

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. Э. Бобровский

# **ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА**

**Электронный конспект лекций для студентов  
специальностей 1-48 01 02 «Химическая технология  
органических веществ, материалов и изделий»,  
1-57 01 03 «Биоэкология»**

Минск 2013

УДК 744+004.92(075.8)  
ББК 30.11+32.98я73  
Б72

Рассмотрен и рекомендован редакционно-издательским советом университета.

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой инженерной графики  
строительного профиля БНТУ *И. М. Шуберт*,  
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой  
технологий важнейших отраслей промышленности  
*М. В. Самойлов*

**Бобровский, С. Э.**

Б72 Инженерная и машинная графика : электронный конспект лекций для студентов специальностей 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий», 1-57 01 03 «Биоэкология» / С. Э. Бобровский. – Минск : БГТУ, 2013. – 70 с.

Электронный конспект лекций содержит изложение курса по дисциплине инженерная и машинная графика. Материал дан в соответствии с учебной программой по дисциплине для студентов специальностей 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий», 1-57 01 03 «Биоэкология».

Для студентов вузов очной и заочной форм обучения.

УДК 744+004.92(075.8)  
ББК 30.11+32.98я73

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2013  
© Бобровский С. Э., 2013

---

---

**Лекция 1**  
**ПРЕДМЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ.**  
**ЦЕНТРАЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОЕКЦИРОВАНИЕ.**  
**ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПРЯМОУГОЛЬНОГО**  
**ПРОЕКЦИРОВАНИЯ. ТОЧКА, ПРЯМАЯ И ПЛОСКОСТЬ**  
**НА ЭПЮРЕ МОНЖА**

---

---

### 1.1. Введение

Инженерная графика представляет собой учебную дисциплину, изучающую вопросы изображения предмета на плоскости.

Основные цели инженерной графики следующие:

1) ознакомление с теоретическими основами построения изображения точек, прямых, плоскостей и отдельных видов линий и поверхностей, включая аксонометрические проекции;

2) ознакомление с решением задач на взаимную принадлежность и взаимное пересечение геометрических фигур, а так же на определение натуральной величины отдельных геометрических фигур;

3) изучение способов построения изображений (включая прямоугольные изометрическую и диметрическую проекции) простых предметов и относящихся к ним условностей в стандартах ЕСКД;

4) выработка умения определять геометрические формы простых деталей по их изображениям и умения выполнять эти изображения (с натуры и по чертежу сборочной единицы);

5) ознакомление с изображением основных видов соединений деталей;

6) совершенствование умения читать чертежи сборочных единиц и 10–15 простых деталей, а также умение выполнять эти чертежи, учитывая требования стандартов ЕСКД.

Впервые общие правила построения изображения предметов на плоскости были сформулированы в конце XVIII в. французским ученым Гаспаром Монжем. Далее эти правила были развиты и на их основе создана техническая дисциплина инженерная графика. Занятия по инженерной графике развивают способность к пространственному воображению. Изучение этой технической дисциплины только тогда дает наилучшие результаты, когда студент хорошо представляет себе в пространстве все геометрические построения, которые он производит на бумаге.

Знания, умения и навыки, приобретенные в курсе инженерной графики, необходимы для изучения общепринятых и специальных технических дисциплин, а также в последующей инженерной деятельности. В наше время нелегко отыскать вид человеческой деятельности, где бы не приходилось прибегать к помощи чертежей.

«Черчение является языком техники» – говорил один из создателей начертательной геометрии Гаспар Монж.

Овладение чертежом как средством выражения технической мысли и как производственным документом происходит на протяжении всего процесса обучения в вузе. Этот процесс начинается с изучения инженерной графики, а затем развивается и закрепляется в ряде общеинженерных и специальных дисциплин, а также при выполнении курсовых работ и дипломного проекта.

## **1.2. Методы проецирования**

Изображения, с которыми приходится встречаться в науке, искусстве и других областях, отличаются большим разнообразием, вследствие чего и требования, предъявляемые к ним, различны. Если в картинах и рисунках основным требованием является наглядность, то в технических изображениях она обычно отступает на второй план, главным требованием является возможность получить по изображению точное представление о форме и размерах предмета.

Однако, независимо от требований, предъявляемых к изображению, в основе всех методов изображения положен единый принцип построения – метод проекций. Сущность его заключается в том, что предмет (объект) изображается, или, как говорят, проецируется на плоскость, с помощью пучка прямых линий.

Существует два способа (метода) проецирования: центральный и параллельный.

### **1.2.1. Центральное проецирование**

Задана плоскость проекций  $\pi$  (рис. 1.1).

На рис. 1.1  $S$  – центр проецирования;  $SA$ ,  $SB$ ,  $SC$  – проецирующие лучи;  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $C_0$  – проекции точек.

Под проекцией данного пространственного предмета следует понимать множество проекций всех его точек, поскольку каждый предмет можно рассматривать, как фигуру, состоящую из множества отдельных точек. Однако для построения проекции какой-либо фигуры

нет необходимости проецировать все ее точки, достаточно спроецировать наиболее характерные.

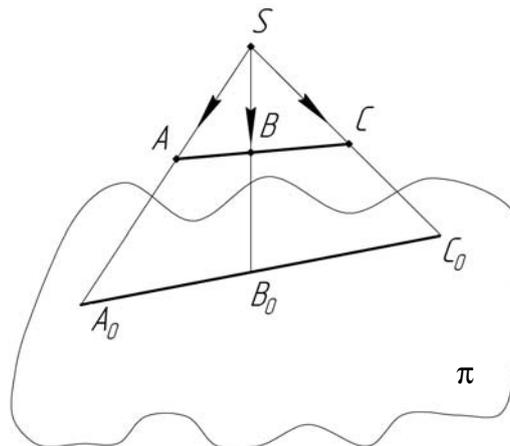


Рис. 1.1

Описанный процесс получения изображения составляет сущность способа центрального проецирования.

### ***Свойства центрального проецирования***

1. При заданной плоскости проекций  $\pi$  и выбранном центре проецирования  $S$  каждая точка пространства (за исключением точки  $S$ ) имеет единственную свою проекцию, т. к. через заданную точку и выбранный центр можно провести только одну проецирующую прямую.

2. Проекцией прямой в общем случае является прямая. Плоскость, определяемая точкой  $S$  и прямой  $AB$ , пересекает плоскость  $\pi$  по прямой  $A_0B_0$ . (рис. 1.1).

3. Если точка  $C$  принадлежит отрезку  $AB$ , то  $C_0$  принадлежит отрезку  $A_0B_0$ . Если прямая проходит через центр  $S$ , то она проецируется в точку.

### **1.2.2. Параллельное проецирование**

Если центр проецирования удалить в бесконечность, то в этом случае лучи параллельны друг другу. Такое проецирование называют параллельным.

Задаваясь плоскостью проекций  $\pi$  и каким-либо направлением  $S$ , проведем через данные точки  $A, B, C$  проецирующие прямые линии, параллельные направлению  $S$ , и найдем точки  $A_0, B_0, C_0$  пересечения прямых с плоскостью проекций  $\pi$ , их называют параллельными проекциями точек  $A, B, C$ . (Параллельное проецирование можно рассматривать как частный случай центрального проецирования.)

Задана плоскость проекций  $\pi$  (рис. 1.2).

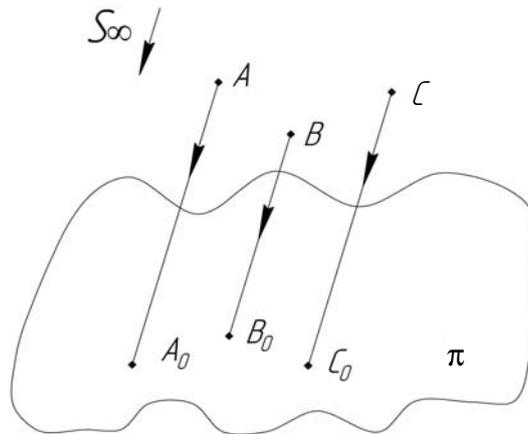


Рис. 1.2

На рис. 1.2  $SA, SB, SC$  – проецирующие лучи;  $A_0, B_0, C_0$  – проекции точек.

**Свойства параллельного проецирования.** Рассмотрим их без доказательств.

1. Каждая точка пространства или прямая в пространстве имеют единственные свои проекции на определенной плоскости.

2. Если точка принадлежит прямой, то и проекция точки принадлежит проекции прямой.

3. Отношение отрезков прямой равно отношению их проекций, т. е.  $AB / BC = A_0B_0 / B_0C_0$ .

4. Если прямая параллельна направлению проецирования, то проекцией прямой (и любого ее отрезка) является точка.

5. Если прямые в пространстве параллельны, то их проекции также параллельны (рис. 1.3).

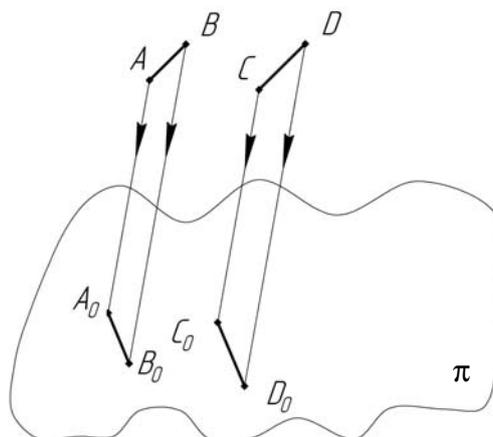


Рис. 1.3

6. Отношение отрезков прямой равно отношению проекций этих отрезков на плоскость  $\pi$  (рис. 1.4).

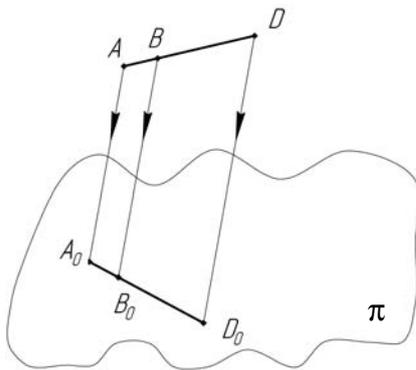


Рис. 1.4

В зависимости от направления проецирующих лучей параллельное проецирование может быть прямоугольным, если проецирующие лучи составляют с плоскостью проекций прямой угол, и косоугольным, если угол между направлением проецирования и плоскостью проекций отличен от прямого.

На практике наибольшее применение имеет способ параллельного, а в частности метода прямоугольного, проецирования. Он обладает рядом преимуществ, заключающихся в простоте и точности построений и удобстве измерений.

### 1.2.3. Прямоугольное проецирование

Если направление проецирования перпендикулярно плоскости  $\pi$ , то получаемые при этом проекции называют прямоугольными или ортогональными (рис. 1.5).

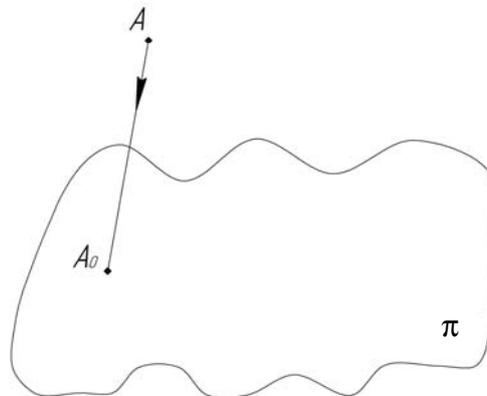


Рис. 1.5

Свойства прямоугольного проецирования такие, как и свойства параллельного проецирования.

### 1.3. Обратимость чертежа. Образование эюра

Чертеж, особенно технический, должен быть обратимым, т. е. должен давать возможность определять положение любой точки

предмета либо относительно плоскости проекций, либо относительно любой другой заданной точки. Это значит, что каждая точка, заданная на изображении, должна определять единственную точку изображенного объекта. Если обратиться к рассмотренным ранее чертежам, то не трудно заметить, что проекция  $A_0$  может рассматриваться как проекция точек  $A_1, A_2, A_3$  и т. д., лежащих на проецирующей прямой. Поэтому полученное изображение не может нас удовлетворить, т. к. оно не определяет положение точки  $A$  относительно плоскости проекций  $\pi$ , т. е. не обладает обратимостью (рис. 1.6).

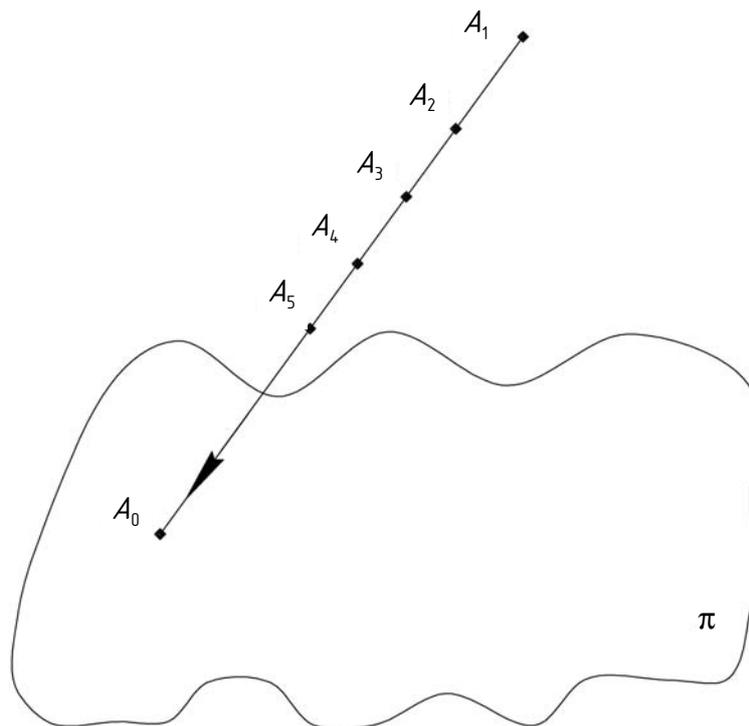


Рис. 1.6

Поэтому проецирование производится на три плоскости проекций.

Возьмем в пространстве три взаимно перпендикулярные плоскости. Две из плоскостей выбираются вертикально и называются вертикальными плоскостями проекций (фронтальной ( $\pi_2$ ) и профильной ( $\pi_3$ )). Третья плоскость, проводимая горизонтально, называется горизонтальной плоскостью проекций и обозначается  $\pi_1$ . Плоскость  $\pi_2$  пересекается с плоскостью  $\pi_1$  по прямой линии  $O_x$ , плоскость  $\pi_3$  пересекается с плоскостью  $\pi_1$  по прямой линии  $O_y$ , плоскость  $\pi_2$  пересекается с плоскостью  $\pi_3$  по прямой линии  $O_z$  (рис. 1.7).

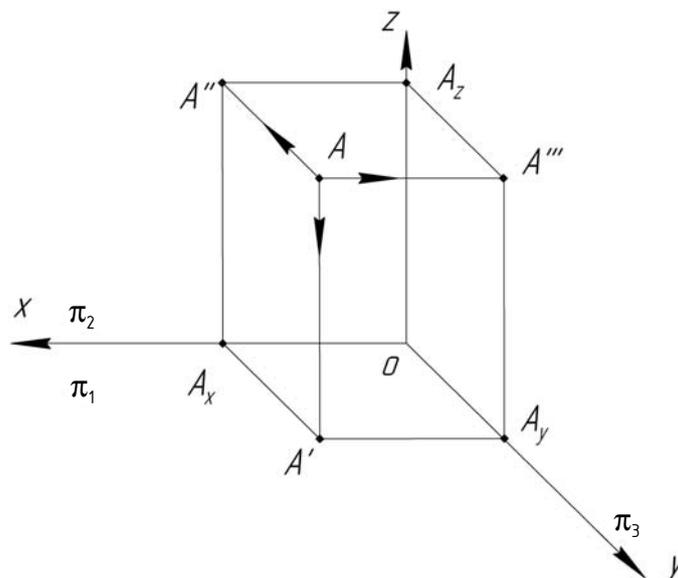


Рис. 1.7

Зададимся теперь пространственной точкой  $A$  и ее горизонтальной проекцией  $A'$ . Для получения фронтальной проекции (точка  $A''$ ) сделаем на пространственном чертеже следующие построения. Проведем из точки  $A'$  в плоскость  $\pi_2$  перпендикуляр и отметим вспомогательную точку  $A_x$ . Фронтальную проекцию  $A''$  получим, если в плоскости  $\pi_2$  проведем из точки  $A$  перпендикуляр и отложим на нем отрезок  $AA''$ , равный  $A'A_x$ . Проведем из точки  $A$  перпендикуляр на плоскость  $\pi_3$  и отложим на нем отрезок  $AA'''$ , равный  $A'A_y$ . Точки  $A'$ ,  $A''$ ,  $A'''$  – ортогональные проекции точки  $A$ .

