересечения их одноименных проекций –  $A_1$ ,  $A_2$  (и  $A_3$ ) – проекционно соответственны, то есть  $A_1$  и  $A_2$  лежат на одной вертикальной линии связи*

(соответственно,  $A_2$  и  $A_3$  лежат на одной горизонтальной линии связи).

Это условие является необходимым и достаточным условием пересечения прямых.

Если точка пересечения находится в бесконечности, то прямые **параллельны**. Таким образом, *прямые параллельны в пространстве, если одноименные их проекции параллельны между собой* (рис. 168, б).

Пересекающиеся и параллельные прямые на одной из проекций могут совпадать, если плоскость, в которой они лежат, занимает проецирующее положение. Такие прямые будем называть конкурирующими прямыми.

Если прямые не параллельны и не пересекаются, то они называются скрещивающимися прямыми. Скрещивающиеся прямые не имеют общих точек. Будем говорить, что *прямые скрещиваются, если точки пересечения их одноименных проекций не лежат на одной линии связи* (рис. 168, в).

Таким образом, точки пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых являются двумя конкурирующими точками (их проекции совпадают на одной плоскости проекций, но различны на других).

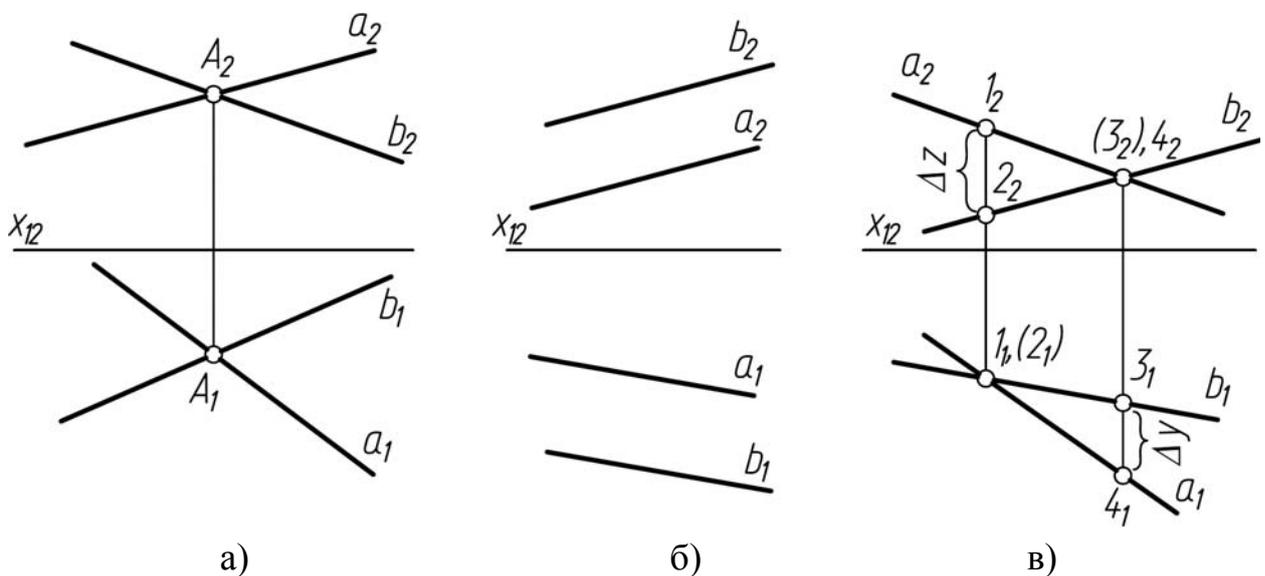


Рис. 168

С помощью конкурирующих точек определяют, какая прямая выше, какая ниже (по горизонтально-конкурирующим точкам); какая ближе к наблюдателю, какая дальше (по фронтально-конкурирующим точкам); какая левее, какая правее (по профильно-конкурирующим точкам).

### Послетекстовые задания.

- 4) Закончите предложения.
1. Пересекающиеся прямые имеют ....
  2. Скрещивающиеся прямые не имеют ....
- 5) Закончите предложения.
1. Если точки пересечения проекций прямых не лежат на одной линии связи, то ....
  2. Если точки пересечения проекций прямых лежат на одной вертикальной линии связи, то ....
  3. Если точка пересечения прямых находится в бесконечности, то ....

## § 22. Проекция плоскости.

### Предтекстовые задания.

- 1) Запомните терминологические словосочетания:

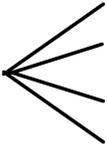
Плоскость общего положения, плоскость частного положения;

горизонтально-проецирующая  
фронтально-проецирующая  
профильная



проецирующая  
плоскость

плоскость задана



треугольником  
четырёхугольником  
двумя прямыми  
прямой и точкой  
3 точками

- 2) Обратите внимание на словосочетания:
- натуральная величина предмета;  
проекция в натуральную величину;  
фигура проецируется в натуральную величину.
- 3) Замените подчеркнутые слова синонимичными словосочетаниями со словом КОТОРЫЙ
1. Фигура, заданная отрезком, является проекцией проецирующей плоскости.
  2. Фигура, лежащая в плоскости общего положения, ни на одну из плоскостей проекции не проецируется в натуральную величину.
  3. Плоскость в пространстве может быть задана тремя точками, не лежащими на одной прямой.

4) Прочитайте текст.

**15.** *Плоскость в пространстве может быть задана тремя точками, не лежащими на одной прямой.*

Каждые две точки можно соединить прямой линией, поэтому плоскость может быть задана:

- прямой и точкой, не лежащей на этой прямой;
- двумя пересекающимися прямыми;
- двумя параллельными прямыми;
- треугольником или другой плоской фигурой.

Эпюр плоскости – это эпюр задающих плоскость точек или линий.

На рис. 169 (а, б) дано пространственное изображение и эпюр трёх точек:  $A (A_1; A_2); B (B_1; B_2); C (C_1; C_2)$ . Через эти точки можно провести плоскость (плоскость  $\Omega$  на рис. 169, в). На эпюре плоскость  $\Omega$  задана проекциями точек  $A, B$  и  $C$  (рис. 169, б). Это записывают так:  $\Omega (A_1A_2; B_1B_2; C_1C_2)$ .

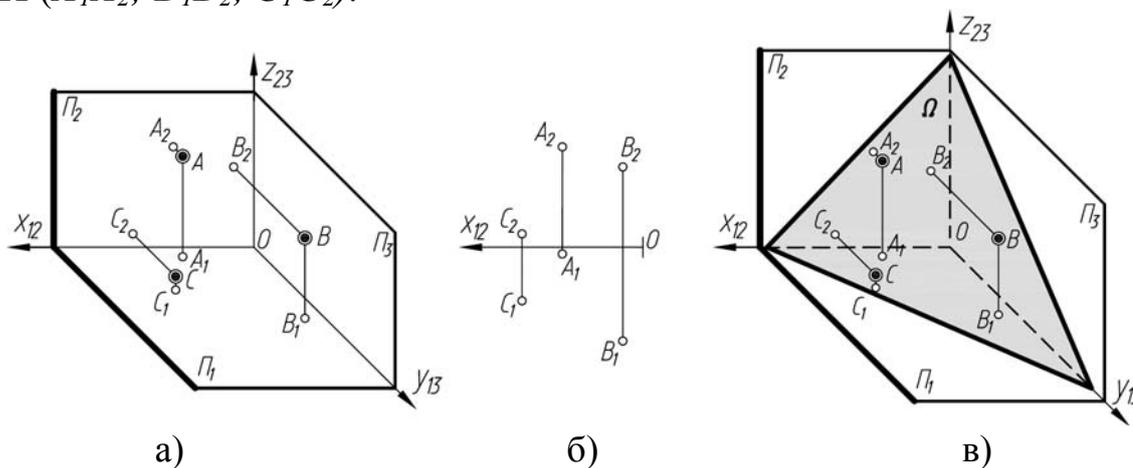


Рис. 169

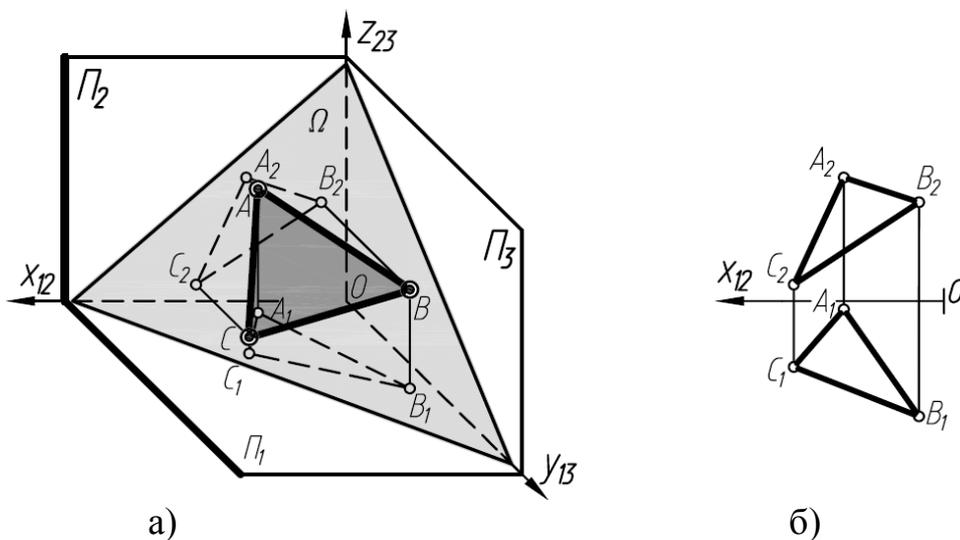


Рис. 170

Если точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  соединить прямыми линиями, получим треугольник  $ABC$  (рис. 170,  $a$ ). В этом случае говорят, что плоскость задана треугольником  $ABC$ . Эпюр плоскости  $\Omega$  (рис. 170,  $b$ ) – это эпюр треугольника  $ABC$  ( $A_1B_1C_1$ ;  $A_2B_2C_2$ ).

Плоскость может занимать общее и частное положения относительно плоскостей проекций.

### А. Плоскость общего положения.

Плоскость, которая наклонена ко всем плоскостям проекций под углами, отличными от прямого, называется **плоскостью общего положения**.

*16. Фигура, лежащая в плоскости общего положения, ни на одну из плоскостей проекций не проецируется в натуральную величину.*

На рис. 171 показана плоскость общего положения  $\Sigma$ , заданная треугольником  $SAB$ . Треугольник  $SAB$  наклонён к плоскости проекций  $\Pi_1$ .

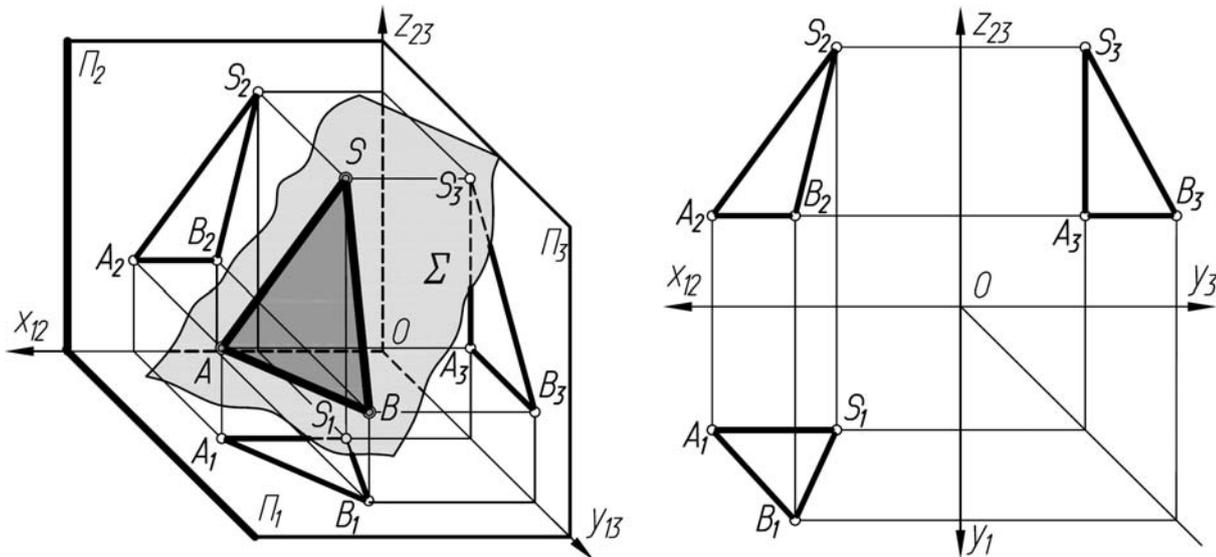


Рис. 171. Плоскость общего положения

Хотя  $AB = A_1B_1$  (12; рис. 160),  $SA > S_1A_1$  и  $SB > S_1B_1$ , так как  $SA$  и  $SB$  наклонены к плоскости  $\Pi_1$  (11; рис. 159). Поэтому  $\Delta SAB \neq \Delta S_1A_1B_1$ . Так как  $\Delta SAB$  также наклонён к плоскостям проекций  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ , то  $\Delta SAB \neq \Delta S_2A_2B_2$  и  $\Delta SAB \neq \Delta S_3A_3B_3$ . Следовательно, ни на одну из плоскостей проекций треугольник  $SAB$  не проецируется в натуральную величину.

### Б. Плоскости частного положения.

Плоскости, перпендикулярные одной или двум плоскостям проекций, называются **плоскостями частного положения**.

Плоскость, перпендикулярная одной плоскости проекций, называется **проецирующей**.

17. *Фигура, лежащая в проецирующей плоскости, проецируется в отрезок на ту плоскость проекций, которой перпендикулярна проецирующая плоскость.*

Прямая линия, заданная этим отрезком, является проекцией проецирующей плоскости. Она определяет положение проецирующей плоскости в пространстве относительно плоскостей проекций  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ .

Проецирующих плоскостей три. На рис. 172 плоскость  $\Omega$  (омега), заданная прямоугольником  $AEFB$ , перпендикулярна плоскости  $\Pi_1$ .

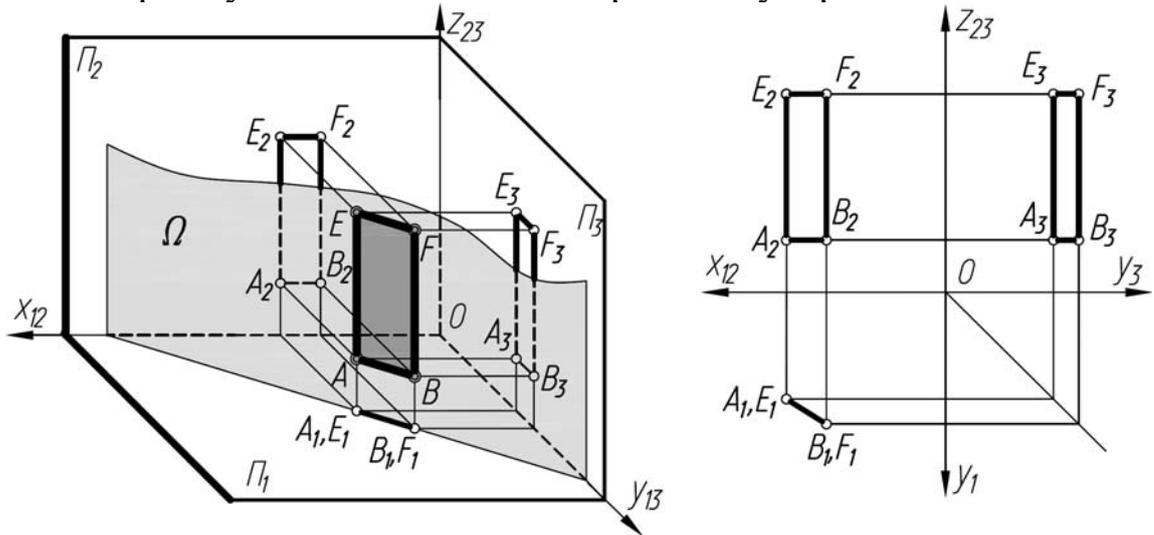


Рис. 172. Горизонтально-проецирующая плоскость

Такая плоскость называется **горизонтально-проецирующей**. На плоскость  $\Pi_1$  она проецируется в прямую. Проекция прямоугольника на  $\Pi_1$  – отрезок  $E_1F_1$ ; проекции прямоугольника на  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  – прямоугольники  $A_2E_2F_2B_2$  и  $A_3E_3F_3B_3$ . Эти прямоугольники не равны прямоугольнику  $AEFB$ , т.к. стороны  $EF$  и  $AB$  на  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  не проецируются в натуральную величину (**12**; рис. 160).

На рис. 173 плоскость  $\Sigma$  (сигма), заданная треугольником  $KML$ , перпендикулярна плоскости  $\Pi_2$ . Такая плоскость называется **фронтально-проецирующей**. На плоскость  $\Pi_2$  она проецируется в прямую линию. Проекция треугольника на  $\Pi_2$  – отрезок  $K_2M_2$ .

Проекции треугольника на  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  – треугольники  $K_1M_1L_1$  и  $K_3M_3L_3$ . Эти треугольники не равны треугольнику  $KML$ , т.к. стороны  $KM$ ,  $KL$  и  $LM$  – отрезки общего положения и ни на одну из плоскостей проекций не проецируются в натуральную величину (**11**; рис. 159).

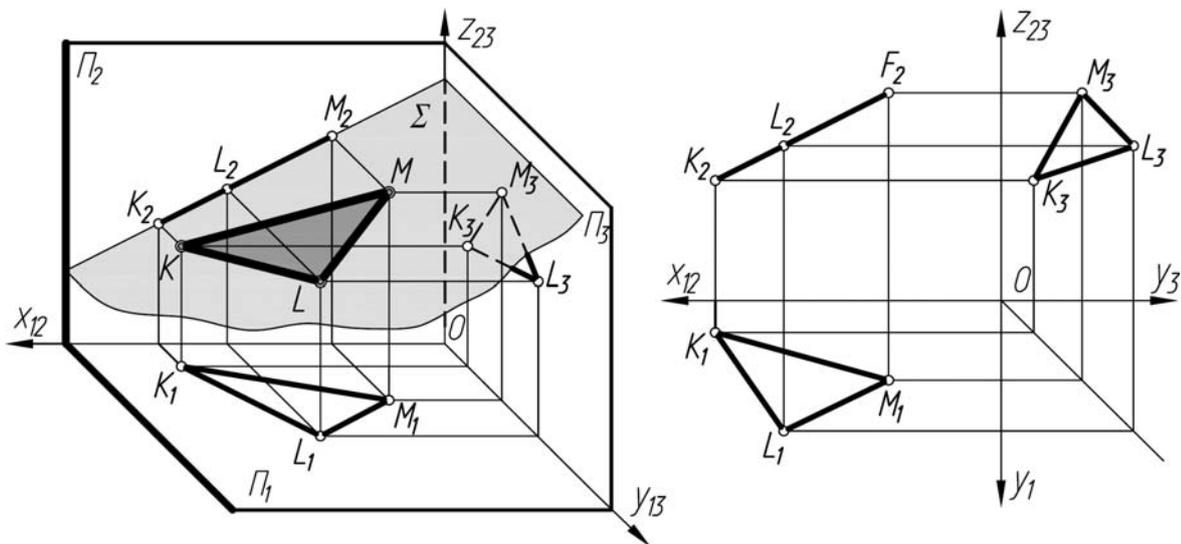


Рис. 173. Фронтально-проецирующая плоскость

На рис. 174 плоскость  $\Psi$  (пси), заданная треугольником  $SBC$ , перпендикулярна плоскости  $\Pi_3$ . Такая плоскость называется **профильно-проецирующей**. Она проецируется на  $\Pi_3$  в прямую линию. Проекция треугольника на  $\Pi_3$  – отрезок  $S_3B_3$ .

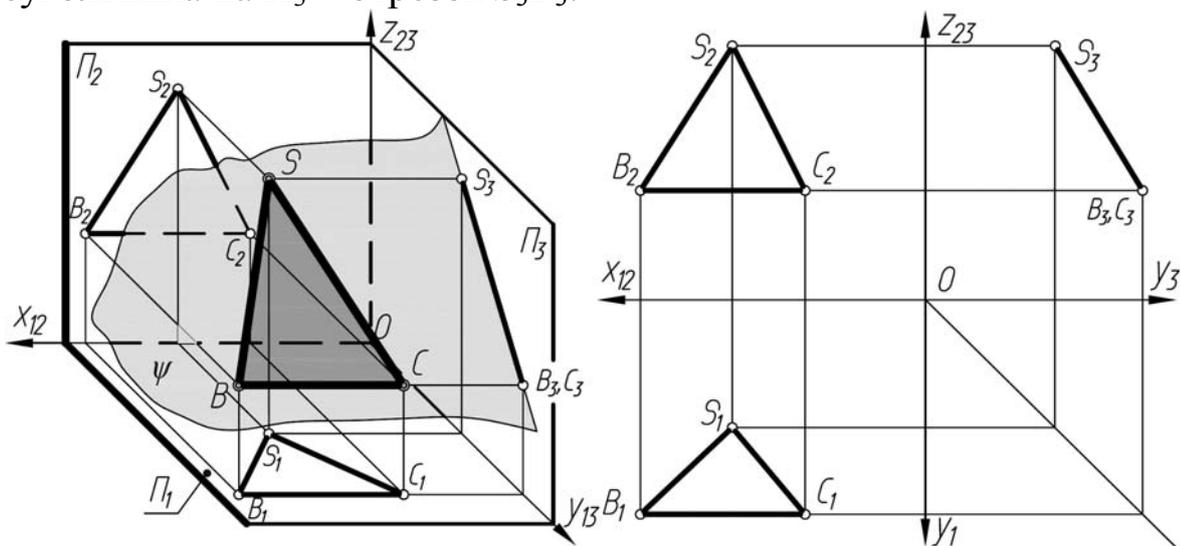


Рис. 174. Профильно-проецирующая плоскость

Проекция треугольника на  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  – треугольники  $S_1C_1B_1$  и  $S_2C_2B_2$ . Эти треугольники не равны треугольнику  $SBC$ , т.к. стороны  $SB$ , и  $SC$  – отрезки общего положения и ни на одну из плоскостей проекций не проецируются в натуральную величину (*II*; рис. 159).

Плоскости, параллельные одной плоскости проекций (и перпендикулярные двум другим плоскостям проекций), называются **плоскостями уровня**. Они являются проецирующими относительно двух плоскостей проекций.

18. Фигура, лежащая в плоскости уровня, проецируется в натуральную величину на ту плоскость проекций, которая параллельна плоскости уровня. Две другие проекции – отрезки прямых, параллельных осям проекций.

Прямые линии, заданные этими отрезками, являются проекциями плоскости уровня. Они определяют положение плоскости уровня в пространстве.

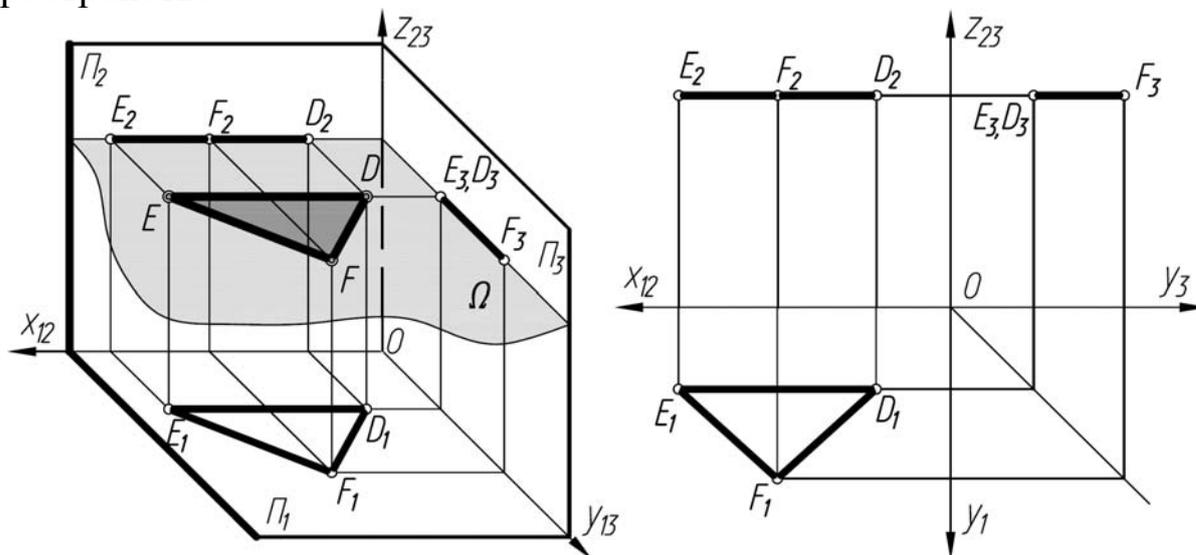


Рис. 175. Горизонтальная плоскость

Плоскостей уровня три. На рис. 175 плоскость  $\Omega$  задана треугольником  $EDF$ . Эта плоскость параллельна плоскости  $\Pi_1$  и перпендикулярна  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ . Она называется **горизонтальной**. Проекция плоскости  $\Omega$  на  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  – прямые линии. Проекция треугольника  $EDF$  на  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  – отрезки  $E_2D_2$  и  $E_3F_3$ , параллельные соответственно осям  $x$  и  $y$ . Проекция треугольника  $EDF$  на  $\Pi_1$  – треугольник  $E_1D_1F_1$ , равный треугольнику  $EDF$ , т.к. сторона  $ED$  (**13**; рис. 165) и стороны  $DF$  и  $FE$  (**12**; рис. 160) проецируются на  $\Pi_1$  в натуральную величину.

На рис. 176 плоскость  $\Sigma$  задана прямоугольником  $AEDC$ . Она параллельна плоскости  $\Pi_2$  и перпендикулярна  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$ . Такая плоскость называется **фронтальной**. Проекция плоскости  $\Sigma$  на  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  – прямые линии. Проекция прямоугольника на  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  – отрезки  $E_1D_1$  и  $E_3A_3$ , параллельные соответственно осям  $x$  и  $z$ . Проекция прямоугольника  $AEDC$  на плоскость  $\Pi_2$  – прямоугольник  $A_2E_2D_2C_2$ , равный прямоугольнику  $AEDC$ , т.к. стороны  $AE$  и  $CD$  (**13**; рис. 162) и стороны  $ED$  и  $AC$  (**13**; рис. 165) проецируются на  $\Pi_2$  в натуральную величину.

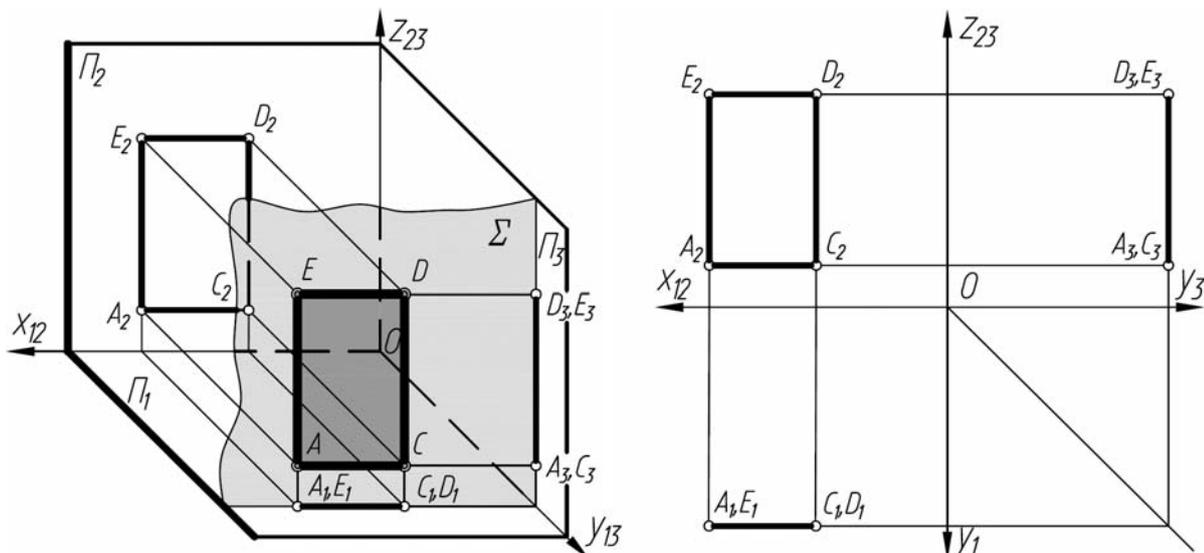


Рис. 176. Фронтальная плоскость

На рис. 177 плоскость  $\Psi$ , заданная квадратом  $ABCD$ , параллельна плоскости  $\Pi_3$  и перпендикулярна  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Она называется **профильной**. Проекции плоскости  $\Psi$  на  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  – прямые линии. Проекции квадрата  $ABCD$  на  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  – отрезки  $A_1D_1$  и  $A_2B_2$ , параллельные соответственно осям  $y$  и  $z$ . Проекция  $ABCD$  на плоскость  $\Pi_3$  – квадрат  $A_3B_3C_3D_3$ , равный квадрату  $ABCD$ , т.к. стороны  $AB$  и  $CD$  (**13**; рис. 163) и стороны  $BC$  и  $AD$  (**13**; рис. 164) проецируются на  $\Pi_3$  в натуральную величину.

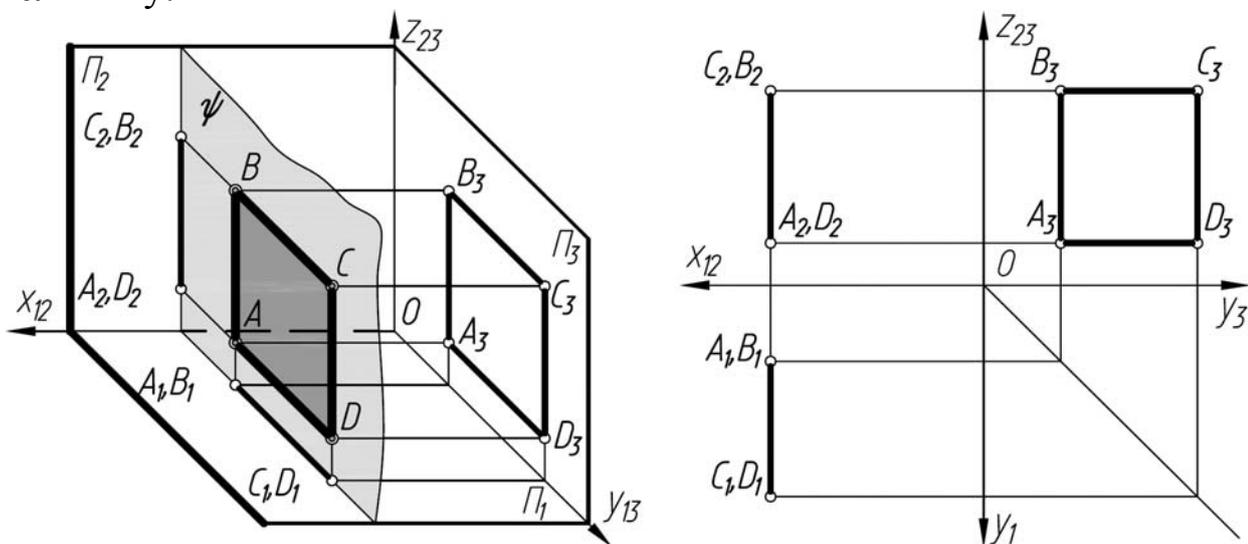


Рис. 177. Профильная плоскость

### Послетекстовые задания.

5) Вставьте слова из текста.

Плоскость  $\Psi$  ... плоскости  $\Pi_3$  и ...  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . рис. 177.

Плоскость  $\Sigma$  ... плоскости  $\Pi_2$  и ...  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$ . рис. 176.

Плоскость  $\Omega$  ... плоскости  $\Pi_1$  и ...  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ . рис. 175.

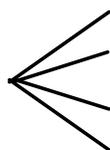
- 6) Ответьте на вопросы.
1. Что такое эюр плоскости?
  2. Чем может быть задана плоскость?
  3. На какую плоскость фигура проецируется в натуральную величину?
  4. Как называется плоскость  $\Sigma$ ? рис. 176.
  5. Как называется плоскость  $\Psi$ ? рис. 174.
  6. Как называется плоскость  $\Omega$ ? рис. 172.

## § 23. Прямая и точка в плоскости

### Предтекстовые задания.

- 1) Обратите внимание на синонимы.  
Требуется = нужно, необходимо.
- 2) Обратите внимание на словосочетания.

Проведем линию



Из точки А  
Через точку А  
От точки А до точки В  
В плоскости П

- 3) Запомните:

**19.** Прямая принадлежит плоскости, если она имеет с плоскостью хотя бы две общие точки.

Если известно, что прямая принадлежит заданной плоскости, то по одной проекции прямой всегда можно построить ее вторую проекцию.

**20.** Точка принадлежит плоскости, если она лежит на прямой, принадлежащей этой плоскости.

- 4) Решите задачи 1-6.

**Задача 1.** На рис. 178, а изображена плоскость  $ABC$  ( $A_1B_1C_1$ ;  $A_2B_2C_2$ ) и фронтальная проекция  $a_2$  прямой  $a$ . Известно, что прямая  $a$  принадлежит плоскости  $ABC$  ( $a \in ABC$ ). Требуется построить горизонтальную проекцию  $a_1$  прямой  $a$ .

Прямая  $a_2$  пересекает прямые  $A_2B_2$  и  $B_2C_2$ . Отметим точки их пересечения  $M_2$  и  $N_2$  (рис. 178, б). Из точек  $M_2$  и  $N_2$  проведём линии связи до пересечения, соответственно, с отрезками  $A_1B_1$  и  $B_1C_1$ . Отметим точки  $M_1$  и  $N_1$ . Через эти точки проведём прямую  $a_1$  – горизонтальную проекцию

прямой  $a$ . Прямая  $a$  ( $a_1; a_2$ ) принадлежит плоскости треугольника  $ABC$ , так как имеет с ним две общие точки:  $M$  ( $M_1; M_2$ ) и  $N$  ( $N_1; N_2$ ).

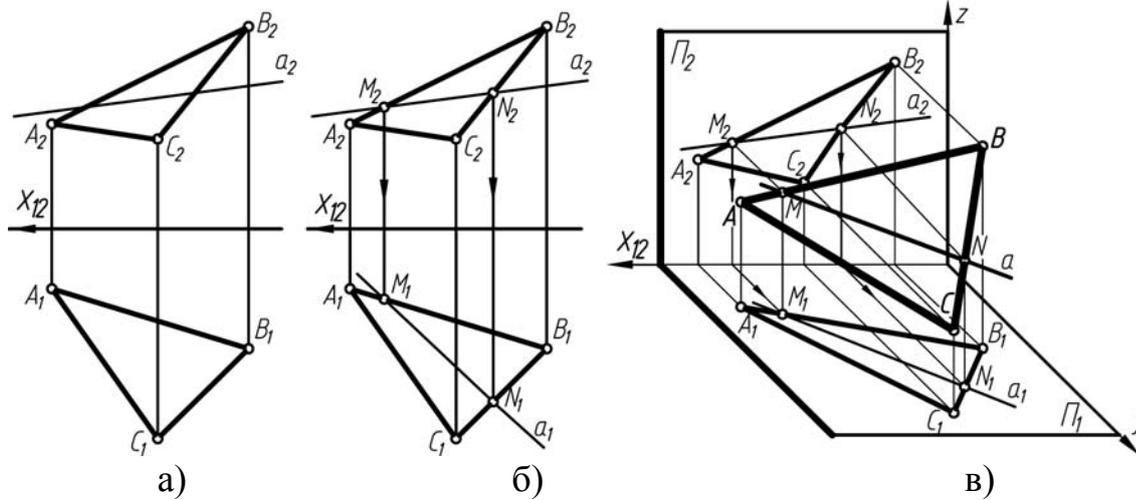


Рис. 178

На рис. 178, в дано пространственное изображение плоскости  $ABC$  и прямой  $MN$ , принадлежащей этой плоскости.

**Задача 2.** Проверить, принадлежат ли прямые  $a$  ( $a_1; a_2$ ) и  $b$  ( $b_1; b_2$ ) плоскости  $ABC$  ( $A_1B_1C_1; A_2B_2C_2$ ) (рис. 179, а).

Предположим, что прямая  $a$  принадлежит этой плоскости. В этом случае она должна иметь хотя бы две точки, принадлежащие этой плоскости.

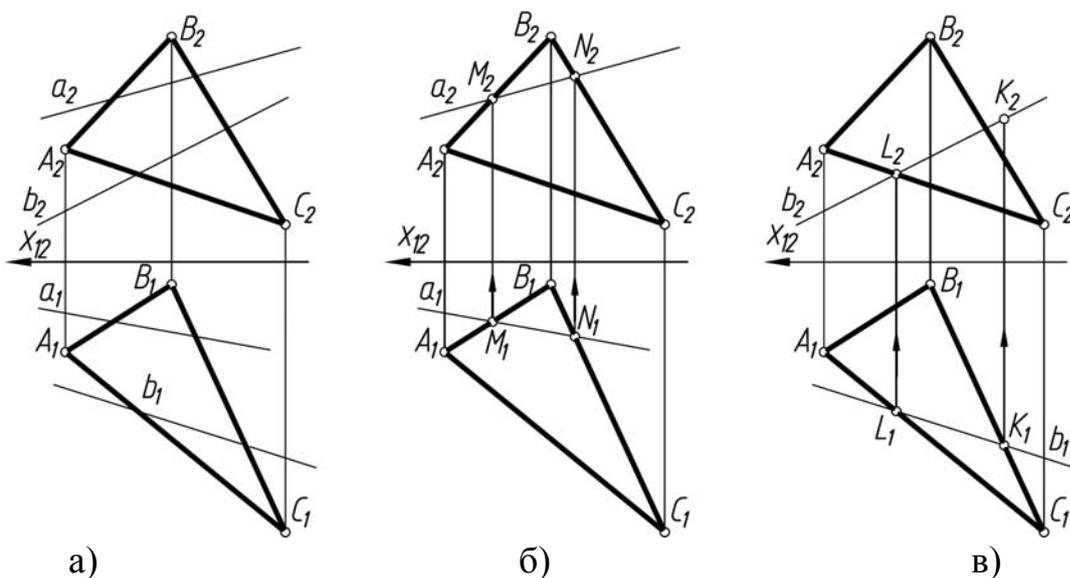


Рис. 179

На эюре (рис. 179, б) отметим точки  $M_1$  и  $N_1$  – точки пересечения прямой  $a_1$  с отрезками  $A_1B_1$  и  $B_1C_1$ . Из точек  $M_1$  и  $N_1$  проведём линии связи до пересечения с прямой  $a_2$  и отметим точки  $M_2$  и  $N_2$ . Из чертежа видно, что точки  $M_2$  и  $N_2$  лежат на прямых  $A_2B_2$  и  $B_2C_2$ . Следовательно, прямая  $a$  принадлежит плоскости  $ABC$ .

Прямая  $b$  ( $b_1; b_2$ ) не принадлежит плоскости  $ABC$ , так как имеет только одну общую точку с плоскостью  $ABC$  – точку  $L$  ( $L_1; L_2$ ). (рис. 179, в).

**Задача 3.** На рис. 180 изображена плоскость  $ABC$  ( $A_1B_1C_1; A_2B_2C_2$ ) и горизонтальная проекция  $M_1$  точки  $M$ . Известно, что точка  $M$  принадлежит этой плоскости. Требуется построить фронтальную проекцию  $M_2$  точки  $M$ .

Через точку  $M_1$  и горизонтальную проекцию любой точки треугольника, например точку  $A_1$ , проведём прямую. Отметим точку пересечения этой прямой с отрезком  $B_1C_1$  – точку  $K_1$ . Через точку  $K_1$  проведём линию связи до пересечения с отрезком  $B_2C_2$ , отметим точку  $K_2$  и соединим её с точкой  $A_2$ . Итак, в плоскости треугольника  $ABC$  мы провели прямую  $AK$  ( $A_1K_1; A_2K_2$ ).

Фронтальную проекцию  $M_2$  точки  $M$  находим в пересечении линии связи, которая проходит от точки  $M_1$  до прямой  $A_2K_2$ .

Точка  $M$  ( $M_1; M_2$ ) принадлежит плоскости  $ABC$ , так как лежит на прямой  $AK$ , принадлежащей этой плоскости (19).

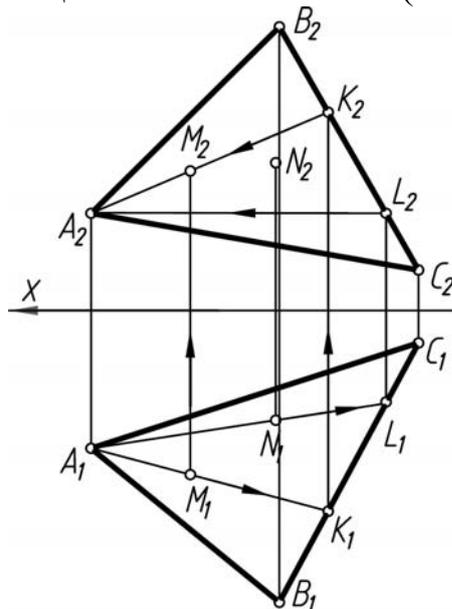


Рис. 180

**Задача 4.** На том же рисунке имеется точка  $N$  ( $N_1; N_2$ ). Нужно проверить, принадлежит ли точка  $N$  плоскости  $ABC$ .

Через точку  $N_1$  проведём прямую  $A_1L_1$  и найдём  $A_2L_2$  аналогично предыдущим построениям. Из чертежа видно, что точка  $N$  не принадлежит плоскости  $ABC$ , т.к. проекция  $N_2$  не лежит на проекции  $A_2L_2$  отрезка  $AL$ .

Если точка принадлежит плоскости частного положения, то при построении второй проекции точки, принадлежащей этой плоскости,

нет необходимости производить дополнительные построения (проводить линию в плоскости), так как одна (17) или две (18) проекции плоскости частного положения проецируются в прямые линии.

**Задача 5.** На рис. 181 плоскость  $ABCD$  – проецирующая. Горизонтальная и профильная проекции этой плоскости – прямые  $A_1B_1$  и  $A_3D_3$ . Чтобы определить горизонтальную и профильную проекции  $L_1$  и  $L_3$  точки  $L$ , принадлежащей плоскости  $ABCD$  и заданной фронтальной проекцией  $L_2$ , достаточно провести линии связи от точки  $L_2$  до пересечения с отрезками  $A_1B_1$  и  $A_3D_3$  и отметить точки  $L_1$  и  $L_3$ .

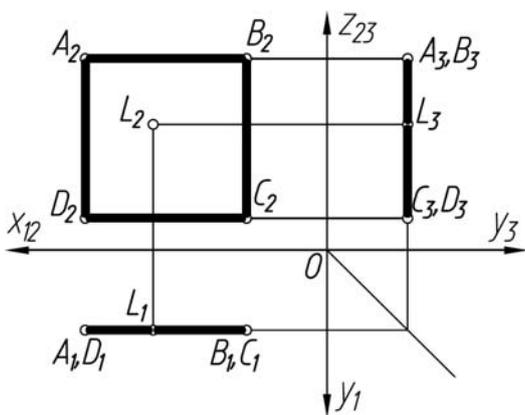


Рис. 181

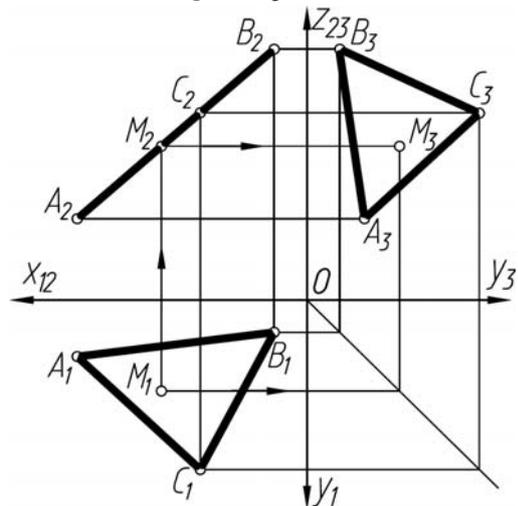


Рис. 182

**Задача 6.** На рис. 180 плоскость  $ABC$  перпендикулярна  $\Pi_2$ . Её фронтальная проекция – прямая  $A_2B_2$ . Чтобы определить фронтальную проекцию  $M_2$  точки  $M$ , принадлежащей плоскости  $ABC$  и заданной горизонтальной проекцией  $M_1$ , достаточно провести линии связи от точки  $M_1$  до пересечения с отрезком  $A_2B_2$  и отметить точку  $M_2$ . Профильную проекцию  $M_3$  находим по двум известным проекциям.

### Послетекстовые задания.

5) Закончите предложения.

1.  $a \in ABC$ , так как ... (рис. 178).
2.  $b \notin ABC$ , так как ... (рис. 179).
3.  $M \in ABC$ , так как ... (рис. 180).
4.  $N \notin ABC$ , так как ... (рис. 180).

6) Ответьте на вопросы.

1. Как называется проекция  $a_2$ ? (рис. 178).
2. Как называется проекция  $M_1$ ? (рис. 180).
3. Как называется проекция  $M_2$ ? (рис. 180).
4. Как называется проекция  $L_2$ ? (рис. 181).

## § 24. Геометрические тела. Образование простейших поверхностей

### Предтекстовые задания.

- 1) Посмотрите на рисунки и запомните словосочетания.  
Призма – призматическая поверхность  
Пирамида – пирамидальная поверхность  
Цилиндр – цилиндрическая поверхность  
Конус – коническая поверхность  
Сфера (шар) – сферическая (шаровая) поверхность  
Грань – гранная поверхность
- 2) Посмотрите на рисунки и запомните терминологические словосочетания:  
образующая прямая, направляющая линия,  
ребро, вершина, ось вращения, полюс, экватор,  
профильный меридиан, главный (фронтальный) меридиан.
- 3) Посмотрите на рис. 188 и запомните названия геометрических тел:  
параллелепипед, цилиндр, усеченный конус.
- 4) Обратите внимание на словосочетания:  
поверхность образуется; образующая линия;  
образование поверхности; образованная поверхность.
- 5) Обратите внимание.  
При движении прямой = когда прямая движется.  
При перемещении прямой = когда прямая перемещается.  
При вращении прямой = когда прямая вращается.
- 6) Прочитайте текст.  
Поверхность может быть образована движением прямой или кривой линии в пространстве по определённом закону.