Условимся в дальнейшем проецируемые точки, расположенные в пространстве, обозначать прописными буквами латинского алфавита –  $A, B, C, D$  и т. д., их горизонтальные проекции соответственно –  $A', B', C', D'$  и т. д., фронтальные проекции –  $A'', B'', C'', D''$  и т. д., профильные проекции –  $A''', B''', C''', D'''$  и т. д.

При проецировании точки и других геометрических образов по методу ортогональных проекций условимся, что зритель находится в 1-й четверти, стоит на плоскости  $\pi_1$ , смотрит на плоскость  $\pi_2$  и справа от него плоскость  $\pi_3$ .

#### 1.4. Проецирование точки на три плоскости проекций

Три взаимно перпендикулярные плоскости проекций называются координатными плоскостями. Координатные плоскости пересекаются по трем взаимно перпендикулярным (направлениям) прямым, которые

называются осями координат и обозначаются буквами  $O_x$ ,  $O_y$ ,  $O_z$ . Точка  $O$  – начало координат (рис. 1.8).

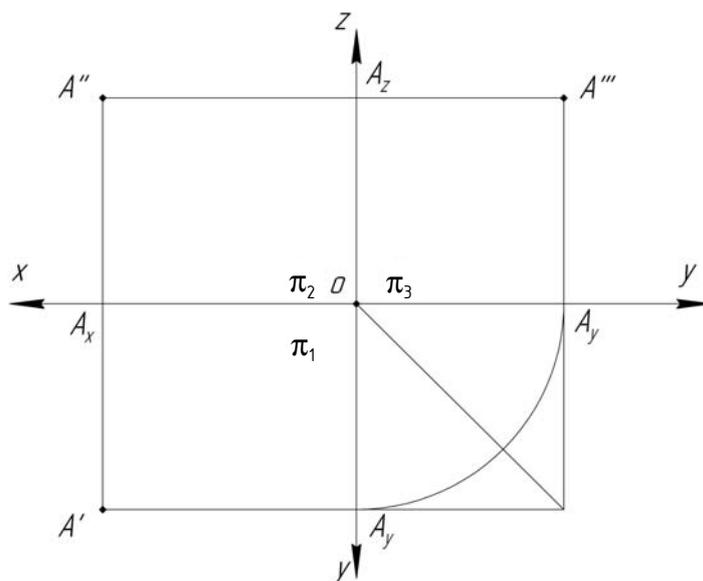


Рис. 1.8

Спроецировав точку  $A$  на три плоскости проекций, получим на плоскости  $\pi_1$  ее горизонтальную проекцию  $A'$ , на  $\pi_2$  – фронтальную проекцию  $A''$  и на  $\pi_3$  – профильную проекцию  $A'''$ .  $A_x$  – абсцисса точки  $A$ ,  $A_y$  – ордината точки  $A$ ,  $A_z$  – аппликата точки  $A$ .

Проецирующие лучи и их проекции образуют параллелепипед координат данной точки  $A$ . Очевидно, чтобы построить точку в пространстве не обязательно строить весь параллелепипед координат. Достаточно построить только три его ребра, образующих координатную ломанную линию.

Чтобы перейти к плоскому изображению, мысленно удалим точку  $A$ , вместе с проецирующими лучами. Вращая плоскость  $\pi_1$  вниз вокруг оси  $O_x$  и плоскость  $\pi_3$  вокруг оси  $O_z$  до совмещения с плоскостью  $\pi_2$ , получим эпюр точки  $A$ . При этом ось  $O_y$  как бы раздваивается (рис. 1.8).

Имея на эюре проекции точки  $A'$  и  $A''$ , профильную проекцию находим следующим образом. Из  $A'$  проводим перпендикуляр на ось  $O_y$  и получим точку  $A_y$ ; радиусом  $OA_y$  описываем дугу до пересечения с новым положением оси  $O_y$  (горизонтальной), из полученной точки пересечения восстанавливаем перпендикуляр к оси  $O_y$  до пересечения с горизонтальной линией связи, проходящей через точку  $A''$ .

Выбрав величину в масштабных единицах, построим проекции точки по заданным численным значениям координат:  $A_x = 35$ ,  $A_y = 45$ ,  $A_z = 50$ . Эпюр точки  $A(35; 45; 50)$  представлен на рис. 1.9.

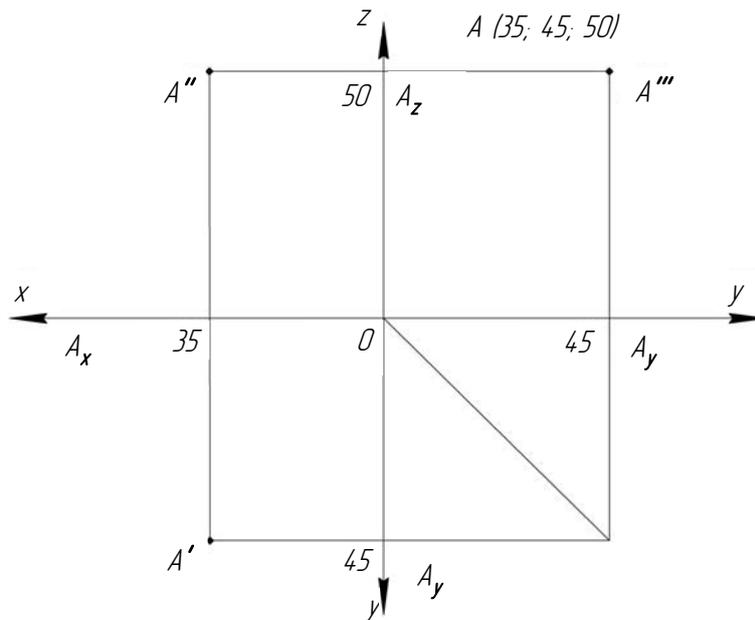


Рис. 1.9

### 1.5. Проекция прямой линии

Чтобы получить проекцию прямой линии, достаточно спроецировать две ее точки, т. к. в общем случае проекцией прямой является прямая (рис. 1.10).

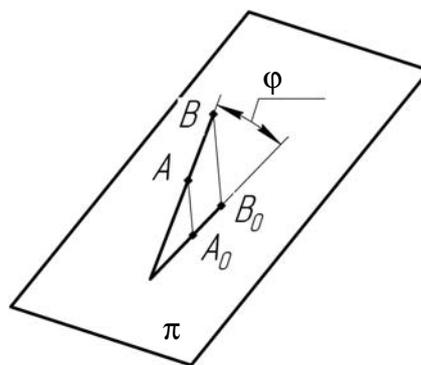


Рис. 1.10

Возьмем на прямой две точки  $A$  и  $B$  и спроецируем их на плоскость  $\pi$ . Проекции  $A_0$  и  $B_0$  определяют прямую, которую можно рассматривать как линию пересечения плоскости  $\pi$  с плоскостью, определяемой прямой  $AB$  и проецирующими лучами  $AA_0$  и  $BB_0$ . Прямая  $AB$  – прямая общего положения, т. к. наклонена ко всем плоскостям проекций. Из построений очевидно, что проекция прямой общего поло-

жения всегда меньше натуральной величины. На эюре проекцию прямой задают проекциями двух лежащих на ней точек. Причем двух проекций достаточно для определения прямой, т. к. если через эти проекции провести проецирующие плоскости к соответствующим плоскостям проекции, то эти плоскости пересекутся между собой по линии, определяющей положение прямой  $AB$  в пространстве.

## 1.6. Прямые частного положения

Прямые частного положения – прямые, которые параллельны или перпендикулярны одной из плоскостей проекций.

### 1.6.1. Горизонтальная прямая

Прямая  $AB$  параллельна  $\pi_1$  – высота или уровень всех ее точек одинаковы, поэтому фронтальная ее проекция параллельна оси  $x$  ( $O_x$ ), что является графическим признаком на эюре (рис. 1.11).

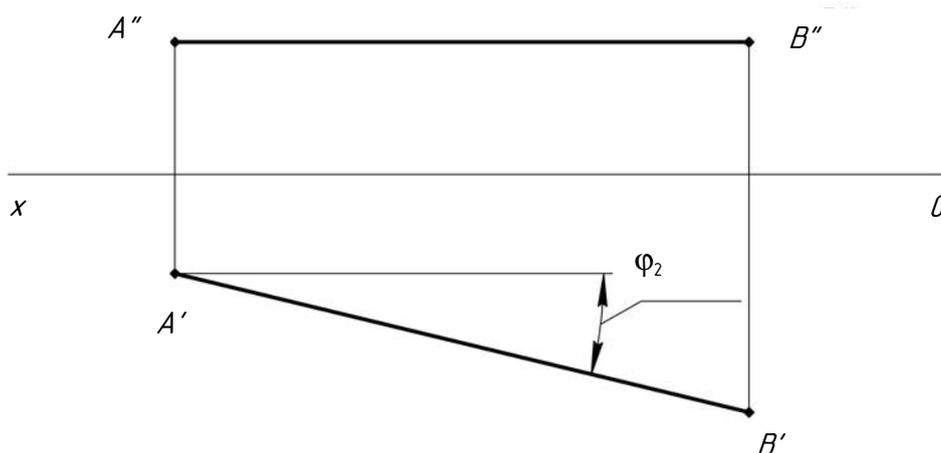


Рис. 1.11

На рис. 1.11  $\varphi_2$  – это угол наклона прямой  $AB$  к плоскости  $\pi_2$ .

Такую линию называют линией уровня или горизонтальной прямой (горизонталью).

### 1.6.2. Фронтальная прямая

Прямая  $CD$ , параллельная  $\pi_2$ , – фронтальная линия или фронтальная прямая, фронталь (рис. 1.12).

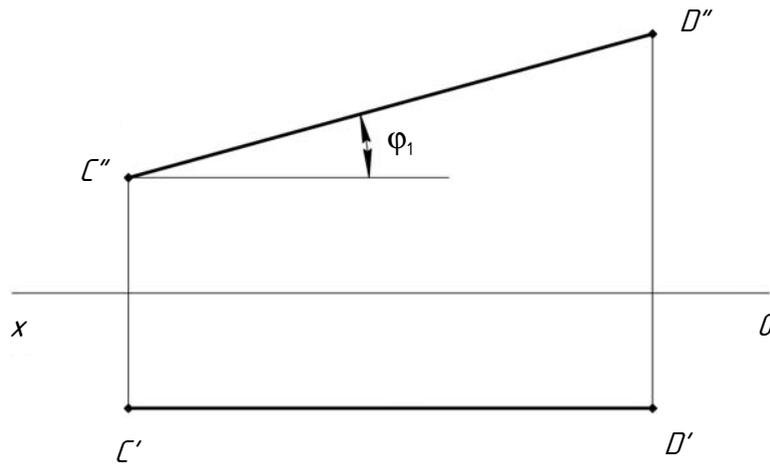


Рис. 1.12

На рис. 1.12  $\varphi_1$  – это угол наклона прямой  $CD$  к плоскости  $\pi_1$ .

### 1.6.3. Профильная прямая

Прямая  $EF$ , параллельная  $\pi_3$ , называется профильной прямой (рис. 1.13).

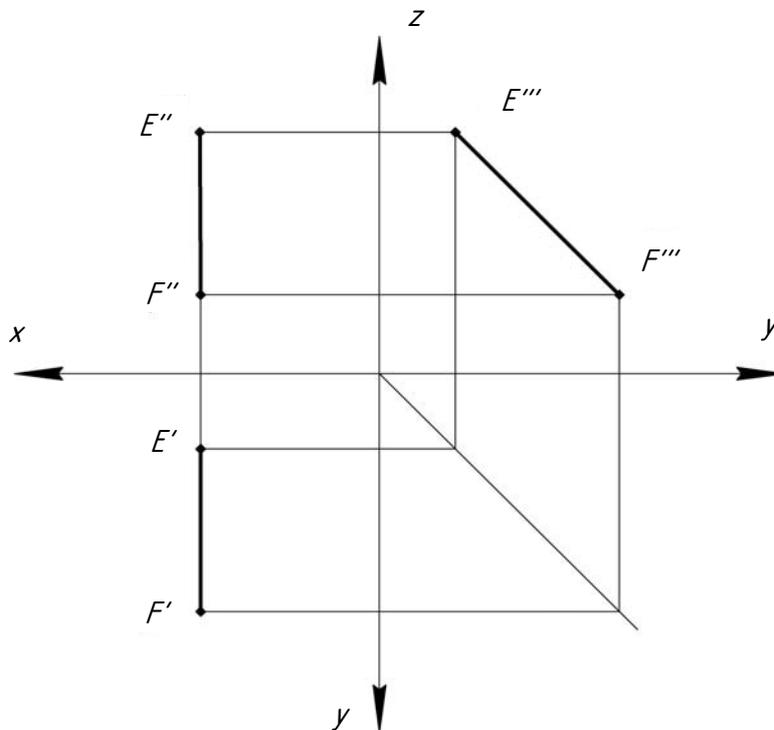


Рис. 1.13

### 1.6.4. Горизонтально-проецирующая прямая

Горизонтально-проецирующая прямая – это прямая, которая на  $\pi_1$  проецируется в точку (рис. 1.14).

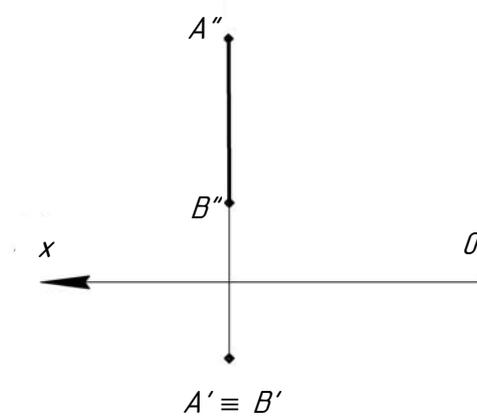


Рис. 1.14

### 1.6.5. Фронтально-проецирующая прямая

Фронтально-проецирующая прямая – это прямая, которая на  $\pi_2$  проецируется в точку (рис. 1.15).

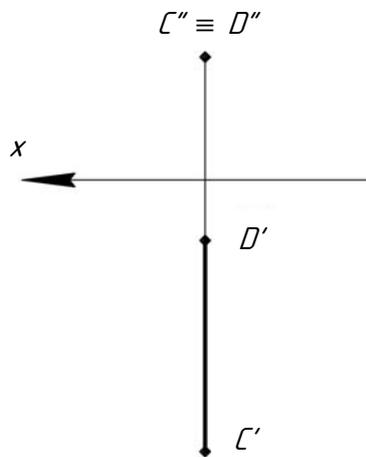


Рис. 1.15

### 1.6.6. Профильно-проецирующая прямая

Профильно-проецирующая прямая – это прямая, которая на  $\pi_3$  проецируется в точку (рис. 1.16).

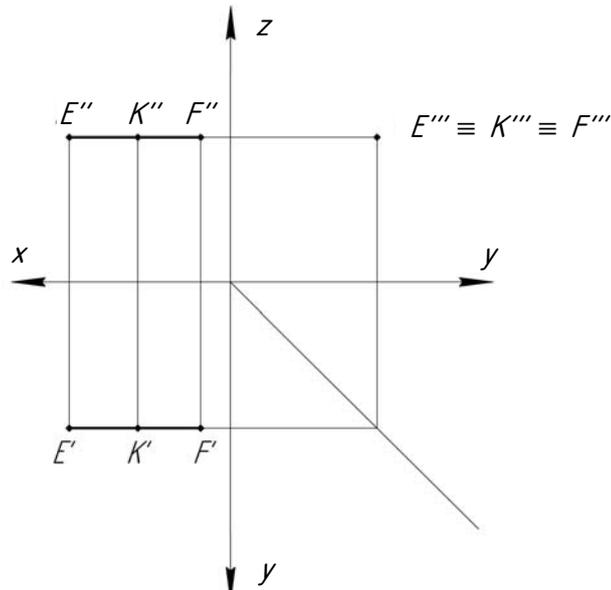


Рис. 1.16

### 1.7. Плоскости общего положения

Плоскость, не параллельную и не перпендикулярную ни к одной из плоскостей проекции, называют плоскостью общего положения.