### А. Гранные поверхности.

Призматическая поверхность.

Образование призматической поверхности рассмотрим на следующем примере. На рис. 183 дана прямая  $AB$  и ломаная линия  $BCDE$ . Прямая  $AB$  движется по ломаной  $BCDE$ . При движении прямая  $AB$  остаётся параллельной своему первоначальному положению.  $A'B'$  – одно из положений прямой  $AB$  при движении по ломаной  $BCDE$  ( $A'B' \parallel AB$ ).

При таком перемещении прямая  $AB$  образует **призматическую поверхность**. Прямая  $AB$  называется **образующей**. Ломаная  $BCDE$  называется **направляющей**.

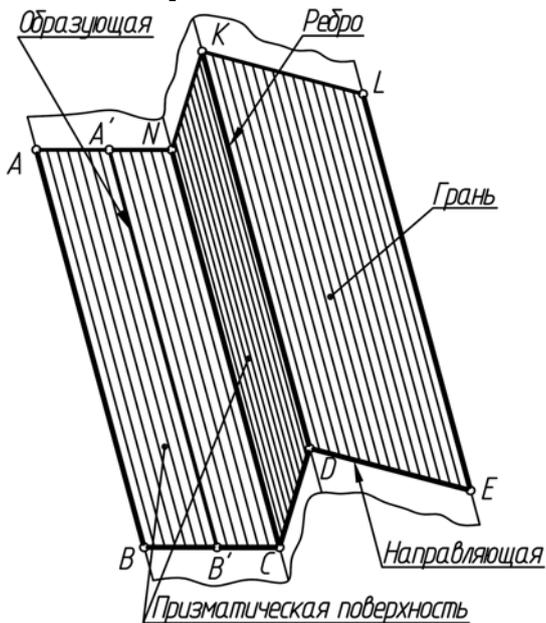


Рис. 183. Образование призматической поверхности

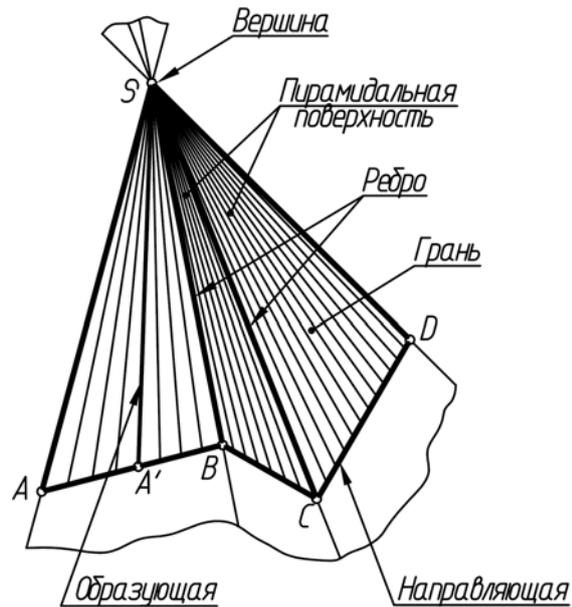


Рис. 184 Образование пирамидальной поверхности.

Части призматической поверхности между прямыми  $AB$  и  $NC$ ;  $NC$  и  $KD$ ;  $KD$  и  $LE$  называются **гранями**. Каждая грань (например, грань  $ANCB$ ) представляет собой часть плоскости. Следовательно, **плоскость** можно рассматривать как поверхность, которая получается при перемещении образующей прямой линии по направляющей, которая является также прямой.

Грани пересекаются между собой по прямым линиям ( $AB$ ,  $NC$ ,  $KD$  и  $LE$ ), которые называются **рёбрами**.

Прямая линия бесконечна. Поэтому поверхность, которая образована перемещением прямой линии, также бесконечна. На чертеже продолжение поверхности показано тонкими линиями.

### Пирамидальная поверхность.

Образование пирамидальной поверхности рассмотрим на следующем примере. На рис. 184 дана точка  $S$  и ломаная линия  $ABCD$ . Прямая  $SA$  движется по ломаной  $ABCD$  (направляющей) и постоянно проходит через неподвижную точку  $S$ . При таком перемещении прямая  $SA$  образует **пирамидальную** поверхность.  $SA'$  – одно из положений прямой  $SA$  при перемещении по ломаной  $ABCD$ . Точка  $S$  называется **вершиной** пирамидальной поверхности. Части плоскостей  $SAB$ ,  $SBC$  и

$SCD$  называются **гранями**, линии пересечения граней  $SA$ ,  $SB$ ,  $SC$  и  $SD$  называются **рёбрами**.

Поверхности, образованные частями пересекающихся плоскостей, называются **гранными поверхностями**. Призматическая и пирамидальная поверхности относятся к гранным поверхностям.

## Б. Криволинейные поверхности

(в том числе, **поверхности вращения**).

Цилиндрическая поверхность образуется по тому же закону, что и призматическая, только направляющая линия не ломаная, а кривая. На рис. 185, а дана образующая прямая  $AB$ , которая движется по направляющей кривой  $BCD$ . Прямая  $AB$  при движении остаётся параллельной своему первоначальному положению ( $A'B' \parallel AB$ ).

При таком перемещении прямой образуется **цилиндрическая поверхность**.

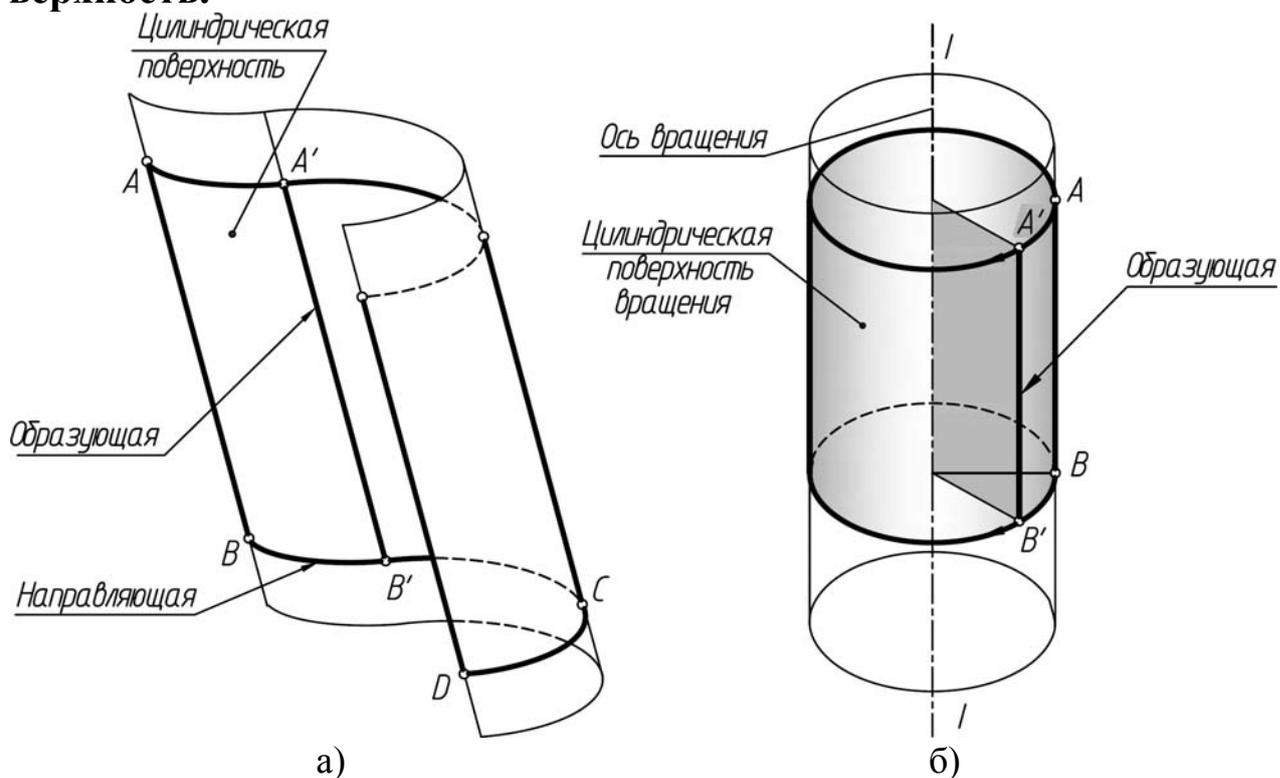


Рис. 185. Образование цилиндрической поверхности

**Прямая цилиндрическая поверхность вращения.** Такую цилиндрическую поверхность можно получить, если образующую (прямую линию) вращать вокруг неподвижной оси. На рис. 185, б даны образующая – прямая  $AB$  и неподвижная ось  $I - I$  (и – и). В результате такого вращения образуется поверхность, которая называется **прямой цилиндрической поверхностью вращения**.

Коническая поверхность образуется по тем же законам, что и пирамидальная, только направляющая линия не ломаная, а кривая. На рис. 186, а дана образующая – прямая  $SA$ , которая движется по направляющей кривой  $ABCD$ . При движении она постоянно проходит через неподвижную точку  $S$ . При таком перемещении прямой образуется коническая поверхность. Точка  $S$  называется **вершиной** конической поверхности.

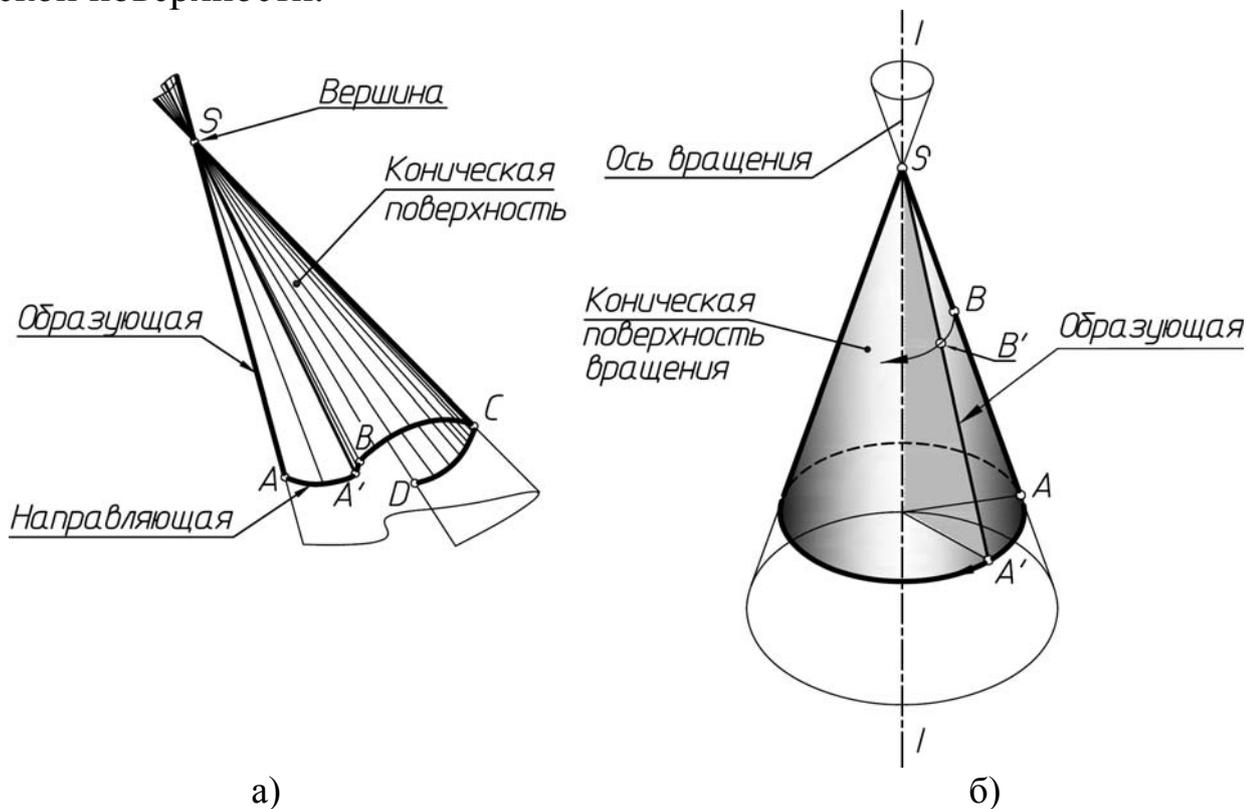


Рис. 186. Образование конической поверхности.

**Прямая коническая поверхность вращения.** Такую коническую поверхность можно получить, если образующую (прямую линию) вращать вокруг неподвижной оси, которая проходит через точку  $S$ . На рис. 186, б даны образующая  $SA$  и ось  $I - I$ , которые пересекаются в точке  $S$ .

При вращении любая точка на образующей  $SA$ , например, точка  $B$ , опишет окружность. Эти окружности будут лежать в плоскостях, перпендикулярных оси  $I - I$ . В результате такого вращения образуется поверхность, которая называется **прямой конической поверхностью вращения**.

**Сферическая поверхность.** **Сфера** образуется при вращении полуокружности вокруг диаметра. На рис. 187 дана полуокружность  $ABC$  и неподвижная ось  $I - I$ , которая проходит через диаметр полуокружности. Полуокружность будем вращать вокруг оси  $I - I$ , то-

гда все её точки, например, точка  $B$ , опишут окружности. Эти окружности будут лежать в плоскостях, перпендикулярных оси  $I - I$ . В результате такого вращения образуется поверхность, которая называется **сферой**.

*Поверхности, образованные вращением линии вокруг оси, называются **поверхностями вращения**.*

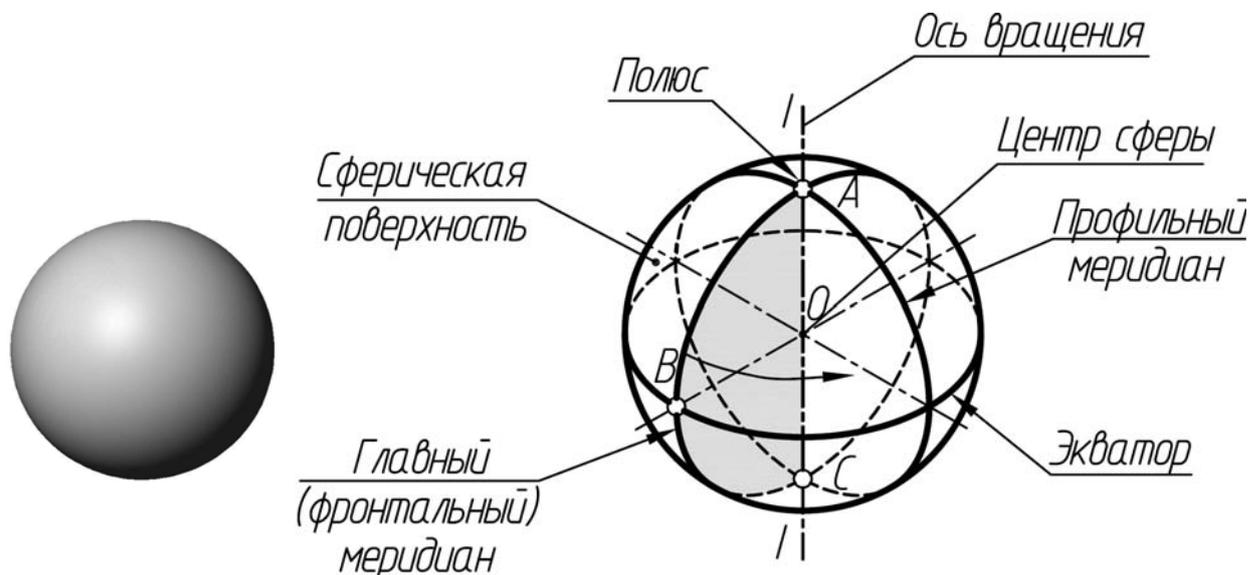


Рис. 187. Образование сферы

**21.** *Геометрическим телом называется часть пространства, ограниченная со всех сторон поверхностью.*

Машины, станки, детали станков и машин и многие другие предметы, которые окружают нас в жизни, состоят из простейших геометрических тел. Это куб, параллелепипед, призма, пирамида, цилиндр, конус, шар и некоторые другие тела.

Чтобы правильно изобразить предмет на чертеже, надо научиться строить проекции геометрических тел. На рис. 188 даны простейшие геометрические тела и показаны их элементы. Призма и пирамида относятся к многогранникам. Прямые цилиндр, конус и шар относятся к телам вращения.

На рис. 189 показана техническая деталь. Она состоит из прямоугольного параллелепипеда (1), двух полуцилиндров (2) и усечённого конуса (3). В центре детали имеется отверстие в форме цилиндра (4). Следовательно, чтобы лучше понять форму детали, её надо мысленно разделить на простейшие геометрические тела. Проецирование геометрических тел сводится к проецированию их элементов: точек и линий.

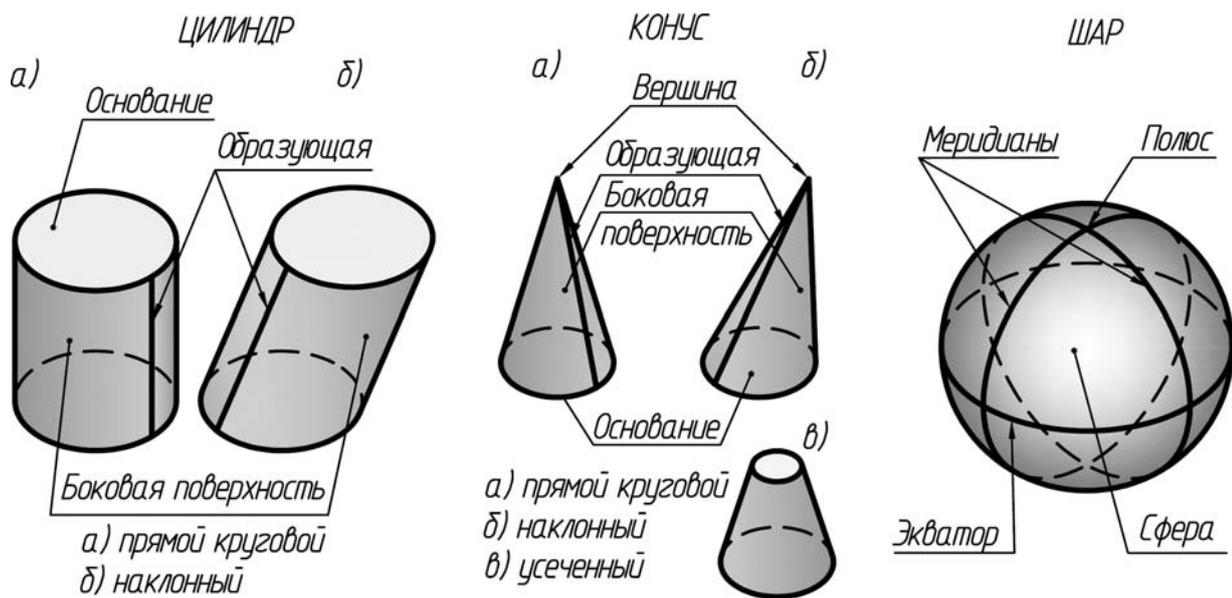
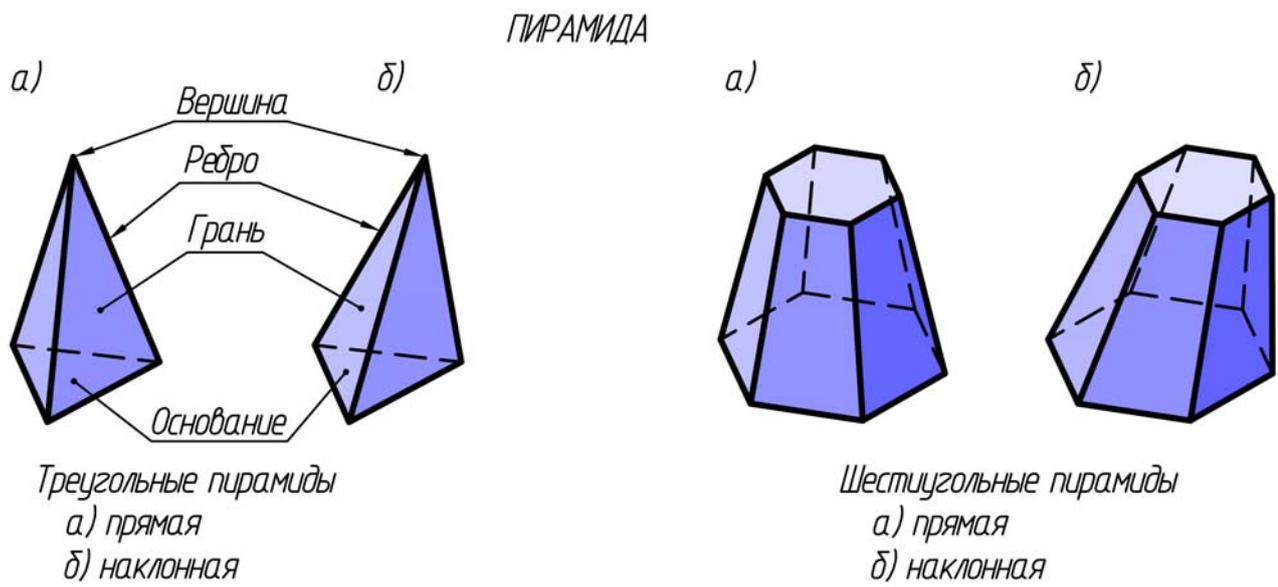
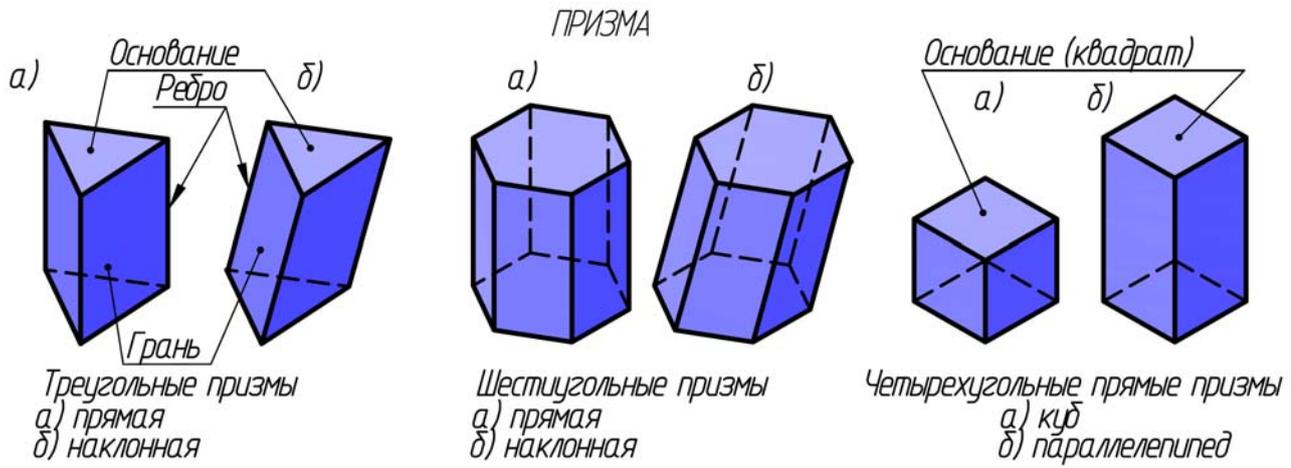