### 1.8. Плоскости частного положения

Плоскости, параллельные или перпендикулярные плоскостям проекции, называют плоскостями частного положения. К ним относят: плоскости уровня и проецирующие плоскости. Плоскости, параллельные (перпендикулярные к двум плоскостям) плоскостям проекции, называют плоскостями уровня. Различают горизонтальную (параллельно  $\pi_1$ ), фронтальную (параллельно  $\pi_2$ ) и профильную (параллельно  $\pi_3$ ) плоскости уровня.

#### 1.8.1. Горизонтальная плоскость

Плоскость  $\alpha$ , параллельная плоскости  $\pi_1$ , – это горизонтальная плоскость. Горизонтальная плоскость обладает свойствами фронтально-проецирующей и профильно-проецирующей плоскостей. Она имеет два следа проекции, из которых фронтальный направлен параллельно оси  $O_x$ , профильный – параллельно  $O_y$  (рис. 1.17). Следами плоскости называются линии пересечения данной плоскости с плоскостями проекций.

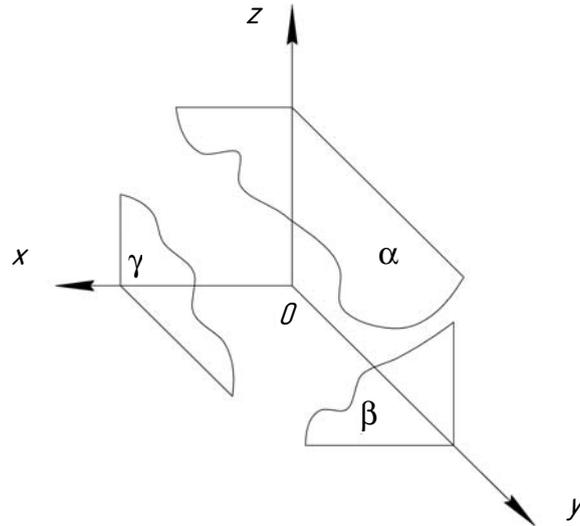


Рис. 1.17

### 1.8.2. Фронтальная плоскость

Плоскость  $\beta$ , параллельная плоскости  $\pi_2$ , – это фронтальная плоскость. Фронтальная плоскость обладает свойствами горизонтально-проецирующей и профильно-проецирующей плоскостей. Она имеет два следа проекции, из которых горизонтальный направлен параллельно оси  $O_x$ , профильный – параллельно  $O_z$  (рис 1.17).

### 1.8.3. Профильная плоскость

Плоскость  $\gamma$ , параллельная плоскости  $\pi_3$ , – это профильная плоскость. Профильная плоскость обладает свойствами горизонтально-проецирующей и фронтально-проецирующей плоскостей. Она имеет два следа проекции, из которых фронтальный направлен параллельно оси  $O_z$ , горизонтальный – параллельно  $O_y$  (рис 1.17).

### 1.8.4. Горизонтально-проецирующая плоскость

Плоскости, перпендикулярные плоскостям проекции, называют проецирующими. Горизонтально-проецирующая плоскость перпендикулярна  $\pi_1$ . Если плоскость  $\sigma$  (рис. 1.18) задана следами, то в этом случае вертикальный след  $\sigma''$  перпендикулярен  $O_x$ , а горизонтальный след  $\sigma'$  расположен к оси  $O_x$  под некоторым углом. Этот угол на эпюре проецируется на плоскость  $\pi_1$  в натуральную величину и характеризует угол наклона плоскости  $\sigma$  к плоскости  $\pi_2$ .

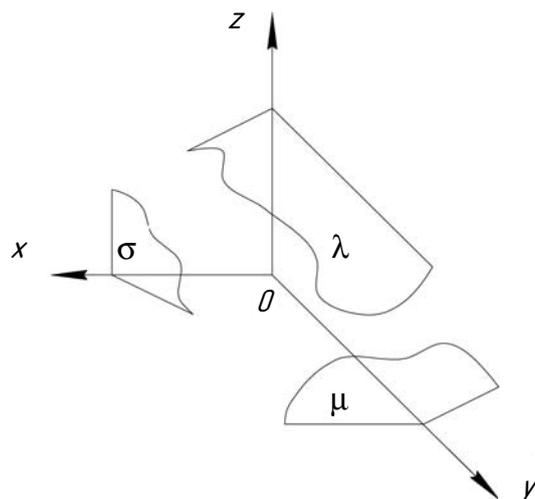


Рис. 1.18

Характерным для проецирующих плоскостей является то, что геометрические образы, лежащие в них, проецируются в линию на ту плоскость проекций, к которой они перпендикулярны.

### 1.8.5. Фронтально-проецирующая плоскость

Фронтально-проецирующая плоскость перпендикулярна  $\pi_2$ . Если плоскость  $\lambda$  (рис. 1.18) задана следами, то в этом случае профильный след  $\lambda'''$  перпендикулярен  $O_z$ , а фронтальный след  $\lambda''$  расположен к оси  $O_z$  под некоторым углом. Этот угол на эюре проецируется на плоскость  $\pi_2$  в натуральную величину и характеризует угол наклона плоскости  $\lambda$  к плоскости  $\pi_3$ .

### 1.8.6. Профильно-проецирующая плоскость

Профильно-проецирующая плоскость перпендикулярна  $\pi_3$ . Если плоскость  $\mu$  (рис. 1.18) задана следами, то в этом случае горизонтальный след  $\mu'$  перпендикулярен  $O_y$ , а профильный след  $\mu'''$  расположен к оси  $O_y$  под некоторым углом. Этот угол на эюре проецируется на плоскость  $\pi_3$  в натуральную величину и характеризует угол наклона плоскости  $\mu$  к плоскости  $\pi_2$ .

---

---

**Лекция 2**  
**ПОВЕРХНОСТИ. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ**  
**ПОВЕРХНОСТЕЙ. ГРАННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ.**  
**ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ. ТОЧКИ И ЛИНИИ**  
**НА ПОВЕРХНОСТЯХ**

---

---

**2.1. Поверхности. Способы их задания**

Поверхности – это множество всех последовательных положений некоторых линий. Движущаяся линия в этом случае называется образующей поверхности, а линии, определяющие закон ее движения – направляющими.

Пример изображения поверхности с образующей  $S_1S_2$  и направляющей  $AB$  приведен на рис. 2.1.

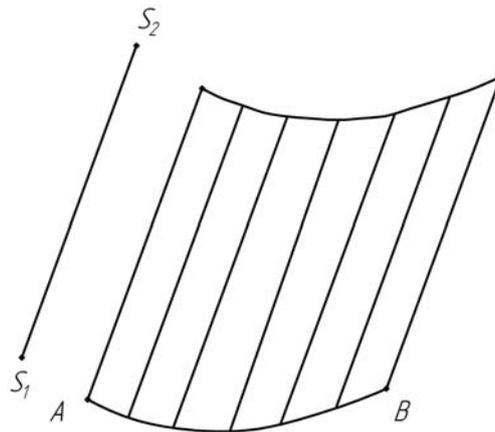


Рис. 2.1

Пример изображения поверхности с направляющей  $AB$  и образующей, одна точка которой неподвижна, приведен на рис. 2.2.

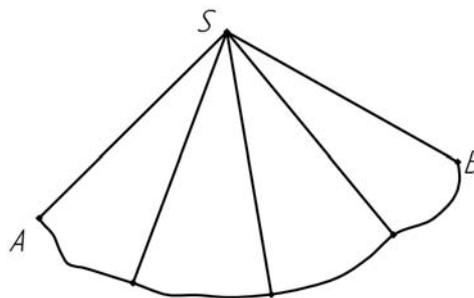


Рис. 2.2

## 2.2. Гранные поверхности

Гранные поверхности – поверхности, образованные перемещением прямолинейной образующей по ломаной линии (рис. 2.3).

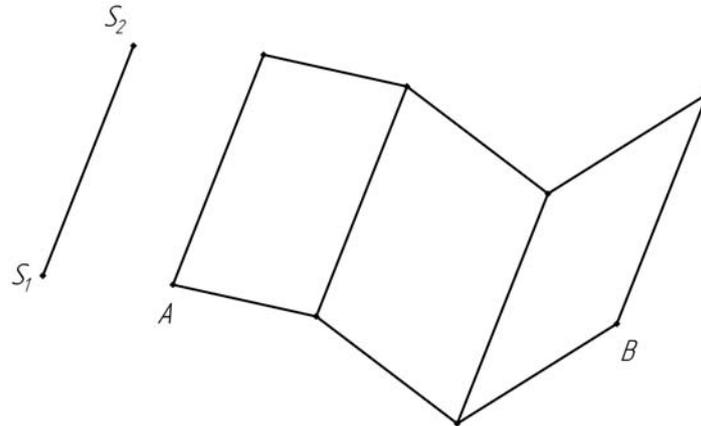


Рис. 2.3

Многогранниками называются замкнутые пространственные фигуры, ограниченные плоскими многоугольниками (гранями). Линии пересечения граней называются ребрами, а точки пересечения ребер называются вершинами многогранника. Изображение на чертеже сводится к изображению ребер, т. е. линий пересечения граней, и вершин – точек пересечения ребер.

Пример изображения поверхности с направляющей  $AB$  и образующей, одна точка которой неподвижна, представлен на рис. 2.4.

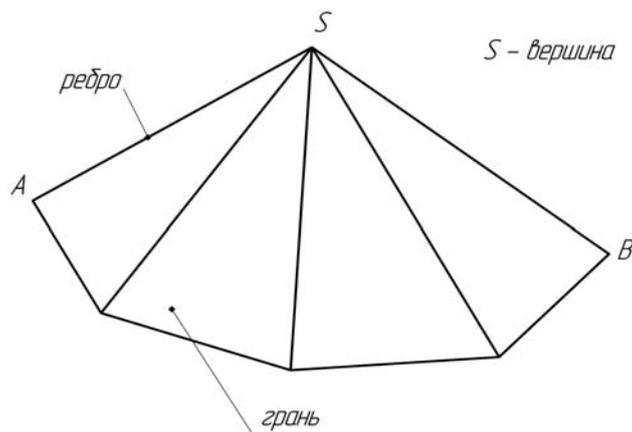


Рис. 2.4

Наибольший практический интерес представляют призмы и пирамиды.

При решении задач на построение линий пересечения поверхностей простых геометрических тел из элементов, которые состоят из более сложных предметов и деталей машин, важно уметь находить проекции отдельных точек, лежащих на поверхности тела.

### 2.2.1. Призма

Призма – многогранник, две грани которого равные многоугольники, а остальные грани (принадлежащие боковой поверхности призмы) – четырехугольники (рис. 2.5).

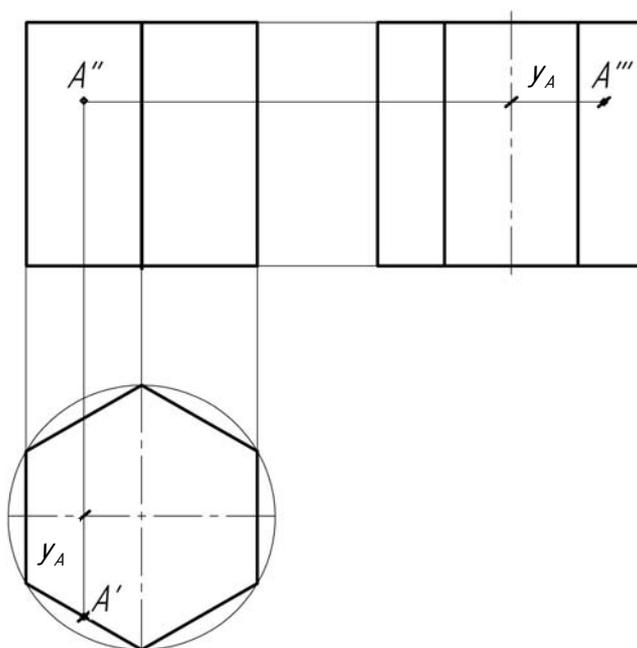


Рис. 2.5

На поверхности боковой грани шестиугольной правильной призмы изображена точка  $A''$  (видимая). Т. к. боковые грани находятся в горизонтально-проецирующих плоскостях, то на горизонтально плоскость проекций точки ( $A'$ ) проецируются на линию, в которую проецируется соответствующая грань. Профильная проекция точки  $A'''$  построена по горизонтальной и фронтальной проекциям.

### 2.2.2. Пирамида

Пирамида – многогранник, одна грань которого многоугольник со сколь угодно большим числом сторон, а остальные грани – треугольники с общей вершиной (рис. 2.6).

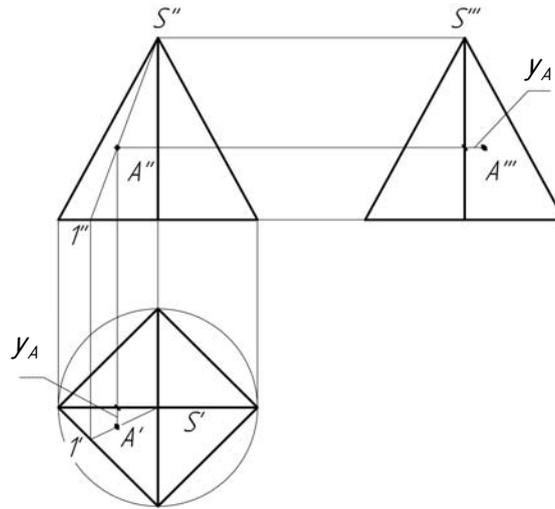


Рис. 2.6

На боковой грани пирамиды изображена точка  $A''$  (видимая). Поскольку грани пирамиды расположены наклонно ко всем плоскостям проекции (т. е. плоскостям общего положения), то для определения горизонтальной проекции точки  $A'$  используют вспомогательную линию. Соединяя вершину ( $S''$ ) с точкой  $A''$  до основания получим точку  $I''$ . Профильная проекция точки  $A'''$  построена по горизонтальной и фронтальной проекциям.

### 2.3. Поверхности вращения

Поверхностью вращения называется поверхность, которая образуется произвольной кривой или прямой линией при ее вращении вокруг неподвижной оси.

Поверхности вращения получили самое широкое применение в технике, благодаря распространенности вращательного движения и простоте обработки поверхности вращения (рис. 2.7).

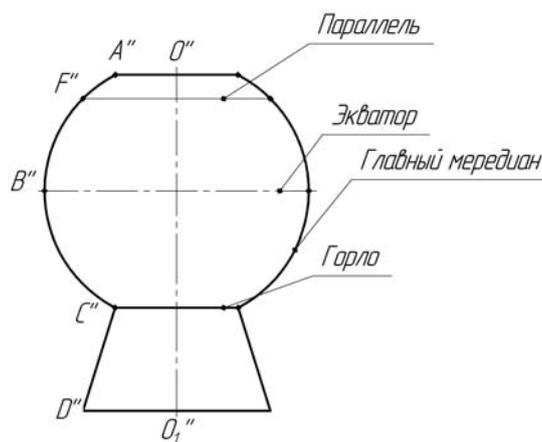


Рис. 2.7

Каждая точка образующей вокруг оси вращения ( $O''$ ,  $O_1''$ ) описывает окружность с центром на оси вращения. Эти окружности называются параллелями. Наибольшую параллель называют экватором, наименьшую – горлом.

Кривые, получающиеся в сечении тела вращения плоскостями, проходящими через ось вращения, называются меридианами. Меридиан, параллельный фронтальной плоскости проекции, называют главным меридианом ( $O''$ ,  $A''$ ,  $F''$ ,  $B''$ ,  $C''$ ,  $D''$ ,  $O_1''$ ).

На чертеже ось вращения поверхности располагают перпендикулярно к одной из плоскостей проекций (чаще горизонтальной), тогда все параллели проецируются на эту плоскость в истинную величину, причем экватор и горло определяют горизонтальный очерк поверхности.

Фронтальным очерком такой поверхности будет меридиан, расположенный во фронтальной плоскости проекции, т. е. главный меридиан.

Точки на поверхности тела вращения строят при помощи параллелей.

### 2.3.1. Цилиндр

Цилиндрическая поверхность образуется перемещением образующей ( $LM$ ), сохраняющей во всех своих положениях параллельность некоторой заданной прямой (окружность) и проходящей последовательно через все точки кривой направляющей (рис. 2.8).