Рис. 188. Геометрические тела

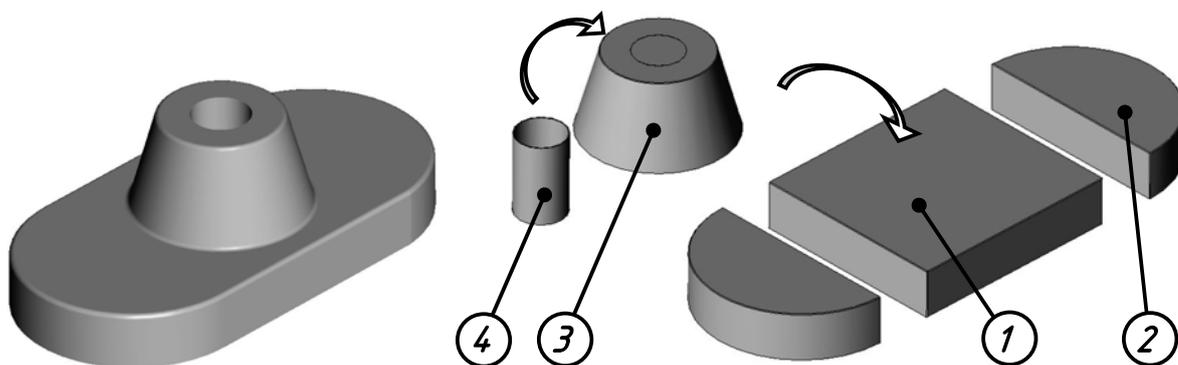
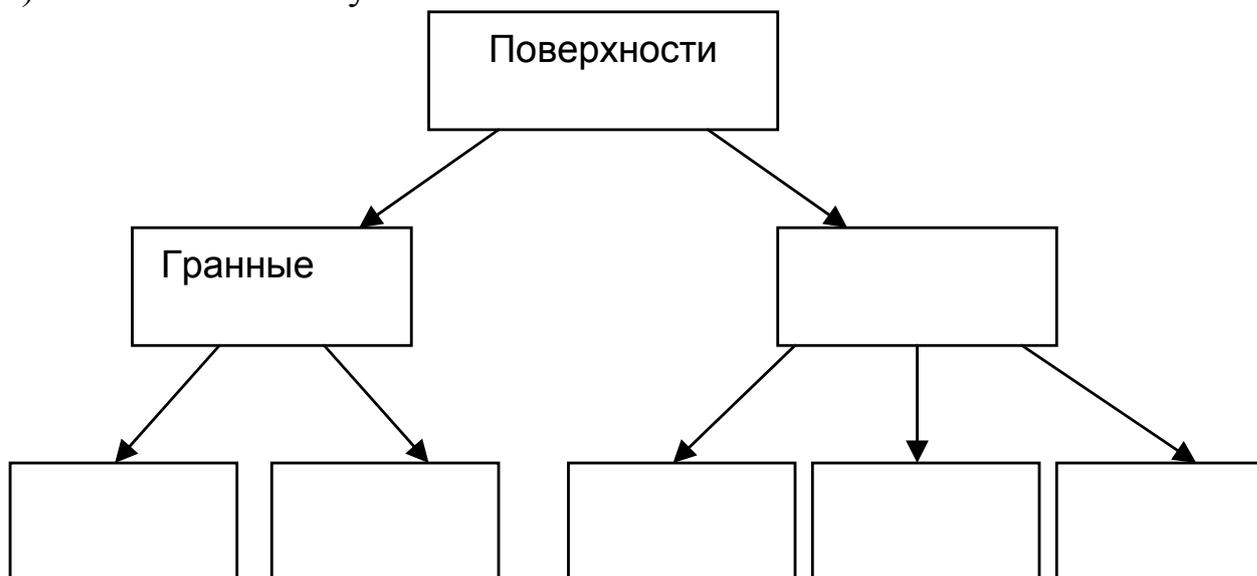


Рис. 189

**Послетекстовые задания.**

7) Заполните схему.



8) Вставьте слова из текста.

1. Грани ... между собой по прямым линиям.
2. Прямая ... по ломаной линии.
3. Сфера ... при вращении полуокружности вокруг диаметра.
4. Призма и пирамида ... к многогранникам.

9) Задание 9. Ответьте на вопросы.

1. Как называются линии АВ, NC, KD? (рис. 183).
2. Как называется точка S? (рис. 186).
3. Как называется прямая АВ? (рис. 183).
4. Какие простейшие поверхности вы знаете?
5. Какие геометрические тела вы знаете?

## § 25. Расположение тел относительно плоскостей проекций.

### Предтекстовые задания.

- 1) Запомните термины:  
элементы тела: ребро, грань, ось, вершина, основание,  
горизонтальная проекция тела, фронтальная проекция тела,  
профильная проекция тела.  
Контур тела = очерк тела.
- 2) Обратите внимание на антонимичные словосочетания.  
видимые элементы тела  $\neq$  невидимые элементы тела.  
видимая точка  $\neq$  невидимая точка.  
     $\circ M$                        $\bullet (N)$  или  $\times (N)$
- 3) Прочитайте текст.

Тела располагают относительно плоскостей проекций по возможности так, чтобы их основные элементы (рёбра, грани, оси, основания) были параллельны или перпендикулярны плоскостям проекций. Тогда на одну из плоскостей проекций эти элементы будут проецироваться в натуральную величину. На рис. 190, *a* геометрическое тело (призма) расположено относительно плоскостей проекций так, что её основные элементы параллельны или перпендикулярны плоскостям проекций.

Горизонтальная проекция тела – это вид тела сверху в направлении стрелки I. Фронтальная проекция тела – это вид тела спереди в направлении стрелки II. Профильная проекция тела – это вид тела слева в направлении стрелки III.

На чертеже чертят только те линии, которые являются видимой границей тела или его частей. Такие линии называются **очерком** или **контуром**.

При проецировании тел необходимо определить элементы тела, которые будут видимы при взгляде на них в направлении, перпендикулярном плоскостям  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ .

Все элементы тела, которые мы видим, если смотрим на тело сверху (в направлении стрелки I), изображаются видимыми на плоскости  $\Pi_1$ . Поэтому на  $\Pi_1$  будет изображено видимым только верхнее основание тела (в данном случае призмы) – треугольник  $DEF$ . Нижнее основание призмы – треугольник  $A_1B_1C_1$  – невидимо (обозначения точек – в скобках).

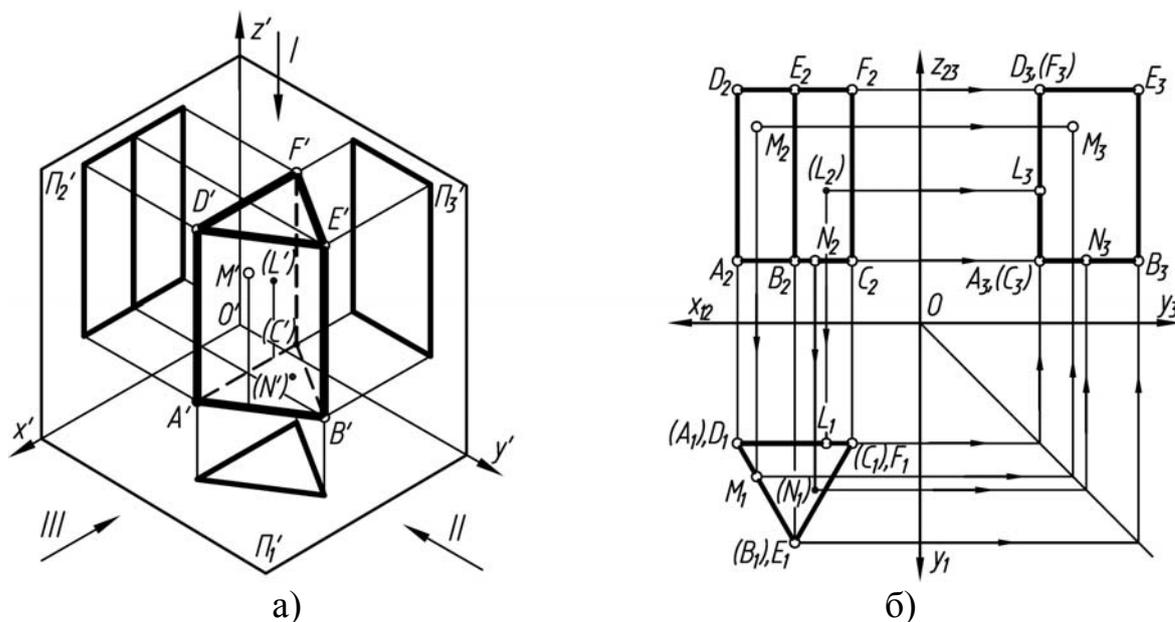


Рис. 190. Проекция призмы

Все элементы тела, которые мы видим, если смотрим на тело спереди (в направлении стрелки II), изображаются видимыми на плоскости  $\Pi_2$ . Поэтому на  $\Pi_2$  грани  $ABED$  и  $BCFE$  будут изображены видимыми, а грань  $ADFC$  – невидимой.

Все элементы тела, которые мы видим, если смотрим на тело слева (в направлении стрелки III), изображаются видимыми на плоскости  $\Pi_3$ . Поэтому на  $\Pi_3$  грань  $ABED$  будет изображена видимой, а грань  $BCFE$  – невидимой.

Проекция видимого очерка тел и их частей чертят сплошными основными линиями (линиями видимого контура). Проекция невидимого очерка тел чертят штриховыми линиями (линиями невидимого контура).

Иногда нужно построить проекции точек, лежащих на поверхности тела. Видимые точки мы будем условно обозначать светлым кружком, невидимые – чёрным. Обозначения невидимых точек будем писать в скобках. Например:  $\circ M$  – видимая точка,  $\bullet (N)$  – невидимая точка.

### **Послетекстовые задания.**

- 4) Закончите предложения.
  1. Фронтальная проекция – это ....
  2. Горизонтальная проекция – это ...
  3. Профильная проекция – это ...
- 5) Ответьте на вопросы.
  1. Какая линия называется контуром?
  2. Какими линиями чертят проекции видимого очерка тел?
  3. Какими линиями чертят проекции невидимого очерка тел?
  4. Как обозначаются видимые и невидимые точки?

## § 26. Призма.

### Предтекстовые задания.

1) Запомните терминологические словосочетания.

основание		призмы
боковая поверхность		
грань		
ребро		

прямая		призма
наклонная		
правильная		
треугольная		
четырёхугольная		

2) Прочитайте текст. Ответьте на вопрос: Что такое призма?

**22. Призма** – это геометрическое тело, ограниченное призматической поверхностью и двумя взаимно-параллельными плоскостями (см. рис. 188).

Призматическая поверхность называется **боковой поверхностью** призмы; части двух параллельных плоскостей – **основаниями**. Вся поверхность призмы состоит из частей плоскостей, которые называются **гранями**. Линии пересечения граней призмы называются **рёбрами**. Рёбра призмы разделяются на **боковые рёбра** и **рёбра основания**. Призма называется **прямой**, если боковые рёбра перпендикулярны основанию. Если боковые рёбра наклонены к основанию, такая призма называется **наклонной**. Основанием призмы может быть правильный многоугольник. Тогда призма называется **правильной**. По форме основания призмы бывают **треугольными, четырёхугольными, пятиугольными** и т.д.

### А. Проекция призмы.

Чтобы построить проекции призмы, надо знать форму и размеры её оснований, высоту и положение призмы относительно плоскостей проекций.

На рис. 190, а изображена прямая правильная треугольная призма  $ABCDEF$ . Длина ребра основания равна 25 мм, длина бокового ребра равна 35 мм.

Расположим призму относительно плоскостей проекций  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  так, чтобы основания призмы были параллельны  $\Pi_1$ , а задняя грань боковой поверхности была параллельна  $\Pi_2$ . Расстояние от плоскости  $\Pi_1$  до нижнего основания призмы примем равным 20 мм.

Горизонтальная проекция нижнего основания – треугольник  $A_1B_1C_1$ , который на  $\Pi_1$  проецируется в натуральную величину (см. рис. 175). Фронтальная и профильная проекции этого треугольника – отрезки, соответственно параллельные осям  $x$  и  $y$ .

Так как верхнее основание призмы (треугольник  $DEF$ ) также параллельно  $\Pi_1$ , то на плоскость  $\Pi_1$  оно проецируется в натуральную величину. Горизонтальная проекция треугольника  $DEF$  совпадает с горизонтальной проекцией треугольника  $ABC$ , так как призма  $ABCDEF$  – прямая и её боковые рёбра  $DA$ ,  $FC$  и  $EB$  перпендикулярны основаниям и плоскости  $\Pi_1$ ; фронтальная и профильная проекции основания  $EFD$  отрезки, соответственно параллельные осям  $x$  и  $y$ .

Задняя грань призмы (прямоугольник  $ADFC$ ) – это часть плоскости, параллельной  $\Pi_2$  (см. рис. 176). На плоскость  $\Pi_2$  грань  $ADFC$  проецируется в натуральную величину. Проекция этой грани на плоскостях  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  – отрезки, параллельные осям  $x$  и  $z$ .

Передние грани призмы (прямоугольники  $ABED$  и  $BCFE$ ) – это отсеки плоскостей, перпендикулярные  $\Pi_1$  (см. рис. 172). Проекция граней на плоскости  $\Pi_1$  – отрезки; на плоскостях  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  – прямоугольники. Ни на одну плоскость проекций эти грани не проецируются в натуральную величину.

Итак, проекция призмы на плоскость  $\Pi_1$  – треугольник; на  $\Pi_2$  – два прямоугольника; на  $\Pi_3$  – прямоугольник.

Чтобы построить эпюр призмы, из произвольной точки  $O$  проведём взаимно-перпендикулярные оси  $x$ ,  $y$  и  $z$  (рис. 190, б). На плоскости  $\Pi_1$  построим равносторонний треугольник с длиной стороны 25 мм – горизонтальную проекцию призмы. Сторона  $A_1C_1$  этого треугольника должна быть параллельна оси  $x$  (по условию задачи). Обозначим вершины треугольника буквами  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$  и  $D_1$ ,  $E_1$ ,  $F_1$ . Верхнее основание (треугольник  $DEF$ ) на плоскости  $\Pi_1$  изображается видимым, а нижнее (треугольник  $ABC$ ) – невидимым.

На плоскости  $\Pi_2$  строим два прямоугольника – фронтальную проекцию призмы. Из точек  $A_1$ ,  $B_1$  и  $C_1$  проведём линии связи, перпендикулярные оси  $x$ , и отметим точки  $A_2$ ,  $B_2$  и  $C_2$ . Расстояние от оси  $x$  до этих точек равно 20 мм (по условию задачи). На линиях связи от точек  $A_2$ ,  $B_2$  и  $C_2$  отложим 35 мм (высоту бокового ребра призмы) и отметим

точки  $D_2, E_2, F_2$ . Соединив эти точки прямыми линиями, получим прямоугольники:  $A_2B_2E_2D_2$  и  $B_2E_2F_2C_2$  – фронтальные проекции передних граней призмы и прямоугольник  $A_2D_2F_2C_2$  – фронтальную проекцию задней грани. Передние грани на плоскости  $\Pi_2$  изображаются видимыми, задняя грань – невидимой.

На плоскости  $\Pi_3$  строим прямоугольник  $A_3B_3E_3D_3$  – профильную проекцию призмы. Построения на рис. 190, б указаны стрелками. Грань  $ABED$  на  $\Pi_3$  изображается видимой, грань  $BCFE$  – невидимой.

### **Послетекстовые задания.**

3) Вставьте слова из текста.

1. Поверхность призмы ... из отсеков плоскостей, которые называются гранями.
2. Ребра призмы ... на боковые ребра и ребра основания.
3. Чтобы ... эпюр призмы, из произвольной точки  $O$  проведем взаимно-перпендикулярные оси.

4) Решите задачи 1-3.

### **Б. Точка на поверхности призмы.**

**Задача 1.** Пусть точка  $M$  лежит на  $ABED$  – передней боковой грани призмы. Она задана проекцией  $M_2$  и изображена светлым кружком, так как грань  $ABED$  на плоскости  $\Pi_2$  изображена видимой. Требуется построить горизонтальную ( $M_1$ ) и профильную ( $M_3$ ) проекции точки  $M$ .

$M_1$  должна лежать на горизонтальной проекции грани  $ABED$  – отрезке  $D_1E_1$ . Из точки  $M_2$  проведём линию связи, перпендикулярную оси  $x$  до пересечения с отрезком  $D_1E_1$  и отметим точку  $M_1$ . Точку  $M_3$  находим по двум известным проекциям  $M_1$  и  $M_2$  (см. рис. 146). Она лежит на профильной проекции грани  $ABED$  и изображается видимой.

**Задача 2.** Пусть дана  $N_1$  – горизонтальная проекция точки  $N$ . Известно, что точка  $N$  лежит на нижнем основании призмы. На плоскости  $\Pi_1$  точка  $N$  изображена невидимой, поэтому на чертеже она обозначена чёрным кружком. Фронтальная проекция  $N_2$  точки  $N$  должна лежать на фронтальной проекции нижнего основания призмы. Из точки  $N_1$  проведём линию связи, перпендикулярную оси  $x$ , до пересечения с отрезком  $A_2C_2$  и отметим точку  $N_2$ . Точку  $N_3$  находим по двум известным проекциям  $N_1$  и  $N_2$  (см. рис. 146). Она лежит на профильной проекции основания  $ABC$  – отрезке  $A_3B_3$ .

**Задача 3.** Пусть дана  $L_2$  – фронтальная проекция точки  $L$ . Известно, что точка  $L$  лежит на грани  $ADFC$ , поэтому на плоскости  $\Pi_2$  точка

$L$  изображена невидимой. Горизонтальная проекция  $L_1$  точки  $L$  должна лежать на горизонтальной проекции грани  $ADFC$  (см. рис. 181); профильная проекция  $L_3$  точки  $L$  – на профильной проекции грани  $ADFC$ . Из точки  $L_2$  проведём линию связи, перпендикулярную оси  $x$ , до пересечения с отрезком  $D_1F_1$  и отметим точку  $L_1$ . Точку  $L_3$  находим по двум известным проекциям  $L_1$  и  $L_2$ . Построение проекций точек на рис. 190, б указано стрелками.

## § 27. Пирамида

### Предтекстовые задания.

- 1) Составьте предложения по модели  
ЧТО (и.п.) НАЗЫВАЕТСЯ ЧЕМ (т.п.).
  1. Боковая поверхность пирамиды называется ...  
 (пирамидальная поверхность).
  2. Часть плоскости, пересекающая пирамидальную поверхность, называется ... (основание).
  3. Линии пересечения граней называются ... (рёбра).
  4. Перпендикуляр, опущенный из вершины на плоскость основания, называется ... (высота).
  5. Если основание пирамиды – правильный многоугольник и высота пирамиды проходит через его центр, пирамида называется ... (правильная).
- 2) Прочитайте текст. Найдите ответ на вопрос: Что такое пирамида?

**24. Пирамида** – это геометрическое тело, ограниченное замкнутой пирамидальной поверхностью и плоскостью, которая не проходит через её вершину (рис. 188).

Пирамидальная поверхность называется **боковой поверхностью пирамиды**. Часть плоскости, пересекающей пирамидальную поверхность, называется **основанием**. Линии пересечения граней называются **рёбрами**. Рёбра пирамиды разделяются на **боковые** и **рёбра основания**. Боковые рёбра сходятся в одной точке – **вершине**. Перпендикуляр, опущенный из вершины на плоскость основания, называется **высотой** пирамиды. Если основание пирамиды – правильный многоугольник и высота пирамиды проходит через его центр, пирамида называется **правильной**. Пирамиды по форме основания бывают **треугольные, четырёхугольные, пятиугольные** и т.д.

### А. Проекция пирамиды.

На рис. 191, а изображена прямая правильная шестиугольная пирамида  $SABCDEF$ . Ребро основания пирамиды равно 10 мм, высота пирамиды 25 мм.

Расположим пирамиду относительно плоскостей проекций  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  так, чтобы её основание было параллельно  $\Pi_1$ , а грани  $BSC$  и  $FSE$  перпендикулярны  $\Pi_3$ . Расстояние от плоскости  $\Pi_1$  до основания прием равным 15 мм.

Горизонтальная проекция пирамиды – правильный шестиугольник, состоящий из шести треугольников (рис. 191, б). Шестиугольник  $A_1B_1C_1D_1E_1F_1$  – проекция основания. Так как основание пирамиды параллельно  $\Pi_1$ , то  $A_1B_1C_1D_1E_1F_1 = ABCDEF$  (см. рис. 175). Треугольники  $A_1S_1B_1$ ,  $B_1S_1C_1$  и т.д. – горизонтальные проекции боковых граней. Вершина  $S$  проецируется в центр шестиугольника, так как пирамида правильная.

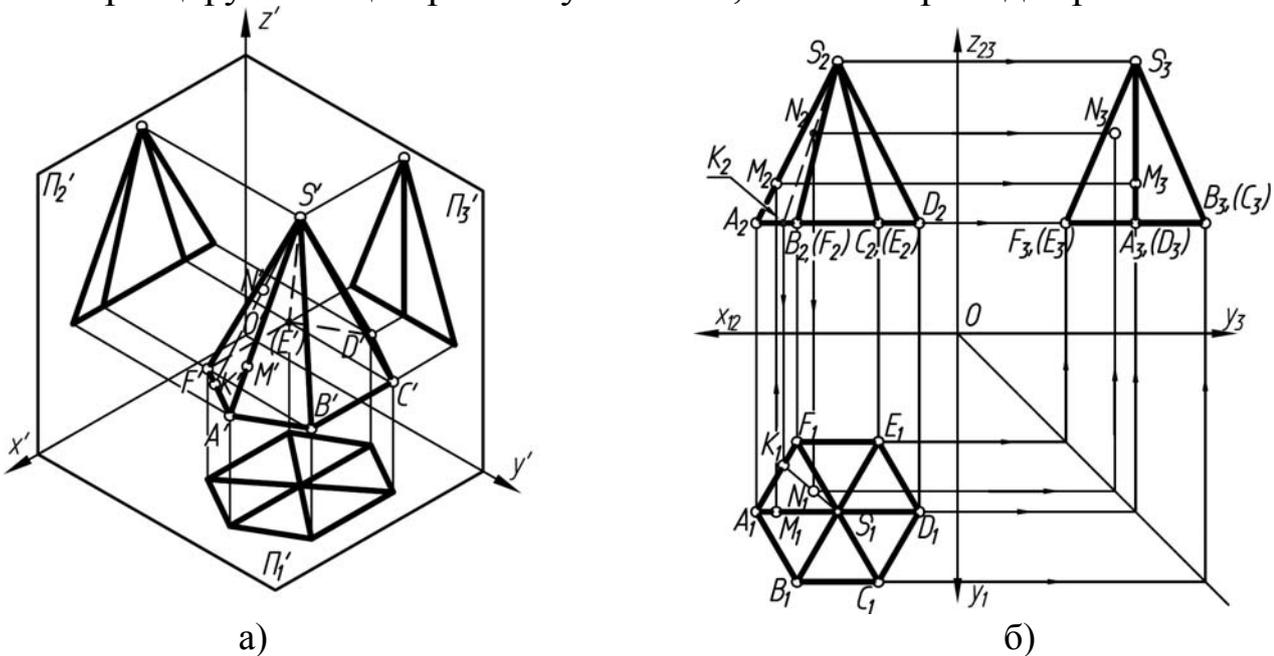


Рис. 191. Проекция пирамиды

На плоскости  $\Pi_1$  вершина  $S$  и боковая поверхность пирамиды изображаются видимыми. Основание – невидимым.