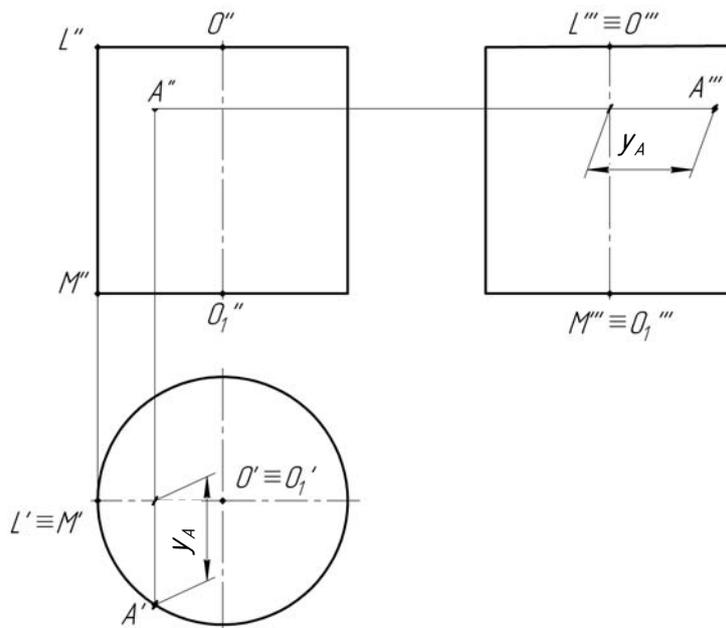


Рис. 2.8

### 2.3.2. Конус

Коническая поверхность образуется прямой линией, проходящей через некоторую неподвижную точку и последовательно через все точки кривой направляющей (окружности) (рис. 2.9).

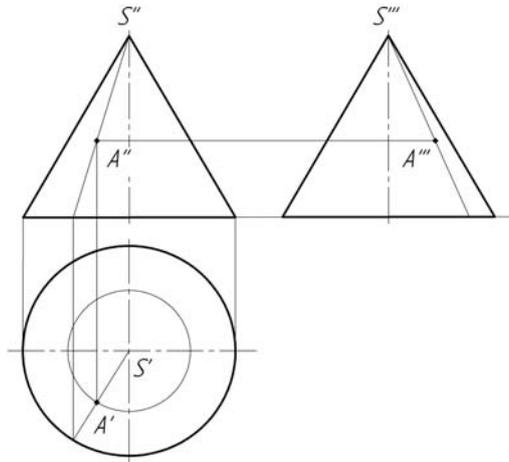


Рис. 2.9

Даны комплексный чертеж конуса и фронтальная проекция точки  $A''$  (видимая), принадлежащей боковой поверхности конуса. В качестве вспомогательной линии используем образующую  $SA$ . Сначала проводим ее фронтальную проекцию, затем горизонтальную и профильную. Проекция точки  $A$  лежат на одноименных проекциях образующих.

### 2.3.3. Сфера

Сфера – это поверхность, которая получается в результате вращения окружности вокруг своей оси (рис. 2.10).

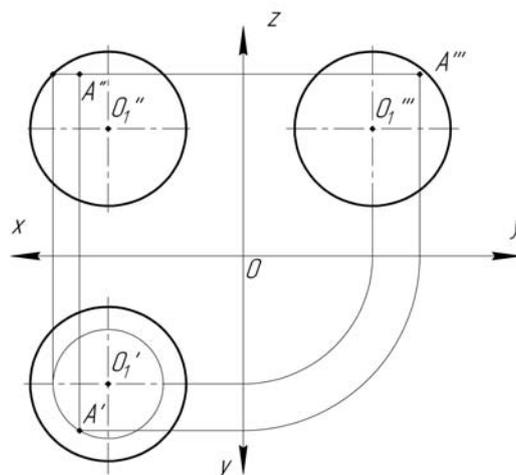


Рис. 2.10

### 2.3.4. Тор

Тор – поверхность, которая может быть получена вращением дуги вокруг оси не проходящей через центр и ось окружности (рис. 2.11).

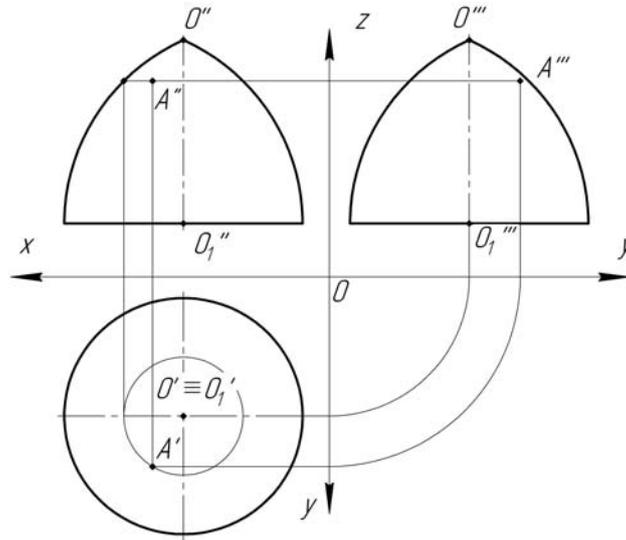


Рис. 2.11

### 2.4. Линии на поверхностях

Для построения линий на гранных поверхностях необходимо подписать характерные точки (на ребрах). Найти их проекции и соединить их последовательно (отрезками) на соответствующих проекциях.

Для построения линий на поверхностях вращения необходимо подписать характерные точки (на очерковых и осевых линиях). Между характерными точками подписать промежуточные точки. Найти проекции всех точек и соединить их последовательно (как правило, кривой линией) на соответствующих проекциях.

---

---

### Лекция 3

## ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ГРАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ И ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ

---

---

Фигура сечения многогранника – многоугольник, число сторон которого равно числу граней, пересекаемых плоскостью. Вершинами этого многоугольника являются точки пересечения ребер с секущей плоскостью, а сторонами – линии пересечения граней с секущей плоскостью.

При пересечении любой поверхности с плоскостью получается некоторого вида плоская фигура, называемая сечением.

#### Построение усеченной призмы

Рассмотрим пример построения усеченной прямой пятиугольной призмы фронтально-проецирующей плоскостью  $\alpha''$  (рис. 3.1).

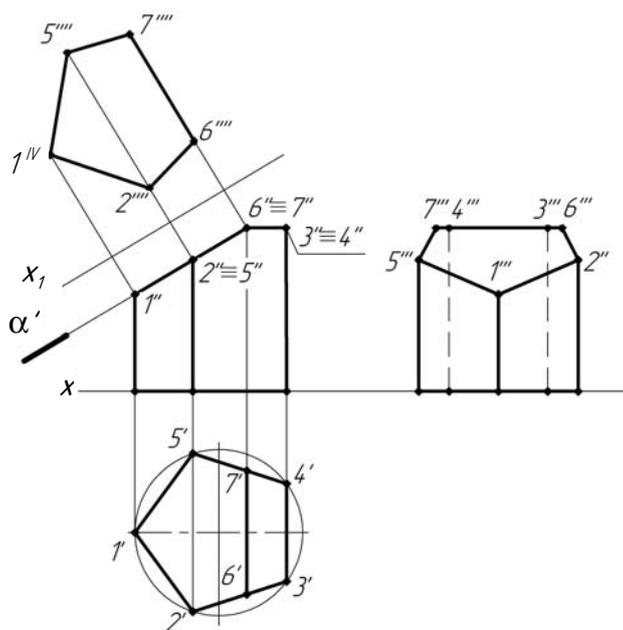


Рис. 3.1

Фронтальная проекция линии пересечения призмы с плоскостью  $\alpha$  совпадает с фронтальной проекцией  $\alpha''$  секущей плоскости ( $1''$ ,  $2''$ ,  $6''$ ,  $7''$ ,  $5''$ ), а горизонтальная – с горизонтальной проекцией основания призмы ( $1'$ ,  $2'$ ,  $6'$ ,  $7'$ ,  $5'$ ).

Профильная проекция линии сечения находится с помощью линии связи. Проведем линии связи из точек  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$ ,  $4'$ ,  $5'$ ,  $6'$ ,  $7'$  до пере-

сечения с профильными проекциями соответствующих ребер в точках  $1'''$ ,  $2'''$ ,  $3'''$ ,  $4'''$ ,  $5'''$ ,  $6'''$ ,  $7'''$ . Определим видимость ребер и обведем соответствующими линиями.

### Построение усеченной пирамиды

Рассмотрим пример построения проекции усеченной пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью  $\alpha''$  (рис. 3.2).

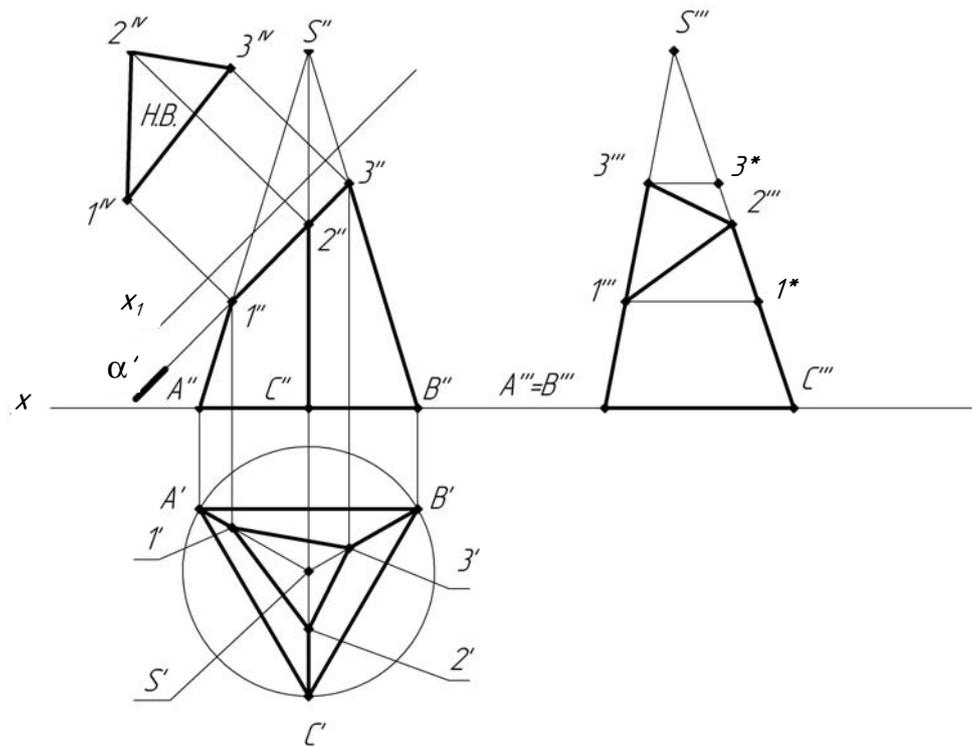


Рис. 3.2

Фронтальная проекция линии сечения совпадает с фронтальной проекцией  $\alpha''$  секущей плоскости. Горизонтальные и профильные проекции точек линии сечения находят с помощью линий связи, проведенных из точек  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$  до пересечения их с соответствующими горизонтальными и фронтальными проекциями ребер.

---

---

## Лекция 4

### ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ ПЛОСКОСТЬЮ. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ

---

---

#### 4.1. Усеченные поверхности вращения плоскостью частного положения

##### 4.1.1. Линии цилиндрических сечений

При пересечении цилиндра плоскостью (рис. 4.1):

- а) параллельной оси вращения – получается прямоугольник;
- б) перпендикулярной оси вращения – окружность;
- в) наклонной оси вращения – эллипс.

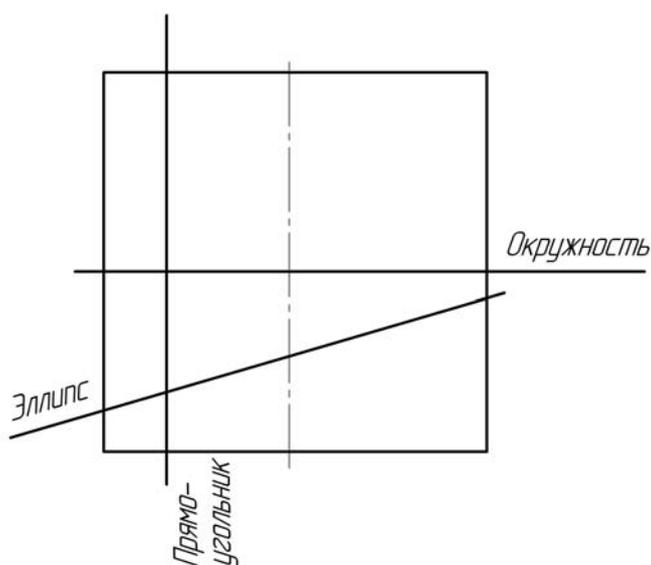


Рис. 4.1

Рассмотрим пример построения усеченного цилиндра фронтально-проецирующей плоскостью (рис. 4.2).

Фронтальная проекция линии сечения совпадает в этом случае со следом  $\alpha''$  секущей плоскости, а горизонтальная – с горизонтальной проекцией боковой поверхности цилиндра (окружностью).

Профильная проекция строится по 2-м имеющимся – горизонтальной и фронтальной – проекциям. Причем построение начинают с характерных точек линии сечения.

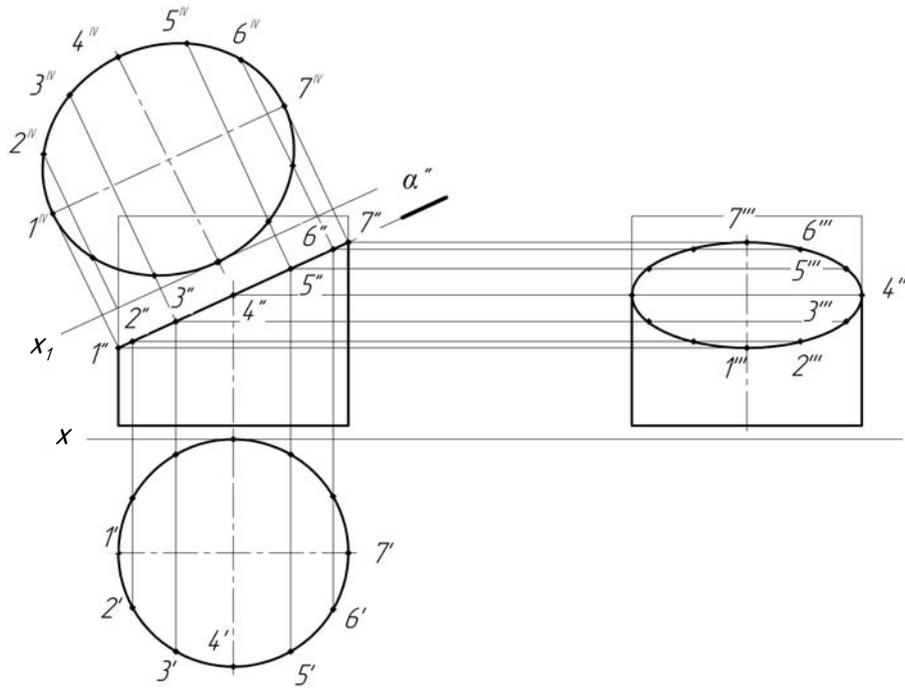


Рис. 4.2

Для облегчения построений можно провести ряд образующих на поверхности цилиндра, для чего делят его горизонтальную проекцию на 12 равных частей.

#### 4.1.2. Линии конических сечений

В зависимости от направления секущей плоскости в сечении конуса вращения могут получаться различные линии, называемые линиями конических сечений (рис. 4.3).

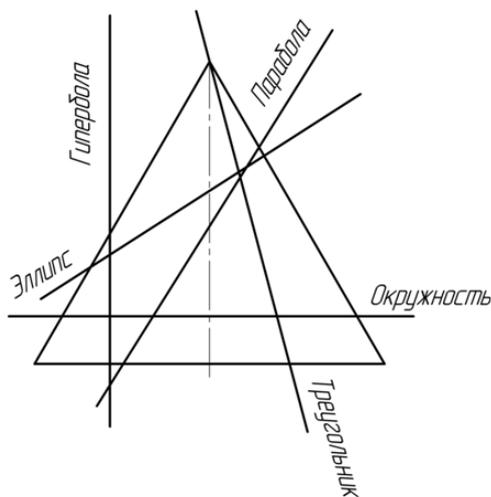


Рис. 4.3

Рассмотрим пример построения усеченного конуса фронтально-проецирующей плоскостью, когда в сечении получается эллипс (рис. 4.4).

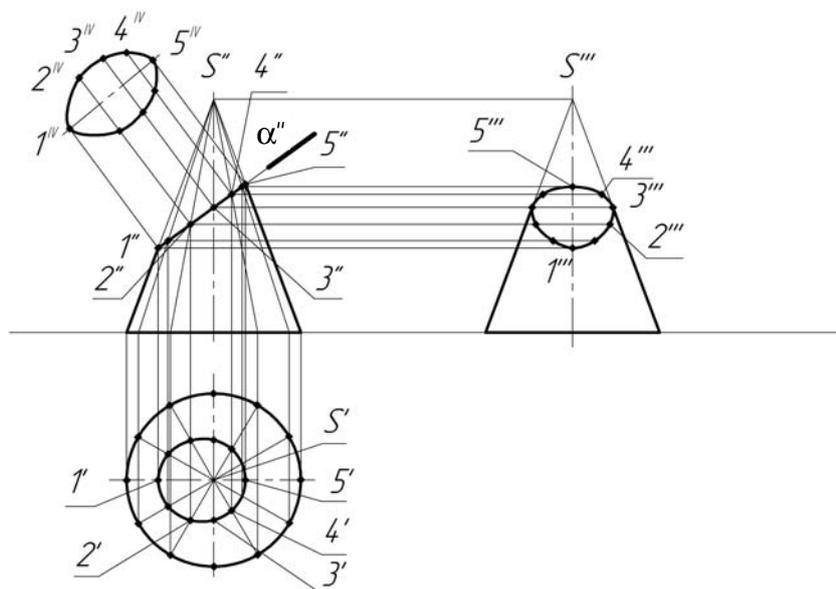


Рис. 4.4

Фронтальная проекция линии сечения совпадает с фронтальной проекцией плоскости  $\alpha''$ . Две другие проекции линии сечения находят с помощью линий связи. Для этого необходимо сначала разделить окружность основания конуса на 12 равных частей и провести образующие на всех трех проекциях конуса. Проекции точек линии сечения конуса находятся на соответствующих проекциях образующих.

## 4.2. Пересечение прямой с поверхностью

При выполнении чертежей часто приходится решать задачи на построение точек пересечения прямой линии с поверхностью геометрического тела. Рассмотрим примеры.

1. Пусть требуется построить проекции точек пересечения прямой  $AB$  с поверхностью четырехугольной призмы. Боковая поверхность призмы – проецирующая и перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекций. Поэтому горизонтальные проекции точек, в которых прямая  $AB$  пересекает многогранник, на горизонтальной плоскости проекции уже имеются. Они будут совпадать с проекциями четырех граней, которым принадлежат точки (рис. 4.5).

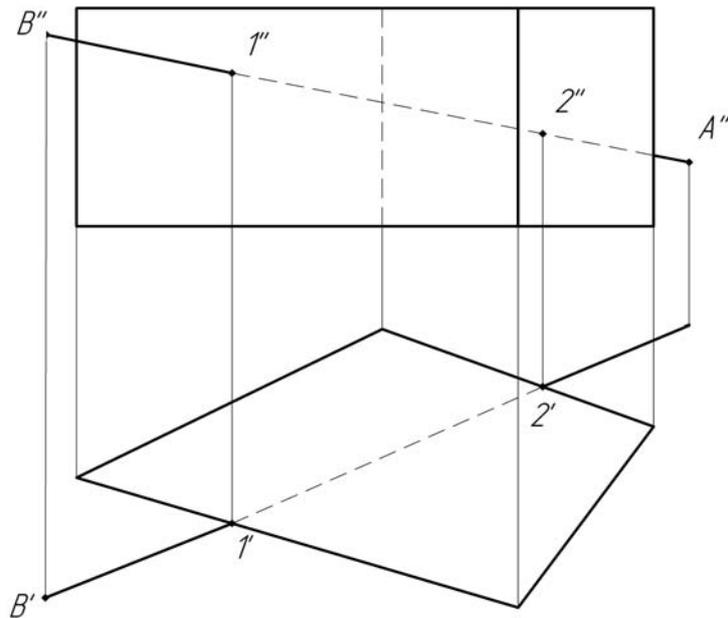


Рис. 4.5

Отмечаем горизонтальные проекции точек  $1$  и  $2$  ( $1'$ ,  $2'$ ), с помощью линий связи строим их фронтальные проекции ( $1''$ ,  $2''$ ).

2. Аналогично строят точки пересечения прямой с поверхностью цилиндра (рис. 4.6).

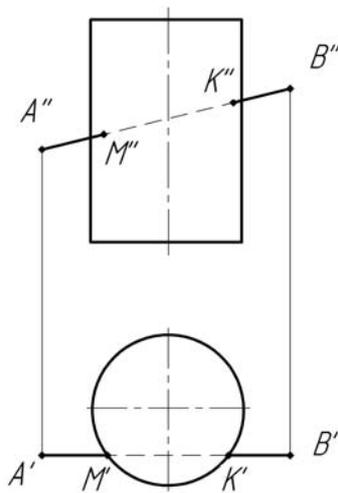


Рис. 4.6

3. В случае пересечения прямой с поверхностями пирамиды, конуса и другими, которые не являются проецирующими, поступают так. Через заданную прямую проводят вспомогательную плоскость, например фронтально-проецирующую, и находят линию пересечения

пирамиды с вспомогательной плоскостью (рис. 4.7) или линию пересечения конуса с вспомогательной плоскостью (рис. 4.8).

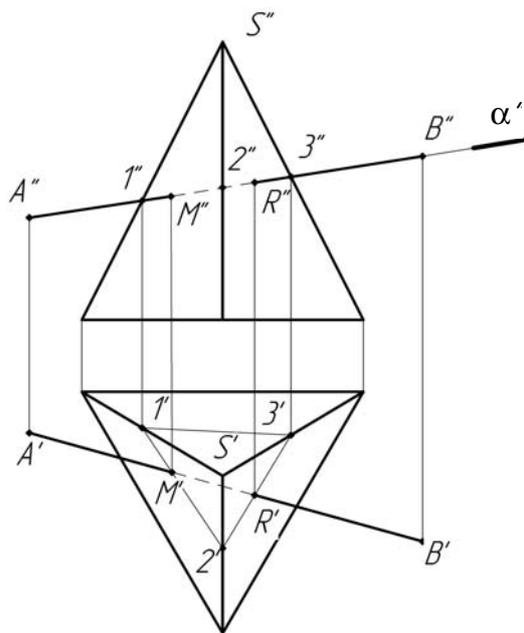


Рис. 4.7

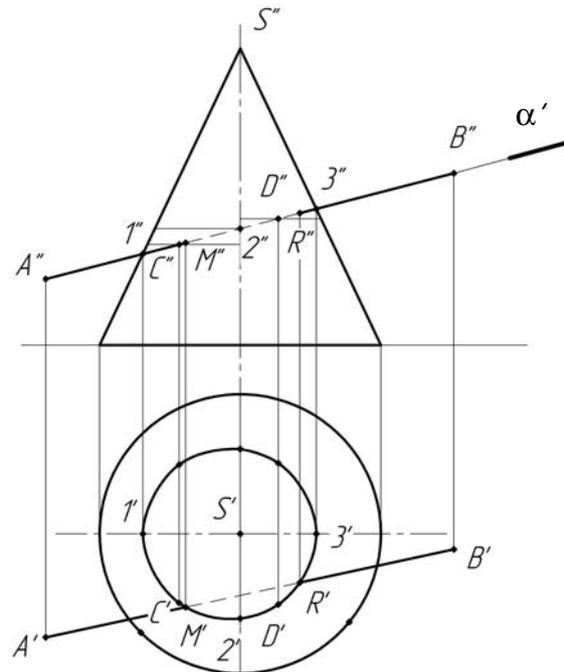


Рис. 4.8

Фронтальная проекция  $\alpha''$  вспомогательной плоскости  $\alpha$  и заданной прямой  $AB$  ( $A'' B''$ ) на чертеже совпадают с  $\alpha''$  в пределах очерка поверхности и фронтальной проекцией линии сечения. По линиям связи находим горизонтальную проекцию линии сечения. В данном случае это треугольник. В том месте, где стороны треугольника ( $1', 2', 3'$ ) пересекают горизонтальную проекцию  $AB'$  заданной прямой, будут находиться горизонтальные проекции  $M'$  и  $R'$  точек пересечения прямой с поверхностью пирамиды. По горизонтальным проекциям  $M'$  и  $R'$  точек находят фронтальные  $M''$  и  $R''$ .

---

## Лекция 5

# ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТОК УСЕЧЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

---

Разверткой поверхности называется плоская фигура, полученная совмещением поверхности с плоскостью. Построение разверток имеет значение для тех производств, продукция которых изготавливается из листового материала (машиностроение, судостроение, оборудование химических производств и т. д.). Одним из этапов в проектировании листовых конструкций является построение разверток их поверхностей.

При построении разверток поверхности многогранника либо тела вращения необходимо определить натуральный вид всех граней многогранника либо образующих поверхности вращения. Для этого применяются различные способы преобразования проекций. Рассмотрим некоторые из них.

### 5.1. Способ вращения вокруг проецирующих прямых

Сущность способа заключается в том, что заданная система плоскостей проекций остается неизменной, а проектируемую фигуру вращают вокруг неподвижной оси, перпендикулярной к одной из плоскостей проекций, до тех пор, пока она не займет частное положение, т. е. станет, например, параллельной или перпендикулярной другой плоскости проекции (рис. 5.1).

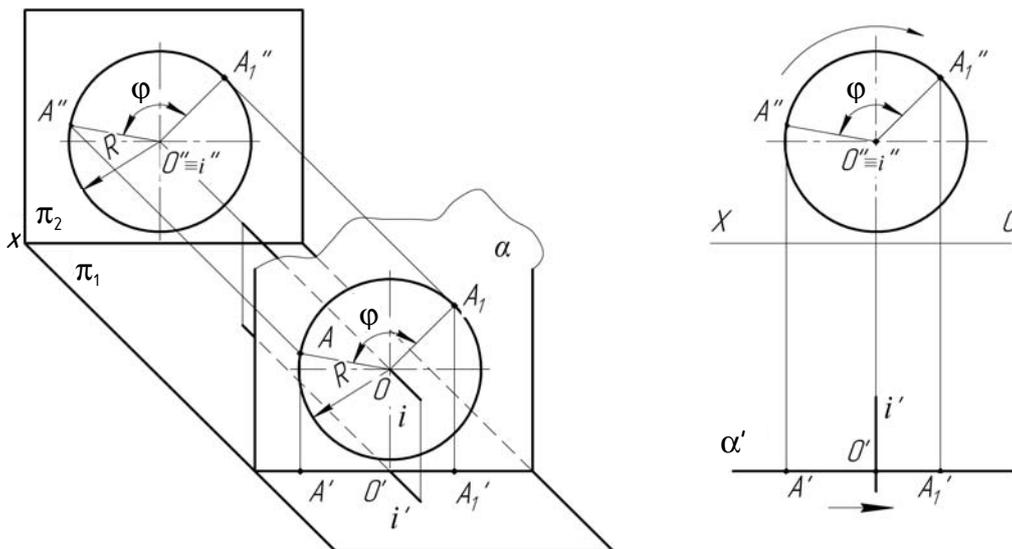


Рис. 5.1

На заданном чертеже точка  $A$  перемещается по окружности в плоскости  $\alpha$ , расположенной перпендикулярно оси вращения  $i$  и, следовательно, параллельно  $\pi_2$ . Поэтому эта окружность проектируется на плоскость  $\pi_2$  без искажения, а на плоскость  $\pi_1$  – в отрезок прямой, параллельной оси  $x$ .

Повернем на комплексном чертеже точку  $A$  вокруг оси  $i$ , перпендикулярной  $\pi_2$ , на угол  $\varphi$ . Для этого соединяем фронтальную проекцию  $A''$  точки  $A$  с проекцией  $i''$  оси вращения  $i$  и этим отрезком ( $A''i''$ ), как радиусом, описываем дугу окружности. Строим заданный угол  $\varphi$ , а следовательно – новое положение  $A_1$  точки  $A$ . Горизонтальную проекцию  $A_1'$  точки  $A$  получаем на пересечении линий связи, проведенных из точек  $A_1$  параллельно оси  $x$  и  $A''$  перпендикулярно оси  $x$ . Этот способ можно использовать при определении натуральной величины отрезка прямой  $A_1B'$  (рис. 5.2).

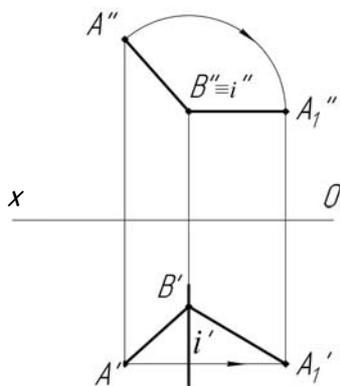


Рис. 5.2

Построение на комплексном чертеже упрощается, если ось вращения провести через точку вращаемого отрезка. В этом случае достаточно повернуть только одну точку отрезка, т. к. другая точка, расположенная на оси вращения, остается неподвижной.

## 5.2. Способ перемены плоскостей проекции

Это способ отличается от способа вращения тем, что проектируемый элемент (прямая, плоскость и т. д.) остается неподвижной, а одна из плоскостей проекций заменяется новой плоскостью, расположенной параллельно проектируемому элементу. Для того чтобы данная прямая общего положения, заданная на комплексном чертеже двумя своими проекциями, оказалась линией уровня, т. е. можно было определить ее натуральную величину (н. в.), вводят новую плоскость проекций, которая должна быть параллельна заданной прямой (рис. 5.3).

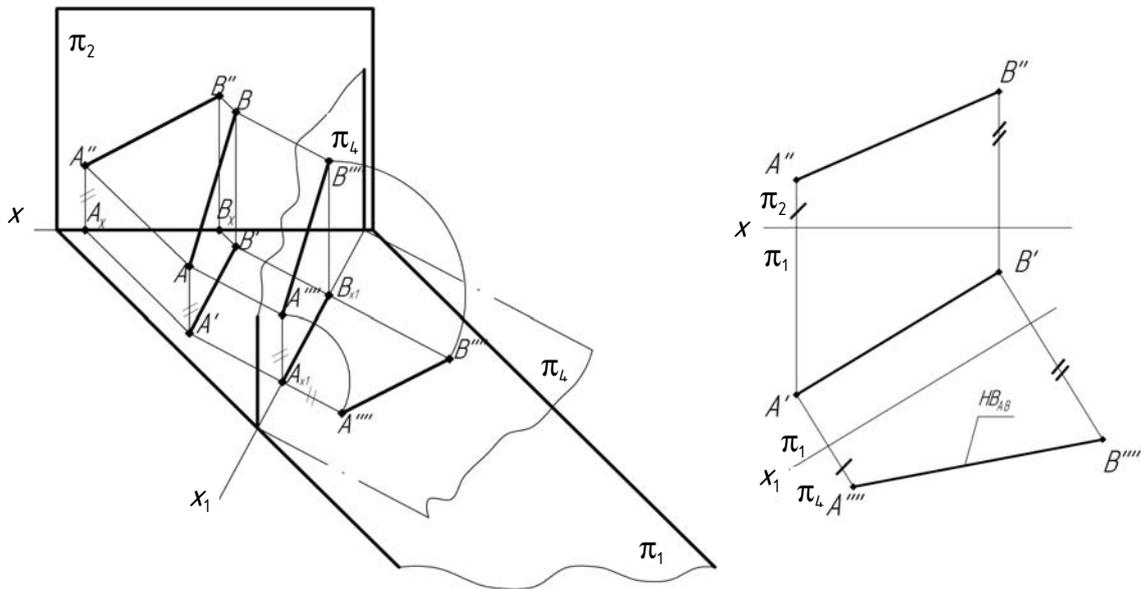


Рис. 5.3

Заменяем плоскость  $\pi_2$  новой плоскостью  $\pi_4$ , которая параллельна прямой  $AB$ . В этом случае новая ось проекции  $x_1$  проводится параллельно  $A'B'$ . Из горизонтальных проекций  $A'$  и  $B'$  (точек  $A$  и  $B$ ) проводим линии связи перпендикулярно новой оси  $x_1$  и на их продолжении откладываем координаты  $A_x$  и  $B_x$  точек  $A$  и  $B$  от фронтальных проекций  $A''$  и  $B''$  до прежней оси  $X$ . Соединив полученные точки  $A'''$  и  $B'''$  между собой, получаем натуральную величину  $AB$ .