Фронтальная проекция пирамиды – треугольник  $A_2S_2D_2$ . Он состоит из трёх треугольников. Эти треугольники – фронтальные проекции граней пирамиды. Ни одна грань на плоскость  $\Pi_2$  не проецируется в натуральную величину. Два ребра пирамиды  $SA$  и  $SD$  – отрезки, параллельные  $\Pi_2$ . Поэтому на плоскость  $\Pi_2$  они проецируются в натуральную величину ( $S_2A_2 = SA$ ;  $S_2D_2 = SD$ ). Высота треугольника  $A_2S_2D_2$  равна высоте пирамиды (25 мм), т.к. высота пирамиды параллельна плоскости  $\Pi_2$  и проецируется на неё в натуральную величину.

На плоскости  $\Pi_2$  передняя половина боковой поверхности пирамиды (грани  $ASB$ ,  $BSC$ ,  $CSD$ ) изображается видимой; задняя половина боковой поверхности (грани  $FSA$ ,  $FSE$ ,  $ESD$ ) – невидимой.

Профильная проекция пирамиды – треугольник  $F_3S_3B_3$ . Он состоит из двух треугольников. Эти треугольники – проекции граней  $FSA$ ,  $ASB$ ,  $ESD$  и  $DSC$ . Грани  $BSC$  и  $FSE$  – перпендикулярны плоскости  $\Pi_3$ . На  $\Pi_3$  они проецируются в отрезки прямых линий (см. рис. 174). Отрезок  $S_3B_3$  – проекция грани  $BSC$ ; отрезок  $F_3S_3$  – проекция грани  $FSE$ . Высота треугольника  $F_3S_3B_3$  равна высоте пирамиды (на плоскость  $\Pi_3$  высота пирамиды проецируется в натуральную величину).

На плоскости  $\Pi_3$  грани  $ASB$  и  $ASF$  изображаются видимыми; грани  $ESD$  и  $DSC$  – невидимыми.

### **Б. Точка на поверхности пирамиды.**

На рис. 191, б дана горизонтальная проекция  $M_1$  точки  $M$ , лежащей на ребре  $SA$ . Мы знаем, что, если точка лежит на прямой, то проекции точки лежат на одноимённых проекциях этой прямой (см. 14, рис 166). Поэтому из точки  $M_1$  проведём линию связи до пересечения с фронтальной проекцией  $S_2A_2$  ребра  $SA$ . Отметим точку  $M_2$  – фронтальную проекцию точки  $M$ . Профильная проекция  $M_3$  точки  $M$  лежит на профильной проекции  $S_3A_3$  ребра  $SA$ . Порядок построения точки  $M_3$  указан на чертеже стрелками.

На том же рисунке дана фронтальная проекция  $N_2$  точки  $N$ . Известно, что точка  $N$  лежит на грани  $SAF$ . Чтобы построить горизонтальную проекцию  $N_1$ , через точку  $N$  проведём вспомогательную прямую  $SK$ . Этот способ мы использовали при построении второй проекции точки в плоскости треугольника (см. 20, рис. 180), поэтому через точку  $N_2$  проведём отрезок  $S_2K_2$ . Найдём горизонтальную проекцию  $K_1$  точки  $K$ . Для этого из точки  $K_2$  проведём линию связи до пересечения с отрезком  $A_1F_1$  и отметим точку  $K_1$ . Соединив точки  $S_1$  и  $K_1$  прямой линией, получим горизонтальную проекцию  $S_1K_1$  отрезка  $SK$ . Точка  $N_1$  должна лежать на отрезке  $S_1K_1$ . Из точки  $N_2$  проведём линию связи до пересечения с отрезком  $S_1K_1$  и отметим точку  $N_1$  – горизонтальную проекцию точки  $N$ .

Профильную проекцию  $N_3$  точки  $N$  находим по двум известным проекциям  $N_1$  и  $N_2$ . Точка  $N_3$  лежит на профильной проекции  $S_3A_3F_3$  грани  $SAF$ . На плоскостях  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  точка  $N$  изображается видимой.

### Послетекстовые задания.

- 3) Посмотрите на рис. 191 и вставьте в предложения необходимые слова.

Слова для справок: соединим, найдем, проведем, отметим

1. Через точку  $N_2$  ...отрезок  $S_2K_2$ .
2. ... горизонтальную проекцию  $K_1$  точки  $K$ .
3. ... точки  $S_1$  и  $K_1$  прямой линией.
4. ...точку  $N_1$ .

## § 28. Цилиндр

### Предтекстовые задания.

- 1) Запомните словосочетания.

прямой  
прямой круговой > цилиндр

- 2) Обратите внимание на словосочетания.

цилиндр проецируется < в круг;  
в прямоугольник;  
боковая поверхность проецируется в окружность;  
основание цилиндра проецируется в отрезок.

- 3) Прочитайте текст. Найдите ответ на вопрос: Что такое цилиндр?

*25. Цилиндр – это геометрическое тело, ограниченное замкнутой цилиндрической поверхностью и двумя пересекающими её взаимно-параллельными плоскостями, которые не параллельны образующей (рис. 188).*

Цилиндрическая поверхность называется боковой поверхностью цилиндра. Части плоскостей, которые пересекают цилиндрическую поверхность, называются основаниями. Если образующие цилиндрической поверхности перпендикулярны плоскостям оснований, цилиндр называется прямым.

Если основания прямого цилиндра круги, цилиндр называется прямым круговым.

**А. Проекция цилиндра.** На рис. 192 изображён прямой круговой цилиндр  $ABCDEFK$ . Диаметр основания цилиндра равен 20 мм, высота цилиндра равна 25 мм. Основания параллельны плоскости  $\Pi_1$ . Расстояние от  $\Pi_1$  до нижнего основания равно 12 мм.

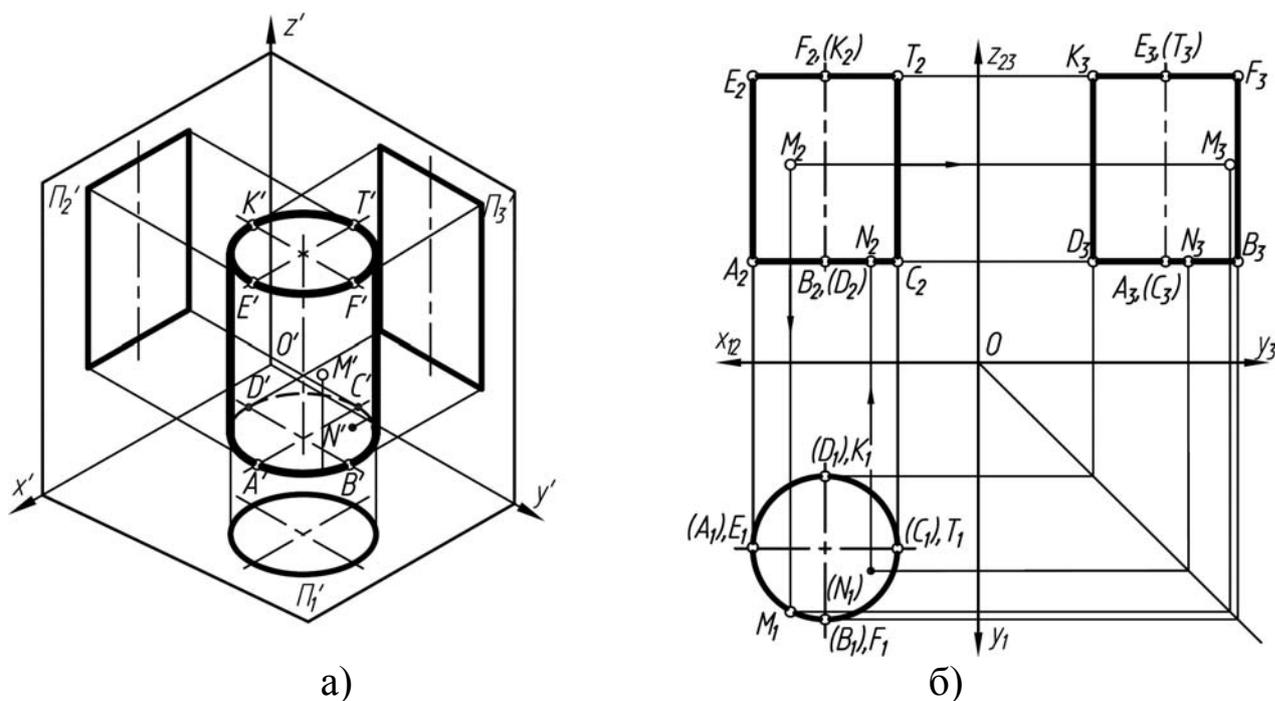


Рис. 192

На плоскость  $\Pi_1$  цилиндр проецируется в круг диаметра 20 мм. Этот круг представляет собой горизонтальную проекцию двух оснований. Основания цилиндра – отсеки плоскостей, параллельных  $\Pi_1$ . На плоскость  $\Pi_1$  они проецируются в натуральную величину.

Боковая поверхность цилиндра перпендикулярна  $\Pi_1$ , поэтому ее горизонтальная проекция – окружность.

Точки  $E_1, A_1, F_1, B_1, K_1, D_1$  и  $T_1, C_1$  – горизонтальные проекции образующих  $EA, FB, KD$  и  $TC$ , перпендикулярных  $\Pi_1$ .

На плоскости  $\Pi_1$  основание  $EFTK$  изображается видимым, основание  $ABCD$  – невидимым.

На плоскость  $\Pi_2$  цилиндр проецируется в прямоугольник  $A_2E_2T_2C_2$ . Высота его равна 25 мм. Ширина равна 20 мм. Прямоугольник представляет собой фронтальную проекцию боковой поверхности цилиндра. Отрезок  $E_2T_2$  представляет собой фронтальную проекцию основания  $EFTK$ , отрезок  $A_2C_2$  – фронтальную проекцию основания  $ABCD$ . Образующие цилиндра – это отрезки, параллельные плоскости  $\Pi_2$ , поэтому на  $\Pi_2$  они проецируются в натуральную величину ( $E_2A_2=EA$ ;  $T_2C_2=TC$  и т.д.). Фронтальные проекции образующих  $KD$  и  $FB$  совпадают с осью симметрии проекции цилиндра.

Очерковые образующие цилиндра относительно плоскости  $\Pi_2$  (отрезки  $EA$  и  $TC$ ) делят боковую поверхность цилиндра на две половины: переднюю ( $ABCTFE$ ) и заднюю ( $ADCTKE$ ). Передняя половина поверхности цилиндра при взгляде спереди видима, задняя половина невидима.

На плоскость  $\Pi_3$  цилиндр проецируется в прямоугольник  $D_3K_3F_3B_3$  таких же размеров, что и  $A_2E_2T_2C_2$ . Прямоугольник  $D_3K_3F_3B_3$  представляет собой профильную проекцию боковой поверхности цилиндра. Отрезки  $K_3F_3$  и  $D_3B_3$  представляют собой профильные проекции оснований  $EFTK$  и  $ABCD$ . Все образующие проецируются на плоскость  $\Pi_3$  в натуральную величину, так как они параллельны этой плоскости. Профильные проекции образующих  $EA$  и  $TC$  совпадают с осью симметрии проекции цилиндра.

Очерковые образующие цилиндра относительно плоскости  $\Pi_3$  (отрезки  $KD$  и  $FB$ ) делят боковую поверхность цилиндра на две половины; левую ( $BADKEF$ ) и правую ( $BCDKTF$ ). Левая половина поверхности цилиндра при взгляде слева видима, правая невидима.

**Б. Точка на поверхности цилиндра.** На рис. 192, б дана фронтальная проекция  $M_2$  точки  $M$ . Известно, что точка  $M$  лежит на передней видимой части поверхности цилиндра. Боковая поверхность цилиндра на плоскость  $\Pi_1$  проецируется в окружность. Следовательно, горизонтальные проекции всех точек, лежащих на боковой поверхности цилиндра, будут лежать на этой окружности. Из точки  $M_2$  проведём линию связи, перпендикулярную оси  $x$  до пересечения с передней полуокружностью  $ABC$ , и отметим точку  $M_1$  – горизонтальную проекцию точки  $M$ .

Профильная проекция  $M_3$  точки  $M$  найдена по двум известным проекциям. На плоскости  $\Pi_3$  точка  $M$  изображается видимой.

На том же рисунке дана горизонтальная проекция  $N_1$  точки  $N$ . Известно, что точка  $N$  лежит на основании  $ABCD$ . Это основание на плоскость  $\Pi_2$  проецируется в отрезок  $A_2C_2$ , параллельный оси  $x$ . Поэтому фронтальная проекция точки  $N$  лежит на этом отрезке. Из точки  $N_1$  проведём линию связи, перпендикулярную оси  $x$ , до пересечения с отрезком  $A_2C_2$  и отметим точку  $N_2$ , фронтальную проекцию точки  $N$ . Профильную проекцию  $N_3$  точки  $N$  найдём по двум известным проекциям  $N_1$  и  $N_2$ .

### **Послетекстовые задания.**

- 4) Ответьте на вопросы (рис. 192).
1. Как проецируется вертикальный цилиндр на плоскость  $\Pi_1$ ?
  2. Как проецируется вертикальный цилиндр на плоскость  $\Pi_2$ ?
  3. Как проецируется боковая поверхность вертикального цилиндра на плоскость  $\Pi_1$ ?
  4. Как проецируется основание вертикального цилиндра на плоскость  $\Pi_2$ ?

## § 29. Конус

### Предтекстовые задания.

1) Обратите внимание на словосочетания.

конус проецируется	$\left\langle \begin{array}{l} \text{в круг} \\ \text{в треугольник} \end{array} \right.$
вершина конуса проецируется	

2) Прочитайте текст. Найдите ответ на вопрос: Что такое конус?

**26.** *Конус – это геометрическое тело, ограниченное замкнутой конической поверхностью и пересекающей ее плоскостью, которая не проходит через вершину конической поверхности (рис. 188).*

Конической поверхностью называется боковая поверхность конуса. Отсек плоскости, который пересекает коническую поверхность, называется основанием. Конус, основанием которого является круг, а высота проходит через центр основания, называется прямым круговым.

**А. Проекция конуса.** На рис. 193, а изображён прямой круговой конус  $SABCD$ . Диаметр основания конуса равен 25 мм; высота конуса равна 35 мм. Основание параллельно плоскости  $\Pi_1$ . Расстояние от  $\Pi_1$  до основания равно 15 мм.

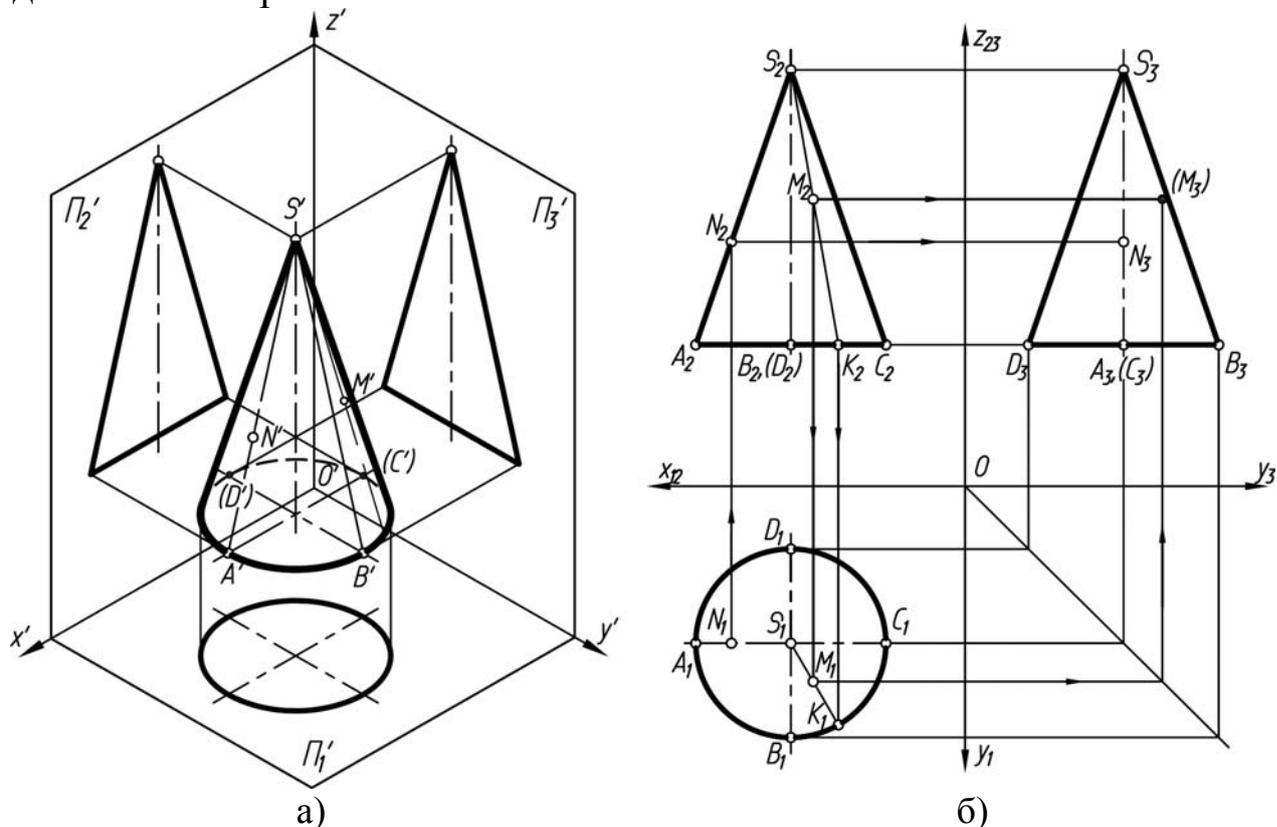


Рис. 193

На плоскость  $\Pi_1$  конус проецируется в круг диаметра 25 мм. Этот круг представляет собой горизонтальную проекцию боковой поверхности конуса и его основания. Основание конуса параллельно  $\Pi_1$ . На плоскость  $\Pi_1$  оно проецируется в натуральную величину. Вершина конуса на плоскость  $\Pi_1$  проецируется в точку  $S_1$ , которая совпадает с центром круга, так как конус прямой. Проекции образующих  $AS$ ,  $BS$ ,  $CS$  и  $DS$  на плоскости  $\Pi_1$  совпадают с осями круга, параллельными осям  $x$  и  $y$ . На плоскости  $\Pi_1$  вершина и боковая поверхность конуса изображаются видимыми, основание – невидимым.

На плоскость  $\Pi_2$  конус проецируется в треугольник  $A_2S_2C_2$ . Его высота равна 35 мм, основание равно 25 мм. Треугольник  $A_2S_2C_2$  представляет собой фронтальную проекцию боковой поверхности конуса. Очерковые образующие  $SA$  и  $SC$  – это отрезки, параллельные плоскости  $\Pi_2$ . На  $\Pi_2$  эти образующие проецируются в натуральную величину ( $S_2A_2=SA$ ;  $S_2C_2=SC$ ). Вершина конуса на  $\Pi_2$  проецируется в точку  $S_2$ . Отрезок  $A_2C_2$  – фронтальная проекция основания конуса. Проекции образующих  $SD$  и  $SB$  совпадают с осью симметрии проекции конуса.

Очерковые образующие относительно плоскости  $\Pi_2$  (отрезки  $SA$  и  $SC$ ) делят конус на две половины: переднюю видимую половину ( $SABC$ ) и заднюю невидимую ( $SADC$ ).

На плоскость  $\Pi_3$  конус проецируется в треугольник  $S_3D_3B_3$  таких же размеров, что и  $A_2S_2C_2$ . Треугольник  $S_3D_3B_3$  представляет собой профильную проекцию боковой поверхности конуса. Очерковые образующие относительно плоскости  $\Pi_3$  (отрезки  $SB$  и  $SD$ ) проецируются на  $\Pi_3$  в натуральную величину, так как они параллельны плоскости  $\Pi_3$  ( $S_3B_3=SB$ ;  $S_3D_3=SD$ ). Точка  $S_3$  – профильная проекция вершины конуса. Отрезок  $D_3B_3$  – профильная проекция основания конуса. Профильные проекции образующих  $SA$  и  $SC$  совпадают с осью симметрии проекции конуса.

Очерковые образующие конуса относительно плоскости  $\Pi_3$  (отрезки  $SD$  и  $SB$ ) делят конус на две половины: видимую ( $SDAB$ ) и невидимую ( $SDCB$ ).

**Б. Точка на поверхности конуса.** На рис. 193, б дана фронтальная проекция  $M_2$  точки  $M$ . Известно, что точка  $M$  лежит на передней видимой половине боковой поверхности конуса. Чтобы построить горизонтальную проекцию  $M_1$  точки  $M$ , через точку  $M$  проведём образующую  $SK$ .

Через точку  $M_2$  проведем отрезок  $S_2K_2$ . Найдем горизонтальную проекцию точки  $K$ . Для этого из точки  $K_2$  проведём линию связи до пересечения с горизонтальной проекцией передней видимой части полуокружности и отметим точку  $K_1$ . Соединим точки  $K_1$  и  $S_1$ . Из точки  $M_2$  проведём линию связи до пересечения с отрезком  $S_1K_1$  и отметим точку  $M_1$  – горизонтальную проекцию точки  $M$ . Профильная проекция  $M_3$  точки  $M$  найдена по двум известным проекциям.

На плоскости  $\Pi_1$  точка  $M$  изображается видимой, на  $\Pi_3$  – невидимой. На том же рисунке дана горизонтальная проекция  $N_1$  точки  $N$ . Известно, что точка  $N$  лежит на образующей  $SA$ . Фронтальная и профильная проекции этой точки должны лежать на фронтальной и профильной проекциях образующей  $SA$ . Из точки  $N_1$  проведём линию связи до пересечения с отрезком  $S_2C_2$  и отметим точку  $N_2$  – фронтальную проекцию точки  $N$ . На  $\Pi_2$  точка  $N$  изображается видимой. Профильная проекция  $N_3$  точки  $N$  лежит в пересечении линии связи и образующей  $S_3A_3$ . На плоскости  $\Pi_3$  точка  $N$  изображается видимой.

### Послетекстовые задания.

- 3) Посмотрите на рис. 193 и составьте предложения, используя слова: ПРОВЕДЕМ, ОТМЕТИМ, СОЕДИНИМ, НАЙДЕМ.
- 4) Ответьте на вопросы. (рис. 193).
  1. Как проецируется конус на плоскость  $\Pi_1$ ?
  2. Как проецируется конус на плоскость  $\Pi_2$ ?
  3. Как проецируется вершина конуса на плоскость?

## § 30. Шар

### Предтекстовые задания.

- 1) Обратите внимание.

Сфера – это поверхность.

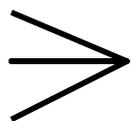
Шар – это тело.

Центр сферы (шара) – это точка.

Параллель

Меридиан

Экватор



– это окружность

- 2) Запомните:

На любую плоскость шар проецируется в круг.

3) Прочитайте текст. Найдите ответ на вопрос: Что такое шар?