### 5.3. Построение разверток многогранников

Под разверткой многогранной поверхности понимают плоскую фигуру, составленную из граней многогранника, совмещенных с одной плоскостью. Существуют три способа построения развертки многогранников:

- 1) способ нормальных сечений;
- 2) способ раскатки;
- 3) способ треугольников (или триангуляции).

Первые два способа применяют для построения разверток призматических поверхностей, третий – для пирамидальных. Все грани многогранника на развертке представляются в натуральную величину. Поэтому построение развертки сводится к построению натуральных величин граней многогранника, а для этого необходимо определить н. в. ребер. Из курса средней школы известно, что развертка призмы

представляет собой плоскую фигуру, составленную из истинных величин боковых граней и двух оснований.

### 5.3.1. Построение развертки усеченной призмы с основанием и сечением боковой поверхности фронтально-проецирующей плоскостью

Проводим прямую, на которой откладывается пять отрезков, равных по длинам сторон пятиугольника, лежащего в основании призмы (на горизонтальной проекции). Из полученных точек проводим перпендикуляры, на которые откладывают действительные длины ребер усеченной призмы (рис. 3.1), находим их н. в. на фронтальной проекции. К развертке боковой поверхности пристраивают фигуру сечения, усеченное основание и основание. При этом используют метод треугольников, или триангуляции, известный из геометрического черчения (рис. 5.4).

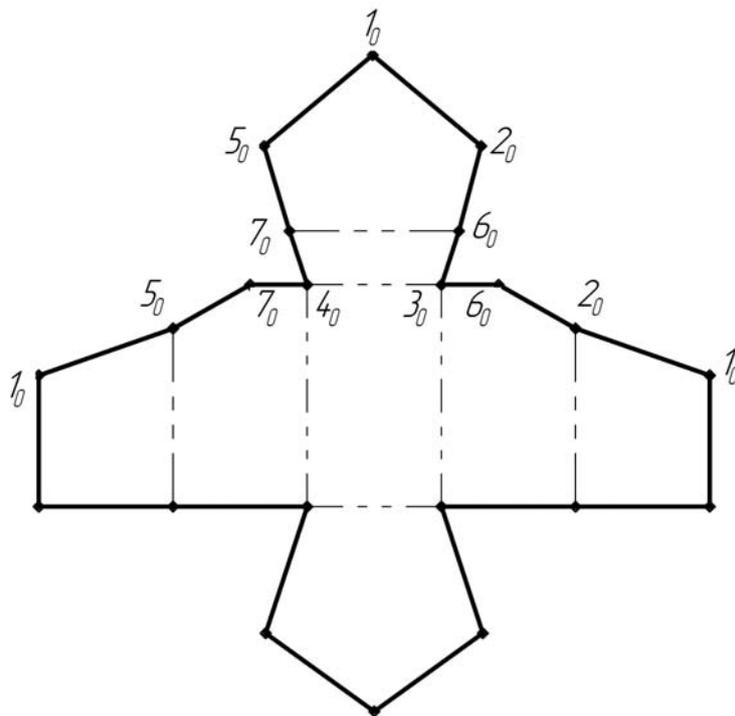


Рис. 5.4

### 5.3.2. Построение развертки усеченной пирамиды

Все ребра данной пирамиды, принадлежащие боковой поверхности, на плоскостях проекций  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  изображены с искажением. Н. в. ребра на-

ходится на  $\pi_3$ . Горизонтальная проекция основания представляет собой его натуральную величину, т. к. расположена на  $\pi_1$ .

Натуральные величины боковых граней пирамиды можно построить, найдя предварительно истинные величины боковых ребер. Это можно сделать, поворачивая боковые ребра вокруг проектирующей оси до положения, параллельного  $\pi_3$ . В данном случае удобнее всего вращать боковые ребра вокруг оси, перпендикулярной  $\pi_1$  и проходящей через вершину пирамиды  $S$ , до положения, параллельного  $\pi_3$ . Горизонтальные проекции  $1', 2', 3'$  (рис. 3.2) точек  $1, 2, 3$  будут перемещаться по дугам окружностей, центр которых находится в точке  $S$ . Горизонтальные проекции боковых ребер в повернутом положении должны быть параллельны оси  $y$ , т. е. совпадать с  $S'C'$ . Профильные проекции точек  $1, 2, 3$  перемещаются при этом по прямой, параллельной оси  $y$ . Новые проекции ребер совпадают с  $S''2'''$  и имеют натуральную величину ( $S''1''^*, S''3''^*$ ). Затем строим развертку. Для чего из произвольной точки  $S$  проводим прямую, на которой откладываем н. в. ребра  $SA$ . Затем из точки  $S$  делаем засечку радиусом  $R$ , равным действительной длине ребра  $SB$ , а из точки  $A$  – засечку радиусом  $R_1$ , равным стороне основания  $AB$ . В результате чего получаем точку  $B$  и грань  $SAB$  и т. д. Используя метод триангуляции, пристраиваем основание пирамиды и фигуру сечения (рис. 5.5).

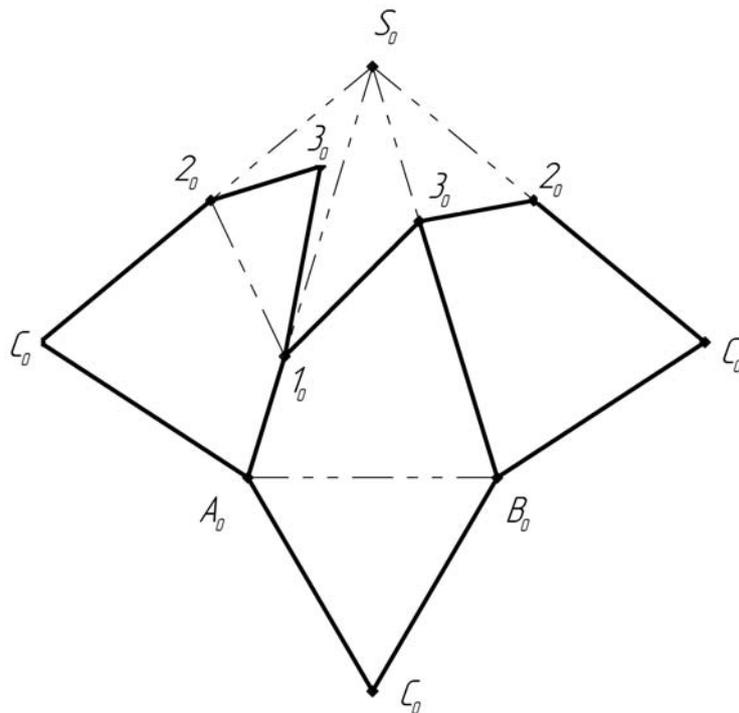


Рис. 5.5

### 5.3.3. Построение развертки усеченного цилиндра

В частном случае разверткой боковой поверхности цилиндра является прямоугольник, длина которого равна длине окружности основания, а высота – высоте цилиндра. Для получения полной развертки добавляют два круга – основания цилиндра.

Рассмотрим пример построения развертки усеченного цилиндра (рис. 5.6).

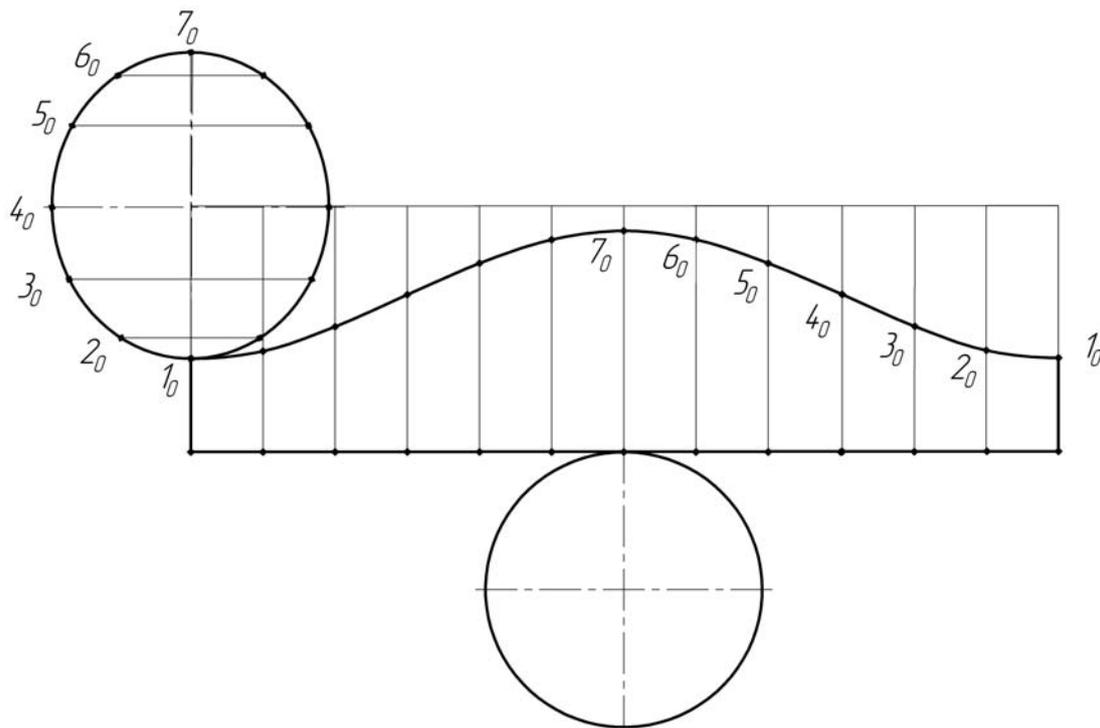


Рис. 5.6

Развертывание цилиндрической поверхности производится в данном случае по схеме развертывания призматической поверхности. Цилиндрическая поверхность заменяется вписанной в нее призматической, ребра которой соответствуют образующим цилиндра. Пусть на комплексном чертеже задан усеченный цилиндр двумя своими проекциями. Для построения развертки заменим цилиндрическую поверхность вписанной в нее призматической. Для этого основание цилиндра разделим на 12 равных частей. Длину дуги заменим длиной отрезка с достаточной для нас точностью построения развертки. Через полученные точки на боковой поверхности проведем образующие.

Построение развертки начинается с горизонтальной прямой и отложенных на ней 12 равных отрезков. Из точек деления восстанавлива-

ем перпендикуляры к каждому отрезку, на них откладываем действительные величины образующих цилиндра, взятые с фронтальной проекции. Соединив полученные точки между собой, получаем кривую.

Для получения полной развертки к развертке боковой поверхности добавляем окружность (основание) и натуральную величину сечения (эллипс), построенный по его большой и малой оси или по точкам.

### 5.3.4. Построение развертки усеченного конуса

В частном случае развертка конуса представляет собой плоскую фигуру, состоящую из кругового сектора и круга (основания конуса).

В общем случае развертывание поверхности производится по принципу развертывания многогранной пирамиды (т. е. способом треугольников), вписанной в коническую поверхность. Чем большее число граней пирамиды, вписанной в коническую поверхность, тем меньше будет разница между действительной и приближенной развертками конической поверхности.

Построение развертки конуса начинается с нанесения из точки  $S_0$  дуги окружности радиусом, равным длине образующей конуса. На этой дуге откладывают 12 частей окружности основания конуса и полученные точки соединяют с вершиной. Пример изображения полной развертки усеченного конуса представлен на рис. 5.7.

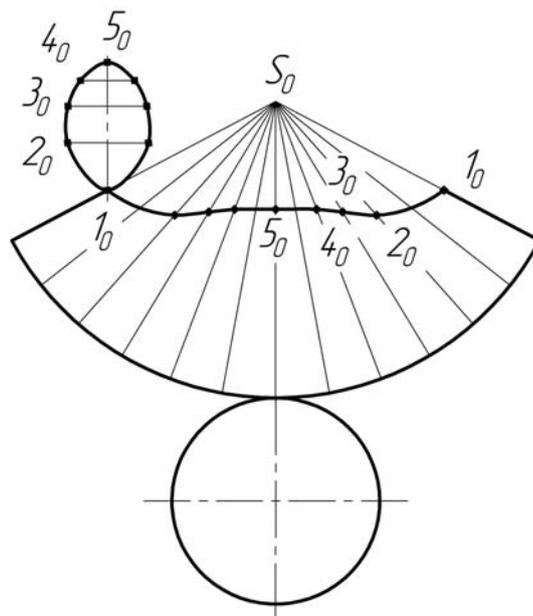


Рис. 5.7

---

---

**Лекция 6 (начало)**  
**ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ.**  
**СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЗАИМНОГО**  
**ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.**  
**СПОСОБ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СЕКУЩИХ**  
**ПЛОСКОСТЕЙ И ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ**

---

---

### **6.1. Взаимное пересечение поверхностей**

Пересекаясь между собой, поверхности тел образуют различные ломаные или кривые линии, которые называют линиями взаимного пересечения.

Для построения линий пересечения двух поверхностей нужно найти такие точки, которые одновременно принадлежат двум заданным поверхностям.

Когда одна из поверхностей полностью пронизывает другую, получаются 2 отдельные линии пересечения, называемые ветвями. В случае получения врезки, когда одна поверхность частично входит в другую, линия пересечения поверхностей будет одна.

### **6.2. Пересечение гранных поверхностей**

Линия пересечения двух многогранников представляет собой замкнутую пространственную ломаную линию. Ее звенья являются линиями пересечения граней одного многогранника с гранями другого, а вершины – точки пересечения ребер одного многогранника с гранями другого. Таким образом чтобы построить линию пересечения двух многогранников, нужно решить задачу либо на пересечение двух плоскостей (способ граней), либо на пересечение прямой с плоскостью (способ ребер). На практике обычно используются оба способа в комбинации.

*Пересечение пирамиды с призмой.* Рассмотрим случай пересечения пирамиды с призмой, боковая поверхность которой проецируется на  $\pi_3$  на очерковые основания (четырехугольник). Построение начинаем с профильной проекции. При нанесении точек воспользуемся способом ребер, т. е. когда ребра вертикальной пирамиды пересекают грани горизонтальной призмы (рис. 6.1).

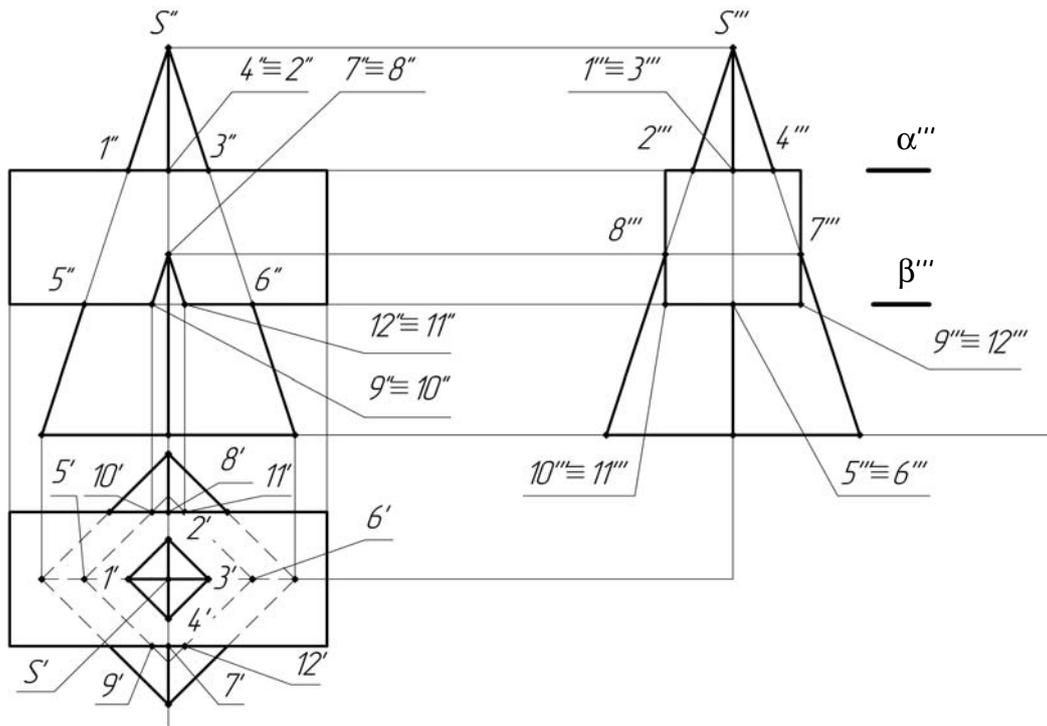


Рис. 6.1

Анализ условия задачи показывает, что линия пересечения пирамиды и призмы распадается на 2 ветви, одна из ветвей – плоский многоугольник, точки 1, 2, 3, 4 (точки пересечения ребер пирамиды с гранью призмы). Горизонтальные, фронтальные и профильные их проекции находятся на проекциях соответствующих ребер и определяются по линиям связи. Аналогично могут быть найдены точки 5, 6, 7 и 8, принадлежащие другой ветви. Точки 9, 10, 11, 12 определяются из условия, что верхняя и нижняя грани призмы параллельны между собой, т. е.  $1'2'$  параллельна  $5'10'$  и т. д.