**27. Шар** – это геометрическое тело, ограниченное сферой (рис. 187 и 188).

Все точки сферы находятся на одинаковом расстоянии от одной точки – точки  $O$ . Эта точка называется **центром сферы** (или шара). **Шар** – это тело, ограниченное только поверхностью вращения. На поверхности шара выделяют линии – **параллели** и **меридианы**. **Параллель** – это окружность, параллельная плоскости  $\Pi_1$ . Самая большая параллель называется **экватором**. **Меридиан** – это окружность, которая лежит в плоскости, проходящей через вертикальный диаметр сферы. Из множества меридианов выделяют: **главный (фронтальный)** и **профильный меридианы**. Эти меридианы параллельны соответственно плоскостям  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ . Верхняя и нижняя точки вертикального диаметра называются **полюсами**.

**А. Проекция шара.** Для построения проекций шара, нужно знать только один размер – диаметр шара. На рис. 194 изображён шар диаметром 25 мм. Буквами  $ABCDEF$  обозначены характерные точки шара.

На любую из плоскостей проекций шар проецируется в круг диаметром 25 мм. Экватор представляет собой окружность, параллельную плоскости  $\Pi_1$ . На плоскость  $\Pi_1$  он проецируется в окружность  $D_1F_1C_1E_1$ . На плоскость  $\Pi_2$  экватор проецируется в отрезок  $C_2D_2$ , параллельный оси  $x$  и равный диаметру шара ( $C_2D_2=D_{ш}$ ); на  $\Pi_3$  экватор проецируется в отрезок  $E_3F_3$ , параллельный оси  $y$ , и равный диаметру шара ( $E_3F_3=D_{ш}$ ).

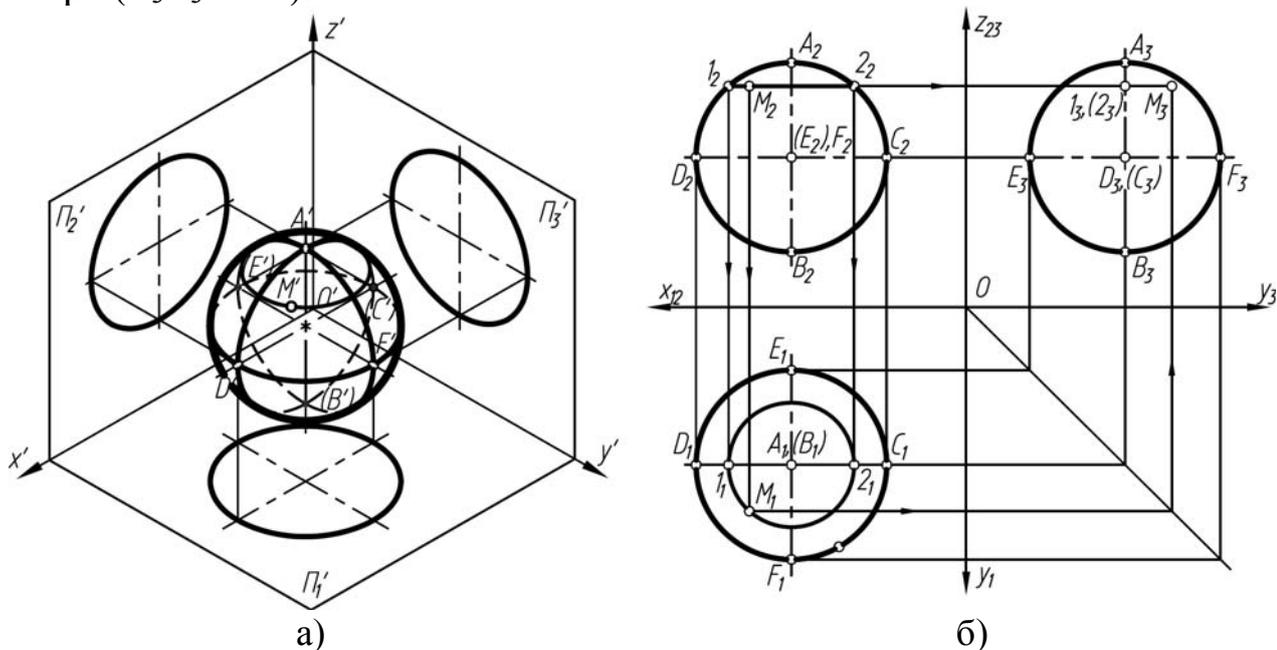


Рис. 194

Главный меридиан представляет собой окружность, параллельную плоскости  $\Pi_2$ . Поэтому на  $\Pi_2$  главный меридиан проецируется в натуральную величину – окружность  $A_2C_2B_2D_2$ . На  $\Pi_1$  главный меридиан проецируется в отрезок ( $C_1D_1=Du$ ), параллельный оси  $x$ ; на  $\Pi_3$  он проецируется в отрезок ( $A_3B_3=Du$ ) параллельный оси  $z$ .

Профильный меридиан представляет собой окружность, параллельную плоскости  $\Pi_3$ . На  $\Pi_3$  эта окружность проецируется в натуральную величину – окружность  $A_3F_3B_3E_3$ , на  $\Pi_1$  – в отрезок ( $E_1F_1=Du$ ), параллельный оси  $y$ ; на  $\Pi_2$  – в отрезок ( $A_2B_2=Du$ ), параллельный оси  $z$ .

Очерком шара относительно плоскости  $\Pi_1$  является экватор. Экватор делит поверхность шара на две равные части, верхнюю и нижнюю. Верхняя часть шара на плоскости  $\Pi_1$  изображается видимой, нижняя – невидимой.

Очерком шара относительно плоскости  $\Pi_2$  является главный меридиан. Главный меридиан делит поверхность шара на две равные части, переднюю и заднюю. Передняя часть на плоскости  $\Pi_2$  изображается видимой, задняя – невидимой.

Очерком шара относительно плоскости  $\Pi_3$  является профильный меридиан. Он делит поверхность шара на две равные части – левую и правую. Левая половина шара на плоскости  $\Pi_3$  изображается видимой, правая – невидимой.

**Б. Точка на поверхности шара.** Пересечём шар через точку  $N$  плоскостью  $\Sigma$ , параллельной  $\Pi_1$  (рис. 195, а). Плоскость  $\Sigma$  пересечёт шар по окружности диаметром  $l - 2$ .

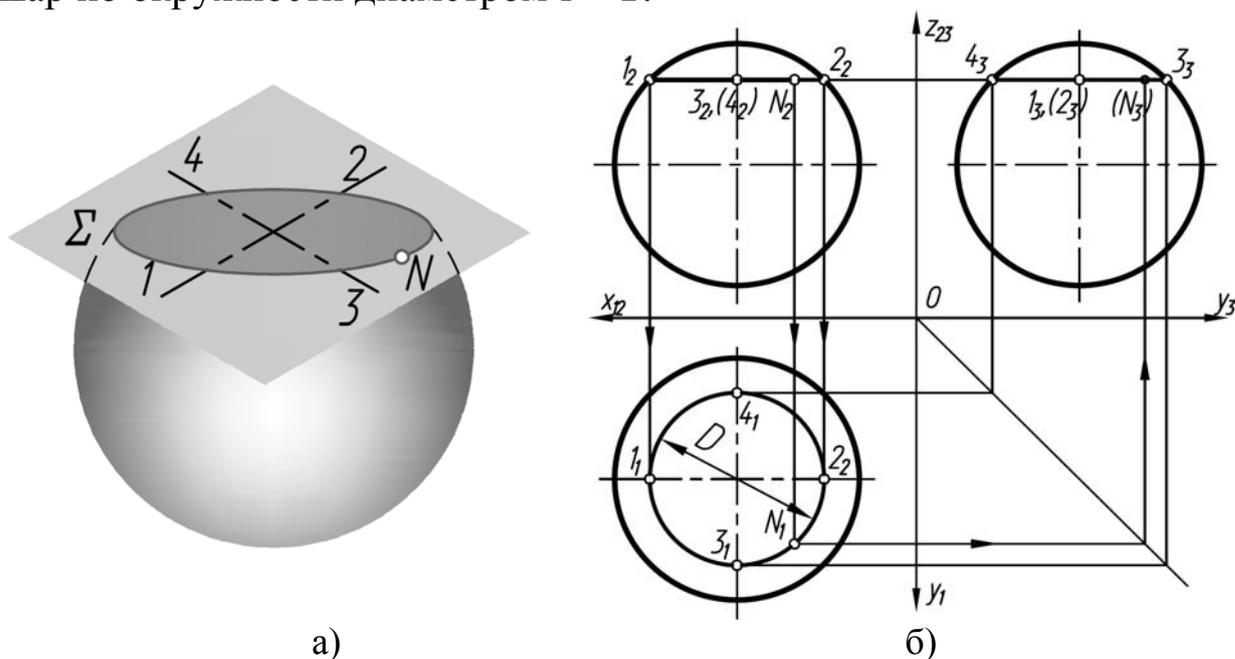


Рис. 195

На плоскость  $\Pi_1$  окружность проецируется в натуральную величину, на плоскости  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  – в отрезки  $1_2 - 2_2$  и  $4_3 - 3_3$ , параллельные соответственно осям  $x$  и  $y$ . Если на поверхности шара на линии пересечения с плоскостью  $\Sigma$  лежит точка, например, точка  $N$ , то проекции этой точки будут лежать на проекциях линии пересечения (на проекциях окружности диаметра  $1 - 2$ , см. рис. 195, б).

Допустим, что дана фронтальная проекция  $M_2$  точки  $M$ , лежащей на шаре (рис. 194, б). Чтобы определить горизонтальную проекцию ( $M_1$ ) этой точки, пересечём шар плоскостью, параллельной  $\Pi_1$  и проходящей через точку  $M$ . Эта плоскость пересечёт шар по окружности диаметром  $1 - 2$ . Строим горизонтальную проекцию этой окружности. Для этого из точки  $A_1$  проведём окружность радиусом, равным половине отрезка  $1_2 - 2_2$ . Из точки  $M_2$  проведём перпендикуляр к оси  $x$  до пересечения с окружностью  $1_1 - 2_1$  и отметим  $M_1$  – горизонтальную проекцию точки  $M$ . Профильную проекцию  $M_3$  точки  $M$  находим по двум известным проекциям.

### Послетекстовые задания.

4) Закончите предложения.

1. Очерком шара относительно плоскости  $\Pi_1$  является ...?
2. Очерком шара относительно плоскости  $\Pi_2$  является ...?
3. Очерком шара относительно плоскости  $\Pi_3$  является ...?

5) Укажите стрелками правильные ответы.

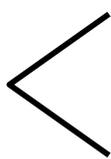
- |             |   |
|-------------|---|
| 1. Конус    | а) геометрическое тело, ограниченное сферой;<br>геометрическое тело, ограниченное замкнутой конической поверхностью и пересекающей ее плоскостью, которая не проходит через вершину конической поверхности; |
| 2. Цилиндр  | б) геометрическое тело, ограниченное замкнутой цилиндрической поверхностью и двумя пересекающими ее взаимно-параллельными плоскостями, которые не параллельны образующей;                                   |
| 3. Шар      | в) геометрическое тело, ограниченное замкнутой пирамидальной поверхностью и плоскостью, которая не проходит через ее вершину.   |
| 4. Пирамида | д) геометрическое тело, ограниченное замкнутой пирамидальной поверхностью и плоскостью, которая не проходит через ее вершину.   |
| 5. Призма   | е) геометрическое тело, ограниченное замкнутой пирамидальной поверхностью и плоскостью, которая не проходит через ее вершину.   |

## § 31. Количество проекций, определяющих форму тел.

### Предтекстовые задания.

- 1) Обратите внимание на словосочетания.

достаточно



построить одну проекцию  
провести одну линию  
начертить две проекции  
изобразить две фигуры

- 2) Прочитайте текст.

Мы рассмотрели проекции геометрических тел: призмы, пирамиды, цилиндра, конуса и шара. Как правило, мы проецировали эти тела на три плоскости проекций  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ , а на эюре проводили оси  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Проведение осей на эюре не обязательно. Действительно, как видно из рис. 196 а, горизонтальная и фронтальная проекции прямой пятиугольной пирамиды не изменятся, если плоскость  $\Pi_1$  перенести в положение  $\Pi_1'$ . В данном случае изменится только расстояние от пирамиды до горизонтальной плоскости проекций.

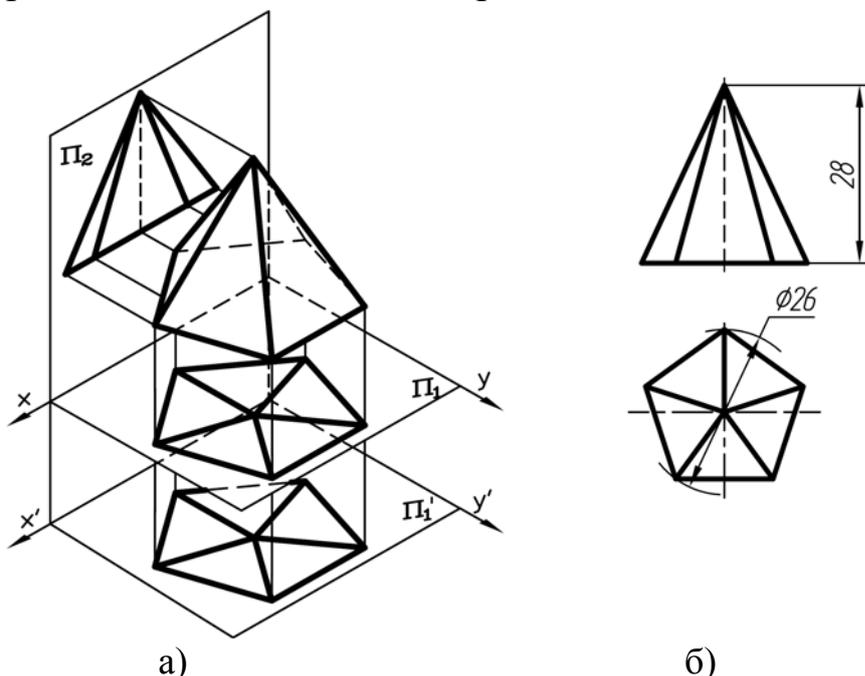


Рис. 196

Форма фронтальной проекции пирамиды также не изменится, если переместить параллельно плоскость  $\Pi_2$ . Поэтому на чертежах обычно не проводят оси проекций. Если же они потребуются, например, при использовании способа замены плоскости проекций, то ось  $x$  можно провести в любом месте чертежа.

Чтобы определить форму и размеры тела, необязательно строить три проекции. Часто достаточно двух, а иногда и одной. Количество проекций зависит от сложности формы детали и возможности применения некоторых условностей технического чертежа. Например, чтобы определить форму и размеры геометрического тела по чертежу на рис. 196 б, достаточно двух проекций. По горизонтальной проекции можно заключить, что это чертёж прямой правильной пятиугольной пирамиды, а также определить размеры её основания.

По фронтальной проекции определяем высоту пирамиды. Расстояние между проекциями обычно выбирают таким, чтобы было достаточно места для нанесения размеров.

Чтобы определить форму и размеры призмы, также достаточно нарисовать две проекции (рис. 197). Высоту призмы определяем по фронтальной проекции, форму и размеры основания – по горизонтальной.

Тела вращения обычно изображают одной проекцией, применяя условности технического чертежа: осевая линия и знак диаметра « $\varnothing$ » указывают, что изображено тело вращения. На рис. 198 дан чертёж прямого кругового цилиндра, на рис. 199 – прямого кругового конуса.

Сфера также может быть изображена одной проекцией с применением условностей технического чертежа: осевых линий, знака диаметра « $\varnothing$ » и надписи «сфера» (рис. 200).

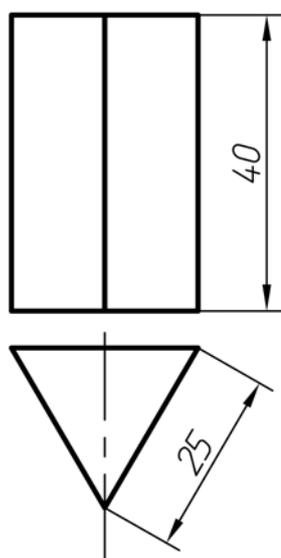


Рис. 197

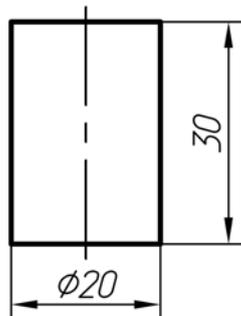


Рис. 198

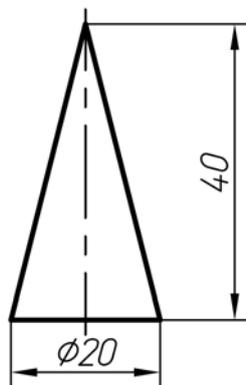


Рис. 199

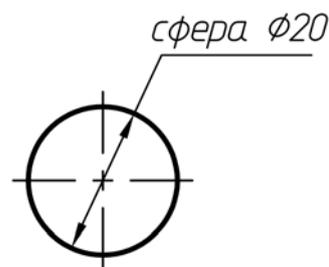


Рис. 200

Подробнее вопрос о необходимом количестве проекций будет рассмотрен на первом курсе университета.

### Послетекстовые задания.

- 3) Посмотрите на рис. 197-200 и назовите геометрические тела, которые на них изображены.
- 4) Укажите стрелками правильные ответы.
- |                              |             |
|------------------------------|-------------|
| 1. Достаточно одной проекции | a) пирамида |
|                              | b) конус    |
|                              | c) цилиндр  |
| 2. Достаточно двух проекций  | d) сфера    |
|                              | e) призма   |
- 5) Ответьте на вопросы.
1. От чего зависит количество проекций?
  2. Как обычно изображают тела вращения?
  3. Как может быть изображена сфера?
  4. Что обозначает знак  $\emptyset$ ?

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ**

1. Перечислить основные чертежные инструменты. Для чего они используются?
2. Перечислить названия линий, в зависимости от их формы и расположения.
3. Как называются основные элементы окружности? Центр, радиус и диаметр окружности. В чем разница между окружностью и кругом?
4. Перечислить виды углов и названия их элементов.
5. Перечислить названия и свойства треугольников и четырехугольников.
6. Что такое государственный стандарт (ГОСТ)? Перечислить известные стандарты ЕСКД – их обозначения и названия.
7. Что такое формат? Какие основные форматы (их обозначение и размеры) используют для выполнения чертежа? Какие необходимые элементы выполняют на формате, их размеры?
8. Что такое масштаб? Какие масштабы могут применяться при выполнении чертежей деталей: перечислить типы масштабов и их числовые значения.
9. Какие линии мы видим и чертим на чертеже? Перечислить названия основных линий на чертеже и для чего они используются.

10. Что такое чертежный шрифт? Что определяет номер шрифта? Как основные параметры букв (толщина линии, высота строчных букв, расстояния между буквами, словами и строками) зависят от выбранного номера шрифта?
11. Основные геометрические построения. Построение параллельных и перпендикулярных прямых. Построение касательных к окружности. Привести примеры.
12. Деление отрезка и окружности на заданное количество равных частей. Правильные многоугольники, вписанные и описанные около окружности. Деление отрезка в заданном отношении. Привести примеры.
13. Основы теории сопряжений: виды сопряжений и способы их построения. Привести примеры.
14. Основные методы проецирования. Ортогональные проекции точки на три плоскости проекций. Наглядные изображения – изометрия.
15. Координаты точки. Расположение точки в пространстве (в пространстве, на плоскости проекций, на координатной оси). Построение третьей проекции точки по двум известным проекциям. Привести примеры.
16. Проекции прямой линии. Положение прямой линии в пространстве (относительно плоскостей проекций) – прямые общего и частного положения. Взаимное расположение двух прямых.
17. Проекции плоскости. Способы задания плоскости в пространстве и на комплексном чертеже. Положение плоскости в пространстве (относительно плоскостей проекций) – плоскости общего и частного положения.
18. Принадлежность точки плоскости – условие. Определение недостающих проекций точек, лежащих в плоскости. Определение взаимного расположения точки и плоскости. Привести примеры.
19. Геометрические тела: многогранники. Виды многогранников, их изображение на комплексном чертеже и в изометрии. Привести примеры известных многогранников.
20. Криволинейные геометрические тела: конус, цилиндр, шар. Их изображение на комплексном чертеже и в изометрии. Расположение точки и геометрического тела.