Можно воспользоваться способом вспомогательных секущих плоскостей. Вспомогательная плоскость пересекает обе поверхности по ломаным линиям. Взаимное пересечение этих линий и дает нам точки, принадлежащие искомой линии пересечения. В качестве вспомогательных плоскостей выбираем  $\alpha'''$  и  $\beta'''$ . С помощью плоскости  $\alpha'''$  находим проекции точек  $1', 2', 3', 4'$ , а плоскости  $\beta'''$  – точки  $5', 6', 9', 10', 11', 12'$ . Точки 7 и 8 определяем как в предыдущем способе.

### 6.3. Пересечение гранных поверхностей с поверхностями вращения

Большинство технических деталей и предметов состоит из сочетания различных геометрических тел. Пересекаясь между собой, по-

верхности этих тел образуют различные прямые или кривые линии, которые называются линиями взаимного пересечения.

Для построения линии пересечения двух поверхностей нужно найти такие точки, которые одновременно принадлежали бы двум поверхностям.

При пересечении многогранника с поверхностью вращения образуется пространственная кривая линия пересечения.

Если происходит полное пересечение (проницание), то образуются две замкнутые кривые линии, а если неполное пересечение – то одна замкнутая пространственная линия пересечения.

Для построения линии взаимного пересечения многогранника с поверхностью вращения используется способ вспомогательных секущих плоскостей. Вспомогательная плоскость пересекает обе поверхности по кривой и по ломаной линиям. Взаимное пересечение этих линий и дает нам точки, принадлежащие искомой линии пересечения.

Пусть требуется построить проекции линии пересечения поверхностей цилиндра и треугольной призмы. Как видно из рис. 6.2, в пересечении участвуют все три грани призмы. Две из них направлены под некоторым углом к оси вращения цилиндра, следовательно, пересекают поверхность цилиндра по эллипсам, одна грань перпендикулярна к оси цилиндра, т. е. пересекает его по окружности.

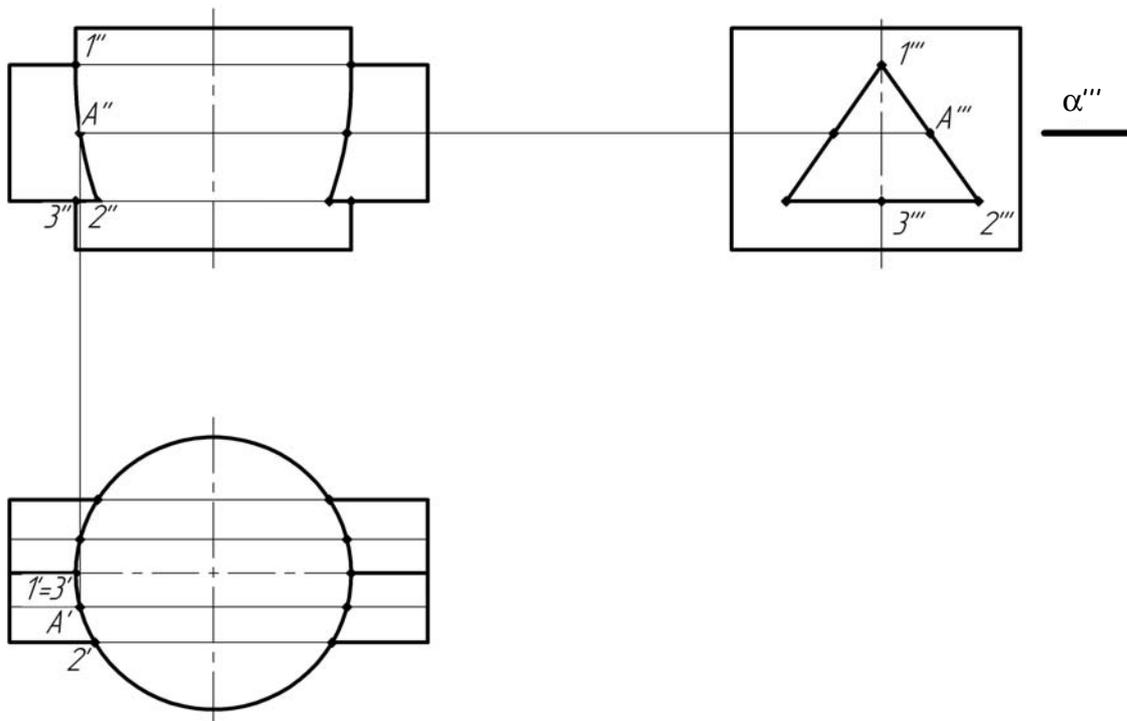


Рис. 6.2

План решения:

- 1) находим точки пересечения ребер с поверхностью цилиндра;
- 2) находим линии пересечения граней с поверхностью цилиндра.

Как видно из рис. 6.2, боковая поверхность цилиндра – горизонтально-проецирующая, т. е. перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. Боковая поверхность призмы – профильно-проецирующая, т. е. каждая ее грань перпендикулярна к профильной плоскости проекций. Следовательно, горизонтальная проекция линии пересечения тел совпадает с горизонтальной проекцией цилиндра, а профильная – с профильной проекцией призмы. Таким образом, на чертеже нужно построить лишь фронтальную проекцию линии пересечения.

Построение начинаем с нанесения характерных точек, т. е. точек, которые можно найти без дополнительных построений. Такими являются точки 1, 2 и 3. Они находятся на пересечении очерковых образующих фронтальных проекций цилиндра с фронтальной проекцией соответствующего ребра призмы с помощью линий связи.

Таким образом, точки пересечения ребер призмы с поверхностью цилиндра построены.

Для того чтобы найти промежуточные точки (всего таких точек четыре, но обозначим одну из них  $A$ ) линий пересечения цилиндра с гранями призмы, пересекаем обе поверхности какой-либо проецирующей плоскостью или плоскостью уровня. Возьмем, например, горизонтальную плоскость  $\alpha$ . Плоскость  $\alpha$  пересекает грани призмы по двум прямым, а цилиндр – по окружности. Эти линии пересекаются в точке  $A'$  (одну точку подписали, а остальные нет), которая принадлежит одновременно и поверхности цилиндра (лежит на окружности, которая принадлежит цилиндру) и поверхности призмы (лежит на прямых линиях, которые принадлежат граням призмы).

Прямые, по которым пересекаются грани призмы с плоскостью  $\alpha$ , найдены сначала на профильной проекции многогранника (там они спроецировались в точку  $A'''$  и симметричную точку), а затем с помощью линий связи построены на горизонтальной проекции призмы. Точка  $A$  и симметричные точки получены на пересечении горизонтальной проекции линий пересечения (плоскости  $\alpha$  с призмой) с окружностью и при помощи линий связи найдены на фронтальной проекции.

---

---

**Лекция 7 (окончание)**  
**ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ.**  
**СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЗАИМНОГО**  
**ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.**  
**СПОСОБ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СЕКУЩИХ**  
**ПЛОСКОСТЕЙ И ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ**

---

---

**7.1. Пересечение поверхностей вращения**

Пусть необходимо построить проекции линии пересечения двух цилиндров, боковые поверхности которых проецирующие (рис. 7.1).

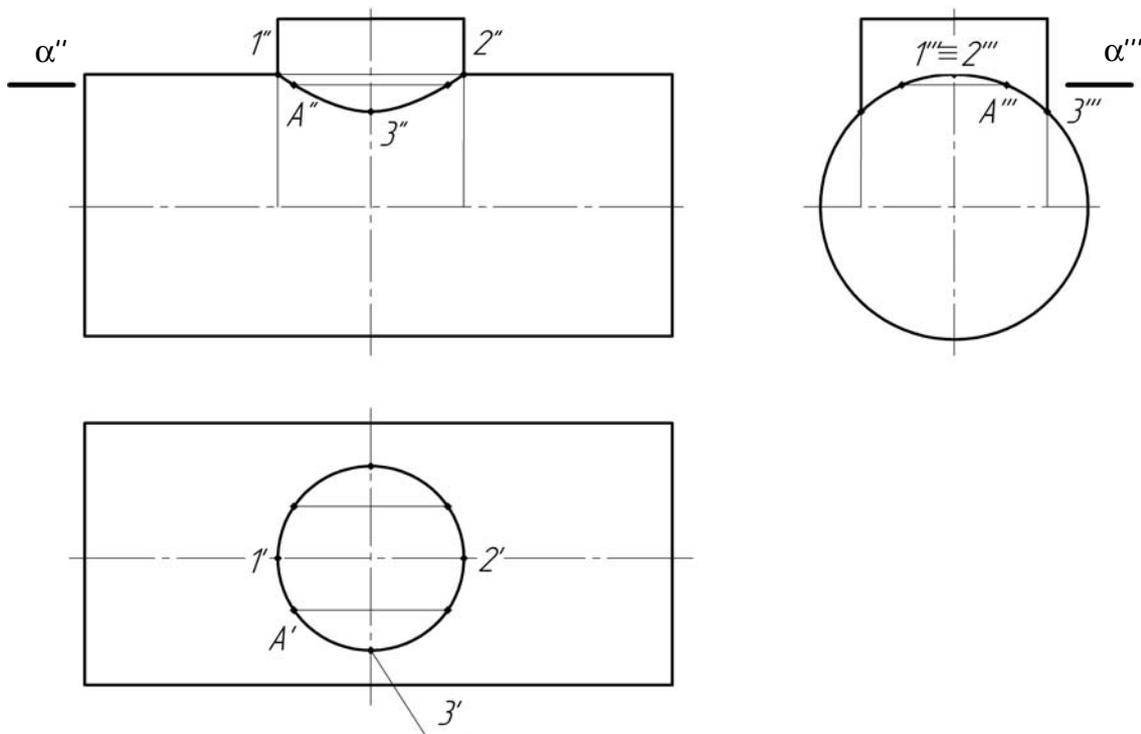


Рис. 7.1

Как видно из чертежа, заданы цилиндры разных диаметров. Линии их взаимного пересечения, состоящие из 2-х ветвей на горизонтальной и профильной проекции совпадают с проекциями поверхностей заданных цилиндров. Поэтому горизонтальная и профильная проекции линий пересечения на чертеже известны. Необходимо построить лишь фронтальную проекцию одной и другой ветвей линии. Следует отметить, что характерные точки  $1''$ ,  $2''$ ,  $3''$ , принадлежащие

фронтальной проекции линии пересечения цилиндров, могут быть определены на чертеже без дополнительных построений. Например, точки  $1''$ ,  $2''$  найдем как точки пересечения очерковых образующих на фронтальной проекции. С помощью линий связи находим их горизонтальные и профильные проекции.

Фронтальные проекции точки  $3''$  и симметричной точки найдены по профильным проекциям точки  $3'''$ .

Для нахождения промежуточных точек  $A$  линии пересечения цилиндров воспользуемся вспомогательной плоскостью уровня  $\alpha$ . Плоскость пересекает цилиндр с горизонтальной осью по двум прямым линиям – образующим, а цилиндр с вертикальной осью – по окружности. Прямые, пересекающие боковую поверхность цилиндра, ось которого расположена горизонтально с плоскостью  $\alpha$ , найдены сначала на профильной проекции, а затем с помощью линии связи – на горизонтальной проекции. Там, где они пересекаются с горизонтальной проекцией цилиндра с вертикальной осью, находим искомые точки. С помощью линии связи они построены на фронтальной проекции  $\alpha''$  следа плоскости  $\alpha$ .

## 7.2. Особые случаи пересечения поверхностей второго порядка

Пусть в пересечении участвуют две соосные поверхности.

Соосными называются поверхности, имеющие общую ось вращения (рис. 7.2).

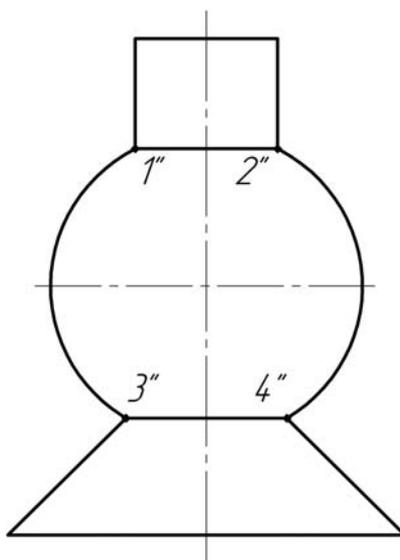


Рис. 7.2

Линией пересечения соосных поверхностей в пространстве является окружность.

Как видно из чертежа, каждая точка, принадлежащая линии пересечения, лежит на параллели, которая принадлежит двум поверхностям. Следовательно, линией пересечения таких поверхностей является общая параллель – для поверхностей это окружность.

Сфера, центр которой находится на оси поверхности вращения, всегда пересекается с этой поверхностью по окружности. 1", 2" – это фронтальная проекция линии пересечения сферы и цилиндра. 3", 4" – это фронтальная проекция линии пересечения сферы и конуса.

В отдельных случаях при пересечении поверхностей второго порядка кривая линия пересечения, которая является в общем случае пространственной кривой, может распадаться на пару плоских кривых. При каких условиях это происходит?

Доказывается, что таким условием у пересекающихся поверхностей второго порядка является наличие двойного соприкосновения.

Так, если две поверхности второго порядка имеют в какой-либо общей точке общую касательную плоскость, то они касаются между собой в ней. Если таких точек две, то поверхности имеют двойное соприкосновение.

В аналитической геометрии доказывается, что поверхности второго порядка, имеющие двойное соприкосновение, пересекаются между собой по двум кривым второго порядка, причем плоскости этих кривых проходят через прямую, соединяющую точки соприкосновения (рис. 7.3).

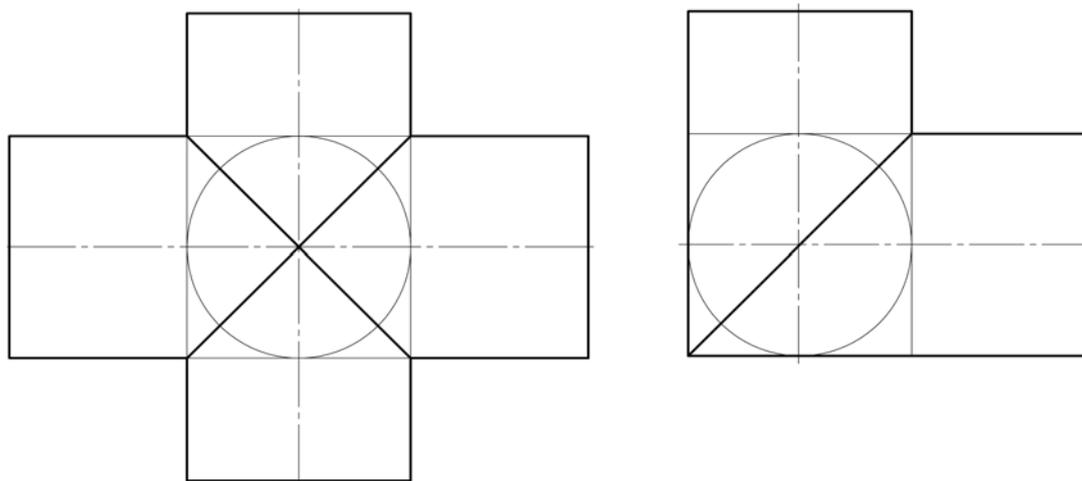


Рис. 7.3

Однако не всегда удастся обнаружить двойные соприкосновения у пересекающихся поверхностей. Для того чтобы выяснить, распадается ли линия пересечения поверхностей на пару плоских кривых, пользуются следующими положениями, известными под названием теоремы Монжа.

Если две поверхности второго порядка описаны около третьей поверхности того же порядка (или вписаны в нее), то они пересекаются между собой по двум кривым второго порядка, т. е. линия их пересечения распадается на две плоские кривые второго порядка.