**Русско-английский словарь**

<b>А</b>	
абсцисса	abscissa, x-coordinate
автоматизированное проектирование	computer-aided design
аксиома	axiom
аксонометрическая ось	axis of axonometry, axonometric axis
аксонометрическая проекция	axonometric projection, pictorial projection
аксонометрия	axonometry, perspective geometry
анализ	analysis
аппарат проецирования	projection method
аппликата	applicate, z-coordinate
асимптота	asymptote
асимметричный	asymmetrical, non-central, skew
<b>Б</b>	
база	base, basis
берем (брать)	to take
бесконечное число	infinite number
биссектриса	bisector
ближайший	nearest, next, proximate
боковая поверхность	lateral surface
больше	more, bigger
брошюровка	stitching
будут (быть)	to be
бумага	paper
<b>В</b>	
величина	value; size
вертикальная линия	vertical line
верхний	upper
вершина	apex; vertex;
в. параболы	v. of parabola;
в. угла	v. of angle
ветвь гиперболы	half-hyperbola
взаимно параллельные прямые	inter-parallel lines
взаимно перпендикулярные прямые	mutually perpendicular lines
взгляд	point of view, opinion
вид	view;
в. сверху	view from above, top view;
в. сзади	rear view;
в. снизу	bottom view;
в. спереди	front view
видимый	visible
вне (чего?)	outside (of)
внешнее сопряжение	external interface
внешний	external; outward
внутреннее сопряжение	internal interface
внутренний	internal; inner; interior
вогнутость	concavity
возможность	ability, capacity, opportunity, possibility
вопрос	question; matter
восставить перпендикуляр	to raise a perpendicular (to), to draw a normal
вписанный угол	inscribed angle
вписывать, вписать (что? во что?)	to inscribe
вращение	rotation; revolving
вспомогательный	auxiliary
выносная линия	extension line
выполнять, выполнить (что?)	to do; to execute
выпуклость	convexity, salience
выпуклый многоугольник	convex polygon
высота	height
<b>Г</b>	
гексаэдр	hexahedron
геометрический	geometric(al)
гипербола	hyperbola
гипотенуза	hypotenuse
главный	main; principal
горизонталь	horizontal
горизонтальная линия	horizontal line
горизонтальная проекция	ichnography
готовальня	drawing set
градус	degree
граница	limit, border
грань	face, side
графа (графы) таблицы	chart column
график	graph, diagram
графически	graphically
грифель (м.р.)	slate pencil
<b>Д</b>	
дано	it is given
действительная ось	real axis
действительно	actually, in fact
деление	division;
д. в заданном отношении	d. in given coefficient
д. на равные части	d. into equal parts
деталь	detail
деталь машины	machine part
диагональ	diagonal

диаметр окружности	diameter of a circumference	квадрат	square
диметрия	dimetric projection	клетчатый	checked
директриса	directrix	кнопка	(drawing) pin
д. параболы	d. of a parabola	количество	quantity; number
длина	length;	конец	endpoint
д. штриха	l. of a touch (streak)	коническая поверхность	conic surface
додекаэдр	dodecahedron	конкурирующие точки	competing points
домашний	home	конспект	summary, syllabus
дополнительный	additional, extra	контрольный	control, check
доска	blackboard	контур	contour
достроить, достраивать	complete	конус	cone
дробь	fraction	координаты (мн. ч.)	coordinates
другой	another, different	короткий	short, net
дуга	arc	косоугольная изометрия	skew isometry
		коэффициент	factor; ratio
<b>Е</b>		кривая линия	curve (line)
единица	unit	кронциркуль	callipers
е. измерения	unit	круг	circle; round
<b>З</b>		куб	cube
завиток	curl curve		
заголовок	heading, title	<b>Л</b>	
заданный	given	лежащая	lying, situated
задача	task, exercise	лекало	curve; mould, pattern
з. метрическая	metric t.	лекальная кривая	mould curve
з. позиционная	positional t.	линейка	rule
закрепить	fasten, fix	линия	line;
замена плоскостей	substitution of	л. видимого	l. of visible contour;
проекций	projection planes	контура	
замкнутый	closed; complete	л. невидимого	l. of invisible
заточить	sharpen	контура	contour
знак	symbol; mark; sign	л. связи	l. of connection
		ломаная линия	broken line
<b>И</b>		луч	ray
игла	needle	любой	any
известный	prominent, known		
измеритель (м.р.)	measuring instrument, gauge	<b>М</b>	
измерять, измерить (что?)	to measure	масштаб	scale;
изображаться в виде	to be presented as	м. увеличения	increase scale;
(чего?)		м. уменьшения	reduced scale
изображение	representation, image	материал	material; stuff
изометрическая	isometric(al)	машиностроение	mechanical engineering, machinery
проекция	projection		construction
изометрия	isometry	машиностроительное	machine drawing
икосаэдр	icosahedron	черчение	
иметь	to have	меньше	less, smaller
инженерная графика	engineering graphics	меридиан	meridian
инструмент	instrument; tool	местный разрез	local section
искажение	distortion	метод	method, procedure
искомый	required, to be determined	мнимая ось	imaginary axis
использовать (что?)	to use	многие	many
<b>К</b>		многогранник	polyhedron
касательная (прямая)	tangent;	многоугольник	polygon
к. к двум	t. to two	множество	multitude
окружностям	circumferences;	мысленно	mentally
к. к данным	t. to the given		
окружностям	circumferences	<b>Н</b>	
катет	leg (of a triangle)	наблюдатель	observer, supervisor
		наглядное изображение	visual presentation
		надпись	inscription
		назначение	assignment, fixing

наклонная линия	inclined line	отверстие	hole
нанесение	giving, putting	откладывать, отложить	to mark a distance
наносить размеры	to mark dimensions	(что?)	
направление	direction, path	отмечать, отметить (что?)	to mark
натуральная величина	actual size	отношение (чего? к	relation
натуральный размер	natural dimension, size	чему?)	
начертание (чего?)	inscription, the way of drawing	отображение	reflection; representation
начертательная геометрия	descriptive geometry	отрезок	line segment
невидимый	invisible	отсек плоскости	segment of a plane
несколько	some, rather	очерк	outline
нижний	bottom, inferior, lower	очерковая образующая	generating line
ножка циркуля	compass leg	ошибка	mistake, fault
нормаль	normal, perpendicular		
нутромер	calipers, hole-gauge		
		<b>П</b>	
<b>О</b>		паз	slot; groove
обводить, обвести (что?)	to outline; to thicken	парабола	parabola
обводка (чего?)	thickening, inking	параллелепипед	parallelepiped
обозначать, обозначить	to mark	параллель (ж.р.)	parallel
(что?)		параллельный (чему?)	parallel
образовать (что?)	to form	параметр	parameter
образующая (линия)	generating line	п. параболы	p. of a parabola
обратить	invert, reverse, transform	пересекать (что?)	to intersect
общая точка (с	common point (with a	пересекающиеся прямые	concurrent lines
окружностью)	circumference)	пересечение	intersection
объем	size, cubature, volume	перпендикуляр (к чему?)	perpendicular
обязательно	obligatory	перпендикулярный	perpendicular
овал	oval	(чему?)	
ограниченный	limited, restricted	перспектива	perspective
ограничивать,	to limit	перспективная проекция	perspective projection
ограничить (что?		пирамида	pyramid
чем?)		пирамидальная	pyramidal surface
одинаковый	equal, identical	поверхность	surface;
одноименные проекции	analogous projections	письменно	writing, black and white
однокоренной	with the same root	плавный переход	smooth transition
однотипный	of the same type/kind	плоский	flat; plane
окружают	circle, enclose, encompass	плоскость (ж.р.)	plane;
окружность (ж.р.)	circumference	п. общего положения	p. of general position;
октаэдр	octahedron	п. частного	p. of particular position
опорный	supporting	положения	
определять, определить	to determine	поверхность	surface; s. of revolution
(что?)		п. вращения	
опускать, опустить	to drop a normal	подготовительный	preparatory
(перпендикуляр)		подробный	detailed
ордината	y-coordinate, ordinate	позиционная задача	positional task
ортогональное	orthogonal projecting	показывать (показано)	display, show
проецирование		показывать в градусах	to express in degrees
осевая линия	axial line	положение	position
основание	base of a	получать	receive, get
перпендикуляра	perpendicular	полюс	pole
основная надпись	basic legend	помощь	help
острый угол	acute angle	понятие	concept(ion)
ось (ж.р.)	axis	последовательно	in sequence, successively
о. проекций	axis of projection	пособие	manual, textbook
		постоянная величина	a constant
		построение	construction

правило	rule	разносторонний	scalene
правильный	correct, right	разрабатывать	to develop
предмет	subject, topic	разрез	section
прием	method	рамка	frame
призма	prism	расположение	order, disposition
призматическая	prismatic surface	расстояние	distance; interval
поверхность		ребро (мн. ч. рёбра)	arris, edge, rib
примыкающий	adjoining	результат	result
принадлежать (чему?)	to belong (to)	рейсфедер	drawing pen, ruling-pen
проведение линий	line drawing	рейшина	T-square
проводить, провести	to draw	решение	solution
(что?)		ромб	rhomb(us)
проекция	projection		
проецирование	projecting	<b>С</b>	
проецироваться	to project,	с помощью (чего?)	with the help of
(во что?)	to be projected	самостоятельно	without assistance, on
произвольный	arbitrary		one's own
прописная (заглавная)	capital letter	свойство	attribute,
буква			characteristic,
пространственное	spatial pattern		feature
изображение		связь	connection
пространство	space, area	сделать	to do
против	against, opposite	секущая (ж.р.)	secant
противолежащий	opposite, alternate	с. плоскость	secant plane
	(angle, side)	с. прямая	cut line
противоположный	opposite	середина	middle
профильная проекция	cross projection	сетка	plane frame, net
профильно-проециру-	cross projective line	сечение (чего? чем?)	section
ющая прямая		симметричный	symmetric(al)
прямая (линия)	straight line;	симметрия	symmetry
п. общего	s.l. of general	сказать	to say
положения	position;	скос	skew, slant
п. частного	s.l. of particular	скрещивающиеся прямые	skew lines
положения	position	след	trace
прямоугольник	rectangle	словосочетание	word-combination,
прямоугольный	rectangular;		phrase
п. треугольник	right-angled triangle	смежный	adjacent, adjoining
прямые (мн.ч.)	lines	смешанное сопряжение	mixed coupling
параллельные	parallel lines	смотреть	adjacent, adjoining
пересекающиеся	concurrent lines	совмещать, совместить	to match
скрещивающиеся	skew lines	(что? с чем?)	
пятиугольник	pentagon	совпадать	to match; to coincide
<b>Р</b>		соединять, соединить	to connect; to join
равнобедренный	isosceles triangle	(что? чем?)	
треугольник		соответственно	accordingly;
равносторонний	equilateral triangle		respectively
треугольник		сопрягающая	coupling
равный	equal	окружность	circumference
радиус	radius	сопряжение	coupling
развертка	involute	внешнее	external c.
развитие	development; evolution	внутреннее	internal c.
разделить	part, divide	смешанное	combined c.
размер	dimension; size	соседний	adjoining, next
размерная линия	dimension line	состоять (из чего?)	to consist
размерное число	dimensional number	спиральный	spiral
размерность	rank of space, space	сплошная линия	continuous line, firm
пространства	dimension		line
разноименные проекции	unlike projections	способ	method
		средний	average; mean

стандарт	standard	фокус	focal point; focus
сторона угла	side of an angle	форма	form
стрелка	arrow	формат (чертежа)	size (of a drawing);
строчная (маленькая)	small letter	фронталь	vertical
буква		фронтальная проекция	frontal projection
сфера	sphere	фронтально-	frontal projective
сферическая	spheric(al) surface	проецирующая	plane
поверхность		плоскость	frontal projective
<b>Т</b>		ф.п. прямая	line
тело	solid, field	фронтальный	frontal
тема	topic	<b>Х</b>	
терминология	terminology	хорда	chord
тетраэдр	tetrahedron	<b>Ц</b>	
технический чертеж	engineering print	центр	centre
толщина	thickness	центральный угол	central angle
тонкая линия	light line, thin line	центровая линия	center line
точка	point;	цепочка	chain, file
т. касания	p. of tangent;	цилиндр	cylinder
т. пересечения	p. of intersection;	цилиндрическая	cylicndric(al) surface
т. сопряжения	p. of coupling	поверхность	
транспортир	protractor, alidad	циркуль	(pair of) compasses
трапеция	trapezium	циркуль-измеритель	divider
требуется	is required	цифра	digit, numeral
треугольник	triangle	<b>Ч</b>	
остроугольный т.	acute(-angled) t.	часть (ж.р.)	part; detail
правильный т.	regular t.	чертеж	drawing, design
прямоугольный т.	right-angled t.	чертежный	drawing
равнобедренный т.	isosceles t.	чертить (что?)	to draw;
равносторонний т.	equilateral t.	ч. карандашом	to d. by pencil;
тупоугольный т.	obtuse t.	ч. тушью	to d. by Indian ink
тупой угол	obtuse angle	черчение	drawing
тушь	Indian ink	число делений	number of divisions
<b>У</b>		читать	to read
увеличить	increase, enlarge	<b>Ш</b>	
угловой	angular	шайба	washer
угол	angle; corner;	шар	sphere
у. наклона	a. of inclination	шаровая поверхность	spherical surface
у. острый	acute a.	(ж.р.)	
у. прямой	right a.	шестиугольник	hexagon
у. развернутый	flat a., straight a.	ширина	width, breadth
у. тупой	obtuse a.	шрифт	type; character
угольник	set square	штрих	touch
удлинитель	extension bar	штриховка	hatching; shading
удовлетворять	satisfy	штрих-пунктир	dash-dot
уменьшить	decrease, miniaturize	ш.-п.-ная линия	chain line
упражнение	exercise	<b>Э</b>	
упрощение	simplification	экватор	equator
уровень	standard, level	эквилистанта	equidistant curve
урок	lesson, task	элемент	element
усеченный конус	truncated cone	эллипс	ellipse
условие	condition	эпюр	graph
устанавливать	ascertain, settle	эскиз	draft; sketch
учебный	educational	этап	stage, phase
учёт коэффициента	account of a factor	<b>Я</b>	
<b>Ф</b>		языковой	language, linguistic
фигура	figure		

## Русско-испанский словарь

### А

абсцисса	abscisa
автоматизированное проектирование	proyeccion automatizada
аксиома	axioma
аксонометрическая ось	eje axonometrico
аксонометрическая проекция	proyeccion axonometrica
аксонометрия	axonometria
анализ	analisis
аппарат проецирования	aparato de proyeccion
аппликата	aplicata
асимптота	asintota
асимметричный	asimetrico

### Б

база	base
берем (брать)	escogemos
бесконечное число	numero infinito
биссектриса	bisectriz
ближайший	cercano
боковая поверхность	superficie lateral
больше	mayor (mas grande)
брошюровка	encuadernacion en rustica

будут (быть)  
бумага

seran  
papel

### В

величина	tamaño
вертикальная линия	linea vertical
верхний	superior
вершина	vertice
в. параболы	de la parabola
в. угла	del angulo
ветвь гиперболы	rama de una hiperbola
взаимно параллельные прямые	rectas de mutua paralelidad
взаимно перпендикулярные прямые	rectas de mutua perpendicularidad
взгляд	mirada (punto de vista)
вид	vista
в. сверху	v. desde arriba
в. сзади	v. desde atras
в. снизу	v. desde abajo
в. спереди	v. desde adelante
видимый	visto
вне (чего?)	fuera (de que?)
внешнее сопряжение	union (conexion) exterior
внешний	externo

внутреннее сопряжение	union (conexion) interior
внутренний	interno
вогнутость	concavidad
возможность	posibilidad
вопрос	pregunta
восставить перпендикуляр	restablecer perpendicularidad
вписанный угол	angulo inscrito
вписывать, вписать (что? во что?)	estar inscribiendo, inscribir (que? dentro de que?)
вращение	rotacion
вспомогательный	auxiliar
выносная линия	linea de cota
выполнять, выполнить (что?)	estar ejecutar, ejecutar (que?)
выпуклость	convexidad (abultado)
выпуклый многоугольник	poliedro convexo
высота	altura

### Г

гексаэдр	hexaedro
геометрический	geometrico
гипербола	hiperbola
гипотенуза	hipotenusa
главный	principal
горизонталь	horizontal
горизонтальная линия	linea horizontal
горизонтальная проекция	proyeccion horizontal
готовальня	estuche de dibujo
градус	grado
граница	frontera
грань	limite
графа (графы) таблицы	rubrica (rubricas) columna
график	grafico
графически	graficamente
грифель (м.р.)	lapiz de pizarra

### Д

дано	esta dado
действительная ось	eje real
действительно	realmente
деление	division (graduacion)
д. в заданном отношении	d. en relacion dada
д. на равные части	d. en partes iguales
деталь	pieza
деталь машины	pieza de una maquina

диагональ	diagonal	искомый	incognito
диаметр окружности	diametro de la circunferencia	использовать (что?)	utilizar (que?)
		<b>К</b>	
диметрия	dimetria	касательная (прямая)	tangente (recta)
директриса	directriz	к. к двум	t. a dos
д. параболы	dir. de la parabola	окружностям	circunferencias
длина	longitud	к. к данным	t. a las circun-
д. штриха	l. de la raya	окружностям	ferencias dadas
додекаэдр	dodecaedro	катет	cateto
домашний	casero (de casa)	квадрат	cuadrado
дополнительный	adicional, suplementario	клетчатый	a cuadros (cuadrulado)
доска	pizzaron	кнопка	boton
достроить, достраивать	terminar de construir, estar terminando la construccion	количество	cantidad
		конец	final
дробь	fraccion, quebrado	коническая поверхность	superficie conica
другой	otro	конкурирующие точки	puntos concurrentes
дуга	arco	конспект	resumen
		контрольный	de control
<b>Е</b>		контур	contorno
единица	unidad	конус	cono
е. измерения	u. de medida	координаты (мн. ч.)	coordenadas (plural)
<b>З</b>		короткий	corto
завиток	curvo (voluta)	косоугольная	isometria
заголовок	parrafo	изометрия	oblicuangologica
заданный	dado	коэффициент	coeficiente
задача	problema (tarea)	кривая линия	linea curva
з. метрическая	p. metrico	кронциркуль	compas de puntas; bigotera
з. позиционная	p. posicional		circulo
закрепить	fijar (asegurar)	круг	cubo
замена плоскостей	cambio de planos de	куб	
проекций	la proyeccion		<b>Л</b>
замкнутый	cerrado	лежащая	reposada (linea de reposito)
заточить	afilar	лекало	curvgrafo
знак	signo, simbolo	лекальная кривая	linea curvigrafica
		линейка	regla
<b>И</b>		линия	linea
игла	punta, aguja	л. видимого контура	l. del contorno visible
известный	conocido	л. невидимого	l. del contorno invisible
измеритель (м.р.)	compas de puntas	контура	l. de conexion
измерять, измерить (что?)	medir	ломаная линия	linea quebrada
изображаться в виде	representarse en	луч	rayo
(чего?)	forma (como)	любой	cualquiera (todo)
изображение	representacion		
изометрическая	proyeccion isometrica	<b>М</b>	
проекция		масштаб	escala
изометрия	isometria	м. увеличения	e. de aumento
икосаэдр	icosaedro	м. уменьшения	e. de reduccion
иметь	tener	материал	material(de que se compone)
инженерная графика	ingenieria grafica		
инструмент	instrumento		
искажение	alteracion (deformacion)		
искомое	incognita		

машиностроение	contruccion de maquinaria	ограниченный	limitado
машиностроительное черчение	dibujo tecnico en construccion de maquinaria	ограничивать, ограничить (что? чем?)	limitar (que?, con que?)
меньше	menos	одинаковый	igual
меридиан	meridiano	одноименные проекции	proyecciones de igual denominacion
местный разрез	corte local	однокоренной	de la misma raiz (ejm. palabras)
метод	metodo	однотипный	del mismo tipo
мнимая ось	eje minimo	окружают	rodean (de rodear)
многие	muchos	окружность (ж.р.)	circunferencia
многогранник	poliedro	октаэдр	octaedro
многоугольник	poligono	опорный	de apoyo (de sosten)
множество	conjunto	определять, определить (что?)	determinar (calcular) (que?)
мысленно	mentalmente	опускать, опустить (перпендикуляр)	bajar (una perpendicular)
<b>Н</b>			
наблюдатель	observador	ордината	ordenada
наглядное изображение	representacion demostrativa	ортогональное проецирование	proyeccion ortogonal
надпись	inscripcion (sobrescrito)	осевая линия	linea de eje
назначение	fijacion (asignacion)	основание перпендикуляра	base de la perpendicular
наклонная линия	linea inclinada	основная надпись	titulo
нанесение	marcacion	острый угол	angulo agudo
наносить размеры	marcar las dimensiones	ось (ж.р.)	eje
направление	direccion	о. проекций	e. de proyecciones
натуральная величина	magnitud natural (real)	отверстие	abertura, agujero
натуральный размер	medida natural (real)	откладывать, отложить (что?)	hacer marcas (trazar)(de que?)
начертание (чего?)	trazado (de que?)	отмечать, отметить (что?)	marcar (que?)
начертательная геометрия	geometria descriptiva	отношение (чего? к чему?)	relacion (de que? con respecto a que?)
невидимый	invisible	отображение	representacion (imagen,reflejo)
несколько	algunos (varios)	отрезок	segmento
нижний	inferior	отсек плоскости	seccion del plano
ножка циркуля	pie del compas	очерк	contorno
нормаль	normal	очерковая образующая	generatriz de ensayo
нутромер	compas de calibres (de interiores)	ошибка	equivocacion(error)
<b>О</b>			
обводить, обвести (что?)	contornear(que?)	<b>П</b>	
обводка (чего?)	contorneo (de que?)	паз	muesca (ranura)
обозначать, обозначить (что?)	designar (que?)	парабола	parabola
образовать (что?)	formar (que?)	параллелепипед	paralelepipedo
образующая (линия)	linea de formacion	параллель (ж.р.)	paralelo
обратить	invertir	параллельный (чему?)	es paralelo (a que?)
общая точка (с окружностью)	punto comun (con la circunferencia)	параметр	parametro
объем	volumen	п. параболы	p. de la parabola
обязательно	necesariamente	пересекать (что?)	cruzar, cortar (que?)
овал	ovalo	пересекающиеся прямые	rectas intersecadas (cruzadas)
		пересечение	interseccion
		перпендикуляр (к чему?)	perpendicular (a que?)

перпендикулярный (чему?)	es perpendicular (a que?)	против	estar opuesto
перспектива	perspectiva	противолежащий	alterno
перспективная проекция	proyeccion en (de) perspectiva	противоположный	opuesto
пирамида	piramide	профильная проекция	proyeccion lateral
пирамидальная поверхность	superficie piramidal	профильно-проеци- рующая прямая	recta proyectada de perfil
письменно	por escrito	прямая (линия)	recta (linea)
плавный переход	paso armonioso	п. общего положения	r. de posicion general
плоский	plano	п. частного положения	r. de posicion particular
плоскость (ж.р.)	plano	прямоугольник	rectangulo
п. общего положения	p. de posicion general	прямоугольный	rectangular
п. частного положения	p. de posicion particular	п. треугольник	triangulo r.
поверхность	superficie	прямые (мн.ч.)	rectas
п. вращения	s. de rotacion	параллельные	paralelas
подготовительный	preparatorio	пересекающиеся	intersecadas
подробный	detallado	скрещивающиеся	cruzadas
позиционная задача	ejercicio posicional	пятиугольник	pentagono
показывать (показано)	indicar (indicado)	<b>Р</b>	
показывать в градусах	indicar en grados	равнобедренный	triangulo isoseles
положение	posicion	треугольник	
получать	recibir	равносторонний	triangulo equilatero
полюс	polo	треугольник	
помощь	ayuda	равный	igual
понятие	nocion (idea)	радиус	radio
последовательно	sucesivamente	развертка	desarrollo
пособие	material didactico (de estudio)	развитие	desarrollo, progreso
постоянная величина	tamaño constante	разделить	separar (dividir)
построение	construccion	размер	medida, dimension
правило	regla	размерная линия	linea de medida
правильный	correcto(exacto)	размерное число	numero de medida
предмет	objeto	размерность	dimensionalidad del espacio
прием	aplicacion	пространства	proyecciones a los diferentes planos
призма	prisma	разноименные проекции	escaleno (de lados diferentes)
призматическая поверхность	superficie prismatica	разносторонний	desarrollar
примыкающий	contiguo	разрабатывать	corte
принадлежать (чему?)	pertenecer (a que?)	разрез	marco (cuadro)
проведение линий	trazado de lineas	рамка	posicion
проводить, провести (что?)	trazar (que?)	расположение	distancia
проекция	proyeccion	расстояние	borde (bordes)
проецирование	proyeccion	ребро (мн. ч. рёбра)	resultado
проецироваться (во что?)	proyectarse (en que?)	результат	tiralineas
произвольный	arbitrario	рейсфедер	regla T
прописная буква (заглавная буква)	letra mayuscula (letra titular)	рейшина	solucion
пространственное изображение	representacion espacial	решение	rombo
пространство	espacio	ромб	
		<b>С</b>	
		с помощью (чего?)	con la ayuda (de que?)
		самостоятельно	independientemente (por si mismo)

свойство	propiedad	<b>Т</b>	
связь	conexion	тело	cuerpo
сделать	hacer	тема	tema
секущая (ж.р.)	secante	терминология	terminologia
с. плоскость	plano secante	тетраэдр	teraedro
с. прямая	recta secante	технический чертеж	dibujo tecnico
середина	mitad	толщина	grosor
сетка	escala de graduacion auxiliar (ejm para dibujar letras)	тонкая линия	linea fina
сечение (чего? чем?)	corte (de que? con que?)	точка	punto
симметричный	simetrico	т. касания	p. tangencial
симметрия	simetria	т. пересечения	p. de interseccion
сказать	decir	т. сопряжения	p. de union
скос	inclinacion (corte)	транспортир	transportador, graduador
скрещающиеся	rectas cruzadas	трапеция	trapecio
прямые		требуется	se necesita(se exige)
след	huella (rastro)	треугольник	triangulo
словосочетание	combinacion de palabras	т. остроугольный	t. agudo
смежный	contiguo (adyacente)	т. правильный	t. regular
смешанное сопряжение	union mixta	т. прямоугольный	t. rectangulo
смотреть	mirar (ver)	т. равнобедренный	t. isosceles
совмещать, совместить	hacer coincidir (que? con que?)	т. равносторонний	t. equilatero
(что? с чем?)		т. тупоугольный	t. obtuso
совпадать	coincidir	тупой угол	angulo obtuso
соединять, соединить	unir (que? con que?)	тушь	tinta china
(что? чем?)		<b>У</b>	
соответственно	correspondiente	увеличить	aumentar
сопрягающая	circunferencia de	угловой	angular
окружность	union	угол	angulo
сопряжение	union	у. наклона	a. de inclinacion
внешнее	externa	у. острый	a. agudo
внутреннее	interna	у. прямой	a. recto
смешанное	mixta	у. развернутый	a. abierto
соседний	cercano	у. тупой	a. obtuso
состоять (из чего?)	estar compuesto(de que?)	угольник	escuadra
спиральный	espiral	удлинитель	prolongador
сплошная линия	linea continua	удовлетворять	satisfacer
способ	metodo(modos, manera)	уменьшить	disminuir
средний	medio	упражнение	ejercicio
стандарт	estandar	упрощение	simplificacion
сторона угла	lado del angulo	уровень	nivel
стрелка	flecha	урок	leccion (deber, tarea)
строчная буква	letra minuscula	усеченный конус	cono truncado
(маленькая буква)		условие	condicion
сфера	esfera	устанавливать	instalar
сферическая	superficie esferica	учебный	de estudios
поверхность		учёт коэффициента	consideracion del coeficiente
		<b>Ф</b>	
		фигура	figura
		фокус	foco
		форма	forma
		формат (чертежа)	formato(del dibujo)

фронталь	frontal	число делений	numero de divisions (graduaciones)
фронтальная проекция	proyeccion frontal	читать	leer
фронтально-проецирующая плоскость	plano proyectado-frontalmente	<b>Ш</b>	
ф.п. прямая	recta proyectada-frontalmente	шайба	arandela
фронтальный	frontal	шар	esfera
<b>Х</b>		шаровая поверхность	superficie esferica
хорда	cuerda	шестиугольник	hexagono
<b>Ц</b>		ширина	anchura
центр	centro	шрифт	tipo de letras
центральный угол	angulo central	штрих	linea; rasgo; raya
центровая линия	linea central	штриховая линия	linea entrecortada (de reyas)
цепочка	cadena	штриховка	sombreado; rayado
цилиндр	cilindro	штрих-пунктир	linea de eje (de rayas)
цилиндрическая поверхность	superficie cilindrica	ш.-п. линия	con puntos
циркуль	compas	<b>Э</b>	
циркуль-измеритель	compass – medidor	экватор	ecuador
цифра	cifra	эквидистанта	equidistante
<b>Ч</b>		элемент	elemento
часть (ж.р.)	parte	эллипс	elipse
чертеж	dibujo	эпюр	diagrama
чертежный	de dibujo	эскиз	croquis ( esbozo)
чертить (что?)	dibujar	этап	etapa
ч. карандашом	d. con lapis	<b>Я</b>	
ч. тушью	d. con tinta china	языковой	lingual (de la lengua)
черчение	dibujo tecnico		

## Русско-французский словарь

### А

абсцисса	abscisse, éloignement
автоматизированное проектирование	automatique projection
аксиома	axiome <i>m</i>
аксонометрическая ось	axe <i>m</i> axonométrique
аксонометрическая проекция	projection axonométrique
аксонометрия	axonométrie
анализ	analyse <i>f</i>
аппарат проецирования	appareil <i>m</i> projection
аппликата	applicate
асимптота	asymptote
асимметричный	asymétrique <i>adj</i>

### Б

база	base
берег (брат)	prendre <i>vt</i>
бесконечное число	nombr infini
биссектриса	bissectrice
ближайший	le plus proche, voisin, voisine <i>adj</i>
боковая поверхность	côté, surface latérale, flanc
больше	plus grand
брошюровка	brochage
будут (быть)	être
бумага	papier <i>m</i>

### В

величина	grandeur <i>f</i> ; dimensions <i>f pl</i>
вертикальная линия	ligne <i>f</i> verticale
верхний	supérieur, supérieure <i>adj</i>
вершина	sommet;
в. параболы	sommet de parabole
в. угла	sommet d'un angle
ветвь гиперболы	branche de hyperbole
взаимно параллельные прямые	droites parallèles réciproques
взаимно перпендикулярные прямые	droites perpendiculaires réciproques
взгляд	regard; coup d'œil
вид	vue
в. сверху	vue de dessus, vue en plan
в. сзади	vue arrière
в. снизу	vue de dessous
в. спереди	vue avant, vue en élévation
видимый вне (чего?)	visible <i>adj</i> hors de; en dehors de

внешнее сопряжение	conjugaison (raccordement) de la extérieur
внешний	extérieur
внутреннее сопряжение	conjugaison (raccordement) de la interne
внутренний	intérieur, intérieure <i>adj</i>
вогнутость	concavité, incurvation
возможность	possibilité <i>f</i>
вопрос	question <i>f</i> ; interrogation <i>f</i>
восстановить перпендикуляр	rétablir perpendiculaire <i>f</i>
вписанный угол	angle inscrit
вписывать, вписать (что? во что?)	inscrire <i>vt</i>
вращение	rotation <i>f</i>
вспомогательный	auxiliaire <i>adj</i>
выносная линия	ligne d'attache
выполнять, выполнить (что?)	accomplir, exécuter
выпуклость	convexité, courbure
выпуклый	polygone convexe
многоугольник	
высота	hauteur <i>f</i>

### Г

гексаэдр	hexaèdre
геометрический	géométrique <i>adj</i>
гипербола	hyperbole
гипотенуза	hypothèse <i>f</i>
главный	principal, principale, principaux
горизонталь	horizontale <i>f</i>
горизонтальная линия	ligne <i>f</i> horizontale
горизонтальная проекция	ichnographie
готовальня	boîte à compas
градус	degré
граница	limite
грань	biseau, borne, méplat, pan
графа (графы) таблицы	colonne <i>f</i> table <i>f</i> ; tableau <i>m</i>
график	graphique
графически	graphique
грифель (в карандаше ж.р.)	mine <i>f</i>
дано (условие)	donées (condition)
действительная ось	axe réelle

### Д

действительно	en effet, effectivement, réellement	измерять, измерить (что?)	mesurer, métrer
деление д. в заданном отношении д. на равные части	division <i>f</i> division dans le comportement division dans le comportement	изображаться в виде (чего?) изображение изометрическая проекция изометрия икосаэдр иметь инженерная графика инструмент искажение	se représenter à la vue de représentation projection isométrique  isométrie icosaèdre avoir <i>vt</i> graphique d'ingénieur ? instrument <i>m</i> déformation <i>f</i> ; altération <i>f</i>
деталь деталь машины диагональ диаметр окружности	pièce pièce <i>m</i> diagonale <i>f</i> diamètre de la circonférence	искомый использовать (что?)	cherché employer
диметрия директриса д. параболы	dimétrique directrice directrice de la parabole	<b>К</b> касательная (прямая)	tangente (ligne droite, droite) tangente à deux circonférence tangente à circonférence donné
длина д. штриха додекаэдр домашний	longueur <i>f</i> longueur de trait dodécèdre de la maison; domestique <i>adj</i>	к. к двум окружностям к. к данным окружностям	
дополнительный	complémentaire <i>adj</i> , supplémentaire <i>adj</i>	катет	cathète
доска (в классе) достроить, достраивать	planche (tableau) achever la construction	квадрат клетчатый кнопка (канцелярская) количество конец коническая поверхность	carré <i>m</i> à carreaux punaise quantité <i>f</i> fin <i>f</i> , bout <i>m</i> surface conique
дробь другой дуга	fraction <i>f</i> autre arc <i>m</i>	конкурирующие точки конспект контрольный контур конус координаты (мн. ч.) короткий косоугольная изометрия коэффициент кривая линия кронциркуль	pointe concurrencer résumé <i>m</i> , abrégé <i>m</i> contradictoire contour <i>m</i> cône <i>m</i> coordonnées <i>f pl</i> court, courte <i>adj</i> isométrie oblique
<b>Е</b> единица е. измерения	unité <i>f</i> unité de mesure		
<b>З</b> завиток заголовок заданный з. масштаб заданные координаты заданное положение задача з. метрическая з. позиционная	boucle <i>f</i> , volute <i>f</i> titre <i>m</i> donnée <i>f</i> échelle choisie; axes déterminés; position de consigne. problème <i>m</i> problème métrique problème de position	круг куб	
закрепить замена плоскостей проекций замкнутый	affermir remplacement de plans de projection renfermé, renfermée <i>adj</i>	<b>Л</b> лежащая лекало	
заточить (затачивать)	affiler, affûter, aiguiser, meuler	лекальная кривая	être couché pistolet à dessin, pistolet de dessinateur
знак	signe <i>m</i>	линейка	courbe <i>f</i> de raccordement règle <i>f</i>
<b>И</b> игла известный измеритель (м.р.)	aiguille <i>f</i> connu, connue mesureur		



ось (м.р.)	axe <i>m</i>	полюс	pôle <i>m</i>
о. проекций	axe des projections	помощь	aide <i>f</i> , secours <i>m</i>
отверстие	ouverture <i>f</i> , bouche	понятие	notion <i>f</i> , idée <i>f</i> , concept <i>m</i>
откладывать, отложить (что?)	mettre de côté	последовательно	successivement
отмечать, отметить (что?)	marquer <i>vt</i>	пособие (учебное)	manuel <i>m</i>
отношение (чего? к чему?)	attitude <i>f</i> (envers)	постоянная величина	grandeur constante
отображение	affichage, présentation, représentation	построение (геометрическое)	construction, composition, conception
отрезок прямой	segment de droite	правило	règle <i>f</i>
отсек плоскости	section de plan	правильный	correct, correcte <i>adj</i> , juste <i>adj</i>
очерк	esquisse <i>f</i>	предмет (учебная дисциплина)	matière <i>f</i>
очерковая образующая	génératrice esquisses	прием (способ)	procédé <i>m</i>
ошибка	faute <i>f</i> ; erreur <i>f</i>	призма	prisme <i>m</i>
<b>П</b>			
паз	coche, caniveau, cannelure	призматическая поверхность	surface prismatique
парабола	parabole	примыкающий	adhérent, adjacent
параллелепипед	parallélépipède	принадлежать (чему?)	appartenir <i>vi</i> (à)
параллель (ж.р.)	parallèle <i>f</i>	проведение линий	tenue de lignes
параллельный (чему?)	parallèle <i>adj</i>	проводить, провести (что?)	tracer <i>vt</i>
параметр	paramètre <i>m</i>	проекция	projection <i>f</i>
п. параболы	paramètre du parabole	проецирование	projection
пересекать (что?)	traverser <i>vt</i>	проецироваться (во что?)	se projeter
пересекающиеся прямые	droits concourants	произвольный	arbitraire <i>adj</i>
пересечение	intersection <i>f</i> ; croisement <i>m</i>	прописная (заглавная) буква	majuscule <i>f</i>
перпендикуляр (к чему?)	perpendiculaire <i>f</i>	пространственное изображение	image en relief, image spatiale, représentation dans l'espace
перпендикулярный (чему?)	perpendiculaire <i>adj</i>	пространство	espace <i>m</i>
перспектива	perspective <i>f</i>	против	contre, en face (de)
перспективная проекция	projection perspective	противолежащий	opposé
пирамида	pyramide <i>f</i>	противоположный	opposé, opposée <i>adj</i> , contraire
пирамидальная поверхность	surface à court terme pyramide	профильная проекция	projection profilé
письменно (письменный)	écrit, écrite ( <i>adj</i> )	профильно- проецирующая	droite de profil
плавный переход	raccord, transition graduelle	прямая	projectante
плоский	plat, plate <i>adj</i>	прямая (линия)	ligne droite, droite
плоскость (м.р.)	plan <i>m</i>	п. общего положения	droite en position générale
п. общего положения	plan générale	п. частного положения	droite en position particulier
п. частного положения	plan particulier	прямоугольник	rectangle <i>m</i>
поверхность	surface <i>f</i>	прямоугольный	orthogonal, rectangulaire
п. вращения	surface de révolution	п. треугольник	triangle rectangle
подготовительный	préparatoire <i>adj</i>	прямые (мн.ч.)	droites
подробный	détaillé, détaillée <i>adj</i>	параллельные	parallèles
позиционная задача	problème de position	пересекающиеся	à l'intersection
показывать (показано)	montrer <i>vt</i>	скрещивающиеся	croisement <i>m</i> , se croiser
показывать в градусах	faire voir en degrés		
положение	position <i>f</i>		
получать	recevoir <i>vt</i> ; (деньги) toucher <i>vt</i>		

пятиугольник	pentagone	скрещивающиеся прямые	Droites croisées
<b>Р</b>		след	trace <i>f</i>
равнобедренный треугольник	triangle isocèle	словосочетание	groupe <i>m</i> de mots
равносторонний треугольник	triangle équilatéral	смежный	contigu, contiguë <i>adj</i> , attachant, attenante <i>adj</i>
равный	égal, égale, égaux <i>adj</i>	смешанное сопряжение	conjugaison (raccordement) mixte
радиус	rayon <i>m</i>	смотреть	regarder <i>vt</i>
развертка	développement, élargisseur	совмещать, совместить (что? с чем?)	unir <i>vt</i>
развитие	développement <i>m</i>	совпадать	coïncider <i>vi</i>
разделить	diviser <i>vt</i> (en)	соединять, соединить (что? чем?)	unir <i>vt</i> , joindre <i>vt</i>
размер	dimension <i>f</i>	соответственно	correspondance <i>f</i> , conformément
размерная линия	ligne de cote	сопрягающая окружность	circonférence de raccord
размерное число	nombre de dimension	сопряжение	conjugaison, raccordement
размерность пространства	dimension	внешнее	apparent
разноименные проекции	projectiones alternés contraires	внутреннее	à intérieur
разносторонний (неравносторонний)	scalène	смешанное	mixte
разрабатывать	élaborer <i>vt</i> , mettre au point	соседний	voisin, voisine <i>adj</i>
разрез (продольный, поперечный)	coupe <i>f</i>	состоять (из чего?)	se composer (de)
рамка	cadre <i>m</i>	спиральный	spirale
расположение	disposition <i>f</i>	сплошная линия	continu, courbe en trait plein, trait plein
расстояние	distance <i>f</i>	способ	moyen <i>m</i> ; procédé <i>m</i>
ребро (мн. ч. рёбра)	côte <i>f</i> (côtes?)	средний	moyen
результат	résultat <i>m</i>	стандарт	standard <i>m</i>
рейсфедер	compas de tracé, compas à tracer	сторона угла	côté de l'angle
рейсшина	règle en T, T	стрелка	aiguille <i>f</i> , aiguillage <i>m</i>
решение	décision <i>f</i> , résolution <i>f</i> , solution <i>f</i>	строчная (маленькая) буква	minuscule <i>f</i>
ромб	losange <i>m</i>	сфера	sphère <i>f</i>
<b>С</b>		сферическая поверхность	surface sphérique
с помощью (чего?)	à l'aide de	<b>Т</b>	
самостоятельно	indépendement	тело	corps <i>m</i>
свойство	propriété <i>f</i>	тема	sujet <i>m</i>
связь	liaison ; communication	терминология	terminologie <i>f</i>
сделать	faire <i>vt</i>	тетраэдр	tétraèdre <i>m</i>
секущая (ж.р.)	sécante	технический чертеж	dessin industriel, dessin linéaire
с. плоскость	plan coupant, plan sécant	толщина	épaisseur <i>f</i>
с. прямая	ligne droite sécant, droite sécant	тонкая линия	ligne fin
середина	milieu <i>m</i>	точка	point <i>m</i>
сетка	filet <i>m</i>	т. касания	point de contact
сечение (чего? чем?)	représentation en section, section, coupe	т. пересечения	cross-over, point de concours
симметричный	symétrique <i>adj</i>	т. сопряжения	point du jout
симметрия	symétrie <i>f</i>	транспортир	angle rapporteur, demi-cercle gradué
сказать	dire <i>vt</i>	трапеция	trapèze <i>m</i>
скос	biais, biseau, bord en biseau, bord chanfreiné		

требуется	exiger <i>vt</i> ; demander <i>vt</i>	фронтальный	frontal
треугольник	triangle acutange	<b>Х</b>	
остроугольный	t. réponse correcte (juste)	хорда	corde
правильный	t. orthogonal, rectangulaire	<b>Ц</b>	
прямоугольный	isocèle	центр	centre <i>m</i>
равнобедренный	triangle équilatéral	центральный угол	angle au centre
	triangle obtusangle	центровая линия	ligne au central
равносторонний		цепочка	série; chaîne
тупоугольный		цилиндр	cyindre <i>m</i>
тупой угол	angle obtus	цилиндрическая поверхность	surface cylindrique
тушь	encre <i>f</i> de Chine	циркуль	compas <i>m</i>
<b>У</b>		циркуль-измеритель	compas-mètre
увеличить	agrandir <i>vt</i>	цифра	chiffre <i>m</i>
угловой	angulaire	<b>Ч</b>	
угол	angle <i>m</i>	часть (ж.р.)	partie <i>f</i>
у. наклона	angle d'inclinaison	чертеж	dessin <i>m</i>
у. острый	angle aigu	чертежный	à dessin
у. прямой	angle droit	чертежный инструмент	instrument de dessin
у. развернутый	angle détubulé	чертить (что?)	tracer <i>vt</i> , dessiner <i>vt</i>
у. тупой	angle obtus	ч. карандашом	dessiner au crayon
угольник	équerre	ч. тушью	dessiner encre de Chine
удлинитель	allonge, prolongateur, prolongement, rallonge, tube de dilatation	черчение	dessin <i>m</i>
		число делений	nombre des divisions
удовлетворять	vérifier	читать	<i>f</i>
уменьшить	diminuer <i>vt</i>	читать лекцию	lire <i>vt</i> ;
упражнение	exercice <i>m</i>	<b>Ш</b>	faire un cours
упрощение	simplification <i>f</i>	шайба	palet <i>m</i>
уровень	niveau <i>m</i>	шар	sphère <i>f</i>
урок	cours <i>m</i>	шаровая поверхность (ж.р.)	surface <i>f</i> sphérique?
урок математики	cours de mathématiques	шестиугольник	hexagone
усеченный конус	cône tronqué, tronc de cône	ширина	largeur <i>f</i>
условие	condition <i>f</i>	шрифт	caractères <i>m</i>
устанавливать	installer <i>vt</i> , fixer <i>vt</i> , établir <i>vt</i>	штрих	trait <i>m</i>
учебный	scolaire <i>adj</i>	штриховка	hachage, hachure, tracé des hachures
учебный год	année scolaire	штрих-пунктир	trait de pointillé
учёт коэффициента	compte du coefficient	ш.-п.-ная линия	ligne trait-pointillé <i>m</i>
<b>Ф</b>		<b>Э</b>	
фигура	figure <i>f</i>	экватор	équateur <i>m</i>
фокус	foyer <i>m</i>	эквидистанта	courbe équidistante, équidistante
форма	forme <i>f</i> , uniforme <i>m</i> , moule <i>m</i>	элемент	élément <i>m</i>
формат (чертежа)	format <i>m</i>	эллипс	ellipse <i>f</i>
фронталь	frontale	эпюр (эпюра)	épure
фронтальная проекция	projection frontale	эскиз	esquisse <i>f</i>
фронтально-проецирующая плоскость	plan frontalement projetant	этап	étape <i>f</i>
ф.п. прямая	droit frontalement projetant	<b>Я</b>	
		языковой	de la lanque

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Мазурова И.И., Казакова Т.Б. Черчение – М.: Высшая школа, 1978. – 224 с.
2. Михайленко В.Е., Пономарев А.М. Инженерная графика: Учебник. – К.: Выща школа, 1990. – 304 с.
3. Михайленко В.Е., Ванин В.В., Ковалев С.Н. Инженерная и компьютерная графика: Учебник для студ. высших учеб. заведений. /Под ред. В.Е. Михайленко. – К.: Каравелла, 2004. – 336 с.
4. ГОСТы. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. М.: Изд-во стандартов, 1991.
5. Методические указания по теме «Основные правила оформления чертежей» для самостоятельной работы студентов подготовительного факультета /Сост. Куденко С.М., Лучников А.Ф., Лобода А.И. – Харьков: ХПИ, 1991. – 56 с.

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ОСНОВЫ ГРАФИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ.....	5
Введение .....	5
§ 1. Линии .....	7
§ 2. Чертёжные инструменты.....	8
§ 3. Прямые линии.....	14
§ 4. Углы.....	19
§ 5. Многоугольники.....	22
§ 6. Окружность.....	27
§ 7. Касательные.....	37
§ 8. Сопряжения.....	41
ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ .....	47
§ 9. Форматы (ГОСТ 2.301—68).....	47
§ 10. Масштабы (ГОСТ 2.302 – 68).....	51
§ 11. Линии чертежа (ГОСТ 2.303—68).....	57
§ 12. Шрифт (ГОСТ 2.304—81).....	65
§ 13. Размеры (ГОСТ 2.307 – 68).....	72
§ 14. Выполнение чертежа плоской детали.....	84
ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ .....	89
§ 15. Методы проецирования.....	89
§ 16. Ортогональные проекции точки.....	92
§ 17. Прямоугольные координаты точки.....	99
§ 18. Расположение точек в пространстве.....	104
§ 19. Проекции прямой линии.....	106
§ 20. Точка на прямой.....	111
§ 21. Взаимное расположение прямых.....	114
§ 22. Проекции плоскости.....	116
§ 23. Прямая и точка в плоскости.....	123
§ 24. Геометрические тела. Образование простейших поверхностей...	127
§ 25. Расположение тел относительно плоскостей проекций.....	134
§ 26. Призма.....	136
§ 27. Пирамида.....	139
§ 28. Цилиндр.....	142
§ 29. Конус.....	145
§ 30. Шар.....	147
§ 31. Количество проекций, определяющих форму тел.....	151
ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ .....	153
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	155
Русско-английский словарь.....	155
Русско-испанский словарь .....	160
Русско-французский словарь.....	166
ЛИТЕРАТУРА .....	172

Учебное издание

ЧЕРЧЕНИЕ. Учебно-методическое пособие  
для обучения иностранных студентов

Авторы-составители:

Александр Викторович Черников  
Алина Дмитриевна Бирина  
Вера Георгиевна Демьянова

*Кафедры инженерной и компьютерной графики,  
естественных и гуманитарных дисциплин,  
педагогики и языковой подготовки.*

Авторская редакция

Компьютерная верстка,  
оформление оригинал-макета  
*А. В. Черников*

Ответственный за выпуск  
*А. А. Медолазов*

Підписано до друку \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2007 р.  
Формат 60x90/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman  
Друк RISO. Умовн. друк. арк. 14.4 Обл.-вид. арк. 15.7  
Замовлення № \_\_\_\_ /07 Тираж 200 прим. Ціна договірна

---

---

Видавництво ХНАДУ, 61002, м. Харків-МСП, вул. Петровського, 25

---

---

*Свідоцтво державного комітету інформаційної політики, телебачення  
і радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців, виготівників та розповсюджувачів  
видавничої продукції, серія ДК № 897 від 17.04.2002 р.*