Пусть необходимо построить проекции линии пересечения конической и цилиндрической поверхностей, описанных около одной и той же сферы (рис. 7.4).

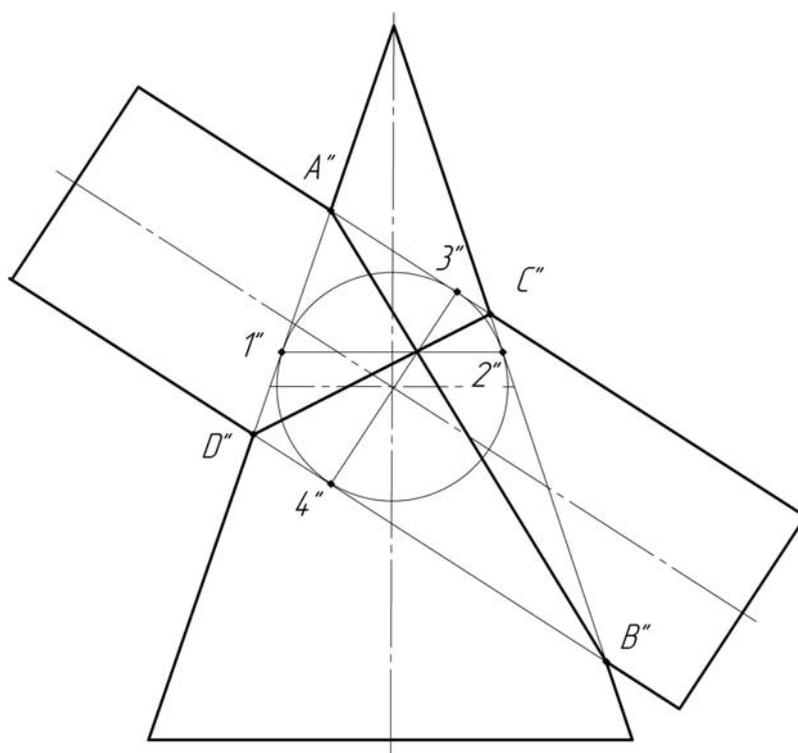


Рис. 7.4

На основании теоремы Монжа можно установить, что эти поверхности пересекаются по плоским кривым, фронтальные проекции которых – прямые линии.  $1''$ ,  $2''$  – фронтальная проекция линии пересечения вспомогательной сферы и вертикального конуса.  $3''$ ,  $4''$  – фронтальная проекция линии пересечения вспомогательной сферы и наклонного цилиндра.  $A''$ ,  $B''$  и  $C''$ ,  $D''$  – фронтальные проекции линий пересечения вертикального конуса и наклонного цилиндра.

### 7.3. Способы вспомогательных сфер

Для нахождения точек, принадлежащих линии пересечения поверхностей вращения, в ряде случаев можно использовать не секущие плоскости, а вспомогательные сферы. Это возможно в тех случаях, когда оси поверхностей вращения пересекаются и расположены параллельно какой-либо плоскости проекции (имеют плоскость симметрии).

Выше мы видели, что две соосные поверхности пересекаются между собой по окружности. При этом, если общая ось поверхностей вращения параллельна какой-либо плоскости проекции, то окружность проецируется на эту плоскость в отрезки прямых. Это положение остается в силе и в том случае, когда одной из соосных поверхностей вращения является сфера, центр которой находится на оси другой поверхности.

Пусть требуется построить линию пересечения двух цилиндров (рис. 7.5).

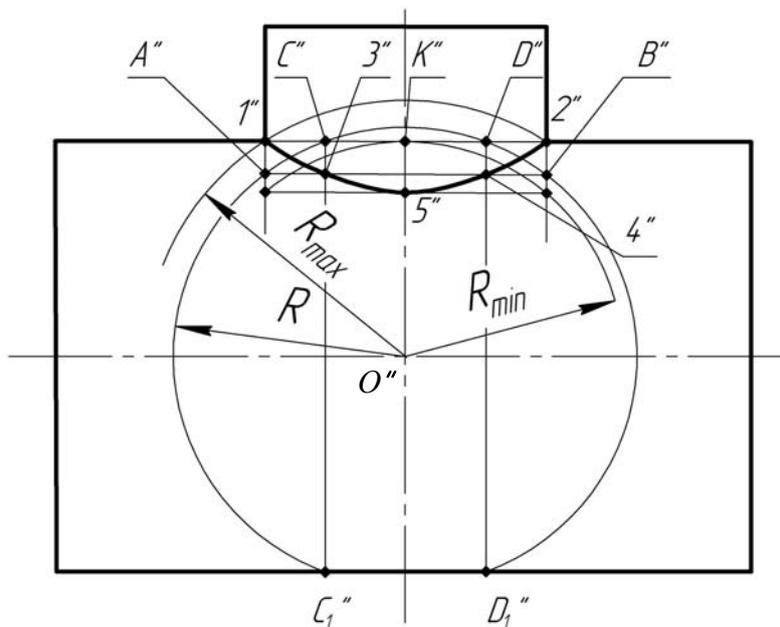


Рис. 7.5

Точки  $1''$  и  $2''$  определяем без дополнительных построений, как точки пересечения очерковых образующих цилиндра.

Для нахождения промежуточных точек начертим вспомогательную сферу, центр которой совпадает с точкой  $O''$ . Проведем из точки  $O''$  окружность радиусом  $R$ , которая будет проекцией сферы. Сфера и цилиндр – поверхности соосные, поэтому они пересекаются по ок-

ружности, которая спроецировалась в прямую линию  $A''B''$  (сфера пересекается с вертикальным цилиндром), а по линиям  $C''C_1''$  и  $D''D_1''$  сфера пересекается с горизонтальным цилиндром. Найденные линии пересекаются в точках  $3''$  и  $4''$ . Эти точки принадлежат линии пересечения цилиндров, т. к. относятся к двум поверхностям.

При этом  $R_{\max} = O''I''$ , т. е. расстояние от точки пересечения осей до самой удаленной точки, принадлежащей линии пересечения. Из центра  $O''$  проводят перпендикуляр к образующим каждой из пересекающихся поверхностей, наибольший из этих перпендикуляров будет искомым радиусом. В нашем случае  $R_{\min} = O''K''$ . Описываем сферу радиусом  $O''K''$  и находим проекции окружностей, по которым она пересекает оба цилиндра. В точке пересечения проекций находим точку  $5''$ .

---

---

**Лекция 8**  
**АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ.**  
**СТАНДАРТНЫЕ ВИДЫ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ**  
**ПРОЕКЦИЙ. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ**  
**ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ И ДИМЕТРИЧЕСКАЯ**  
**ПРОЕКЦИИ. ПОСТРОЕНИЕ ОВАЛА**  
**В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ**  
**ИЗОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ**

---

---

### 8.1. Аксонометрические проекции

При построении технического чертежа (эпюра) предмета последний обычно располагают так, чтобы направления его трех главных измерений (длина, ширина и высота) были параллельны плоскостям проекций. Такой чертеж нетрудно строить (рис. 8.1), на нем легко производить измерения, однако он не обладает наглядностью. На каждой из проекций отсутствует одно из трех измерений. Чтобы воспроизвести форму предмета, нужна работа мысленного аппарата.

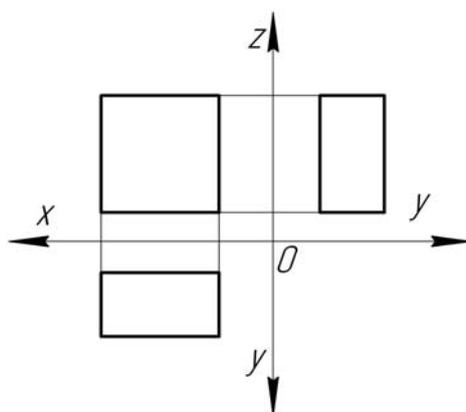


Рис. 8.1

Более наглядный чертеж можно построить, проецируя предмет на одну плоскость проекций и располагая его так, чтобы не одно из направлений главных измерений не проецировалось точкой. Тогда длина, ширина и высота предмета будут восприниматься по одной проекции, т. к. взгляд охватывает три стороны предмета. По данному чертежу легко представить себе форму предмета. Построенный таким образом чертеж называется аксонометрическим (рис. 8.2).

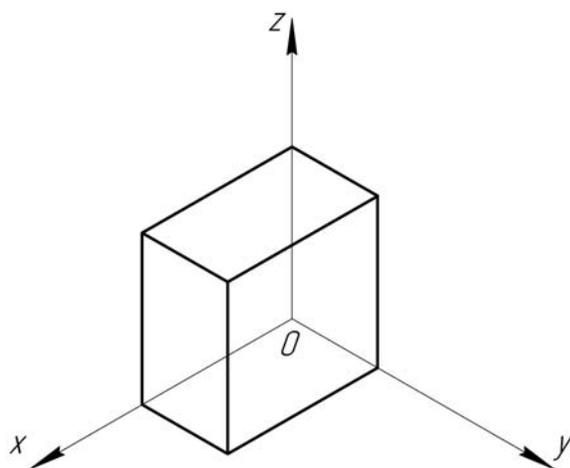


Рис. 8.2

Сущность способа аксонометрического проецирования заключается в том, что предмет вместе с осями прямоугольных декартовых координат, к которым отнесем этот предмет в пространстве, проецируется параллельными лучами на некоторую произвольно выбранную плоскость (рис. 8.3).

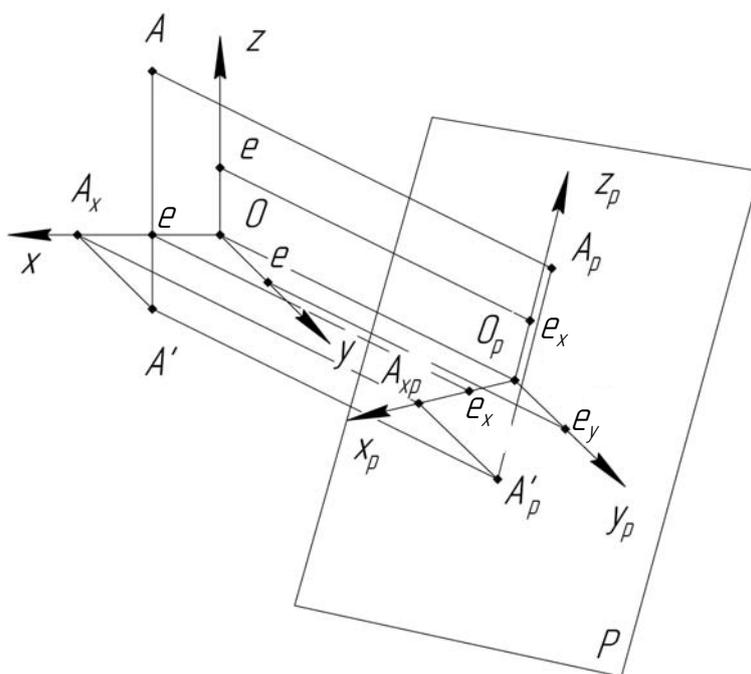


Рис. 8.3

$O_x, O_y, O_z$  – оси координат в пространстве;  $P$  – аксонометрическая плоскость;  $O_{Px}, O_{Py}, O_{Pz}$  – аксонометрические оси;  $e$  – натуральная единица или натуральный масштаб;  $e_x, e_y, e_z$  – проекции отрезка  $e$  на

плоскость  $P$ , они не равны  $e$  и не равны между собой, называются аксонометрическим масштабам по осям  $O_x, O_y, O_z$ ; отношения  $e_x/e, e_y/e, e_z/e$  называются коэффициентами искажения по аксонометрическим осям, которые обозначаются соответственно  $K_x, K_y, K_z$ ;  $A_P$  – аксонометрическая проекция точки  $A$ ;  $A_{P'}$  – проекция точки  $A'$ . Принимая различное взаимное расположение натуральной системы координат и аксонометрической плоскости и задаваясь разным направлением проецирования, можно получить множество аксонометрических проекций, отличающихся друг от друга как направлением аксонометрических осей, так и величиной коэффициентов искажения по этим осям.

В зависимости от коэффициентов искажения аксонометрические проекции делятся:

на изометрическую ( $K_x = K_y = K_z$ );

диметрическую ( $K_x = K_z \neq K_y$ );

триметрическую ( $K_x \neq K_y \neq K_z$ ).

В зависимости от угла между направлениями проецирования и аксонометрической плоскости, аксонометрические проекции подразделяются на прямоугольные и косоугольные. ЕСКД (ГОСТ 2.317-69) рекомендует использовать пять видов аксонометрических проекций: две прямоугольные и три косоугольные.

## 8.2. Прямоугольные аксонометрические проекции

Для получения изображения, дающего наибольшую наглядность предмета, важно правильно выбрать вид аксонометрической проекции. Например, при выполнении аксонометрических проекций предмета (или отверстий в них), имеющего форму четырехугольной правильной призмы с расположением вершин углов основания на осях  $O_x, O_y$  рекомендуется использовать диметрию, т. к. в изометрии наглядность предмета уменьшается.

### 8.2.1. Изометрическая проекция

В прямоугольной изометрической проекции  $K_x = K_y = K_z = 0,82 \approx 1$ .

На практике для удобства построения коэффициент искажения приводят к единице и строят прямоугольную изометрическую проекцию без искажения.

Это соответствует увеличению линейных размеров изображения в 1,22 раза.

Положение аксонометрических осей показано на рис. 8.4.

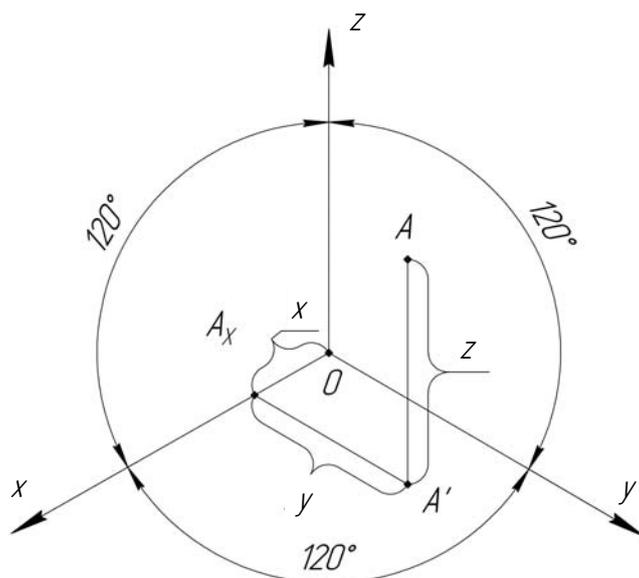


Рис. 8.4

### Штриховка на разрезах

Учитывая коэффициенты искажения ( $K_x = K_y = K_z = 1$ ), по осям координат откладываем единичные отрезки и соединяем точки соответствующих отрезков (рис. 8.5). Например, в плоскости  $O_xO_y$  откладываем единичные отрезки по осям  $O_x$  и  $O_y$ , соединяем точки и получаем наклон штриховки в плоскости  $O_xO_y$  и параллельной ей.

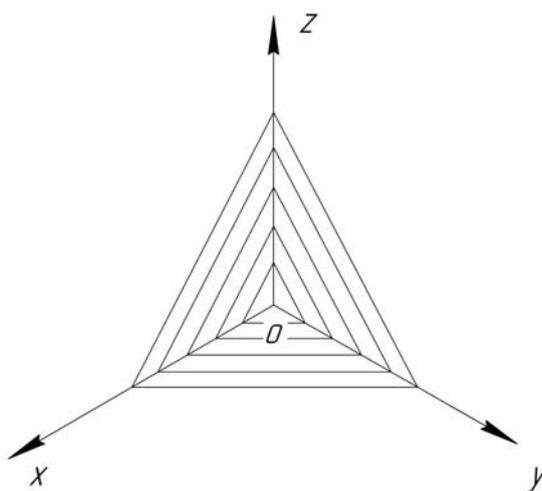


Рис. 8.5

### Построение окружностей

Окружности в прямоугольной изометрической проекции изображаются в виде эллипсов. Большая ось эллипсов  $CD$  во всех случаях

равна  $1,22d$ . Малая ось эллипсов  $AB = 0,71d$ . Построение эллипса по точкам – трудоемкая работа. Поэтому эллипсы можно заменить овалами, которые строятся дугами окружностей. Рассмотрим построение овала только в горизонтальной плоскости, т. к. во фронтальной и профильной плоскостях построение аналогично (рис. 8.6).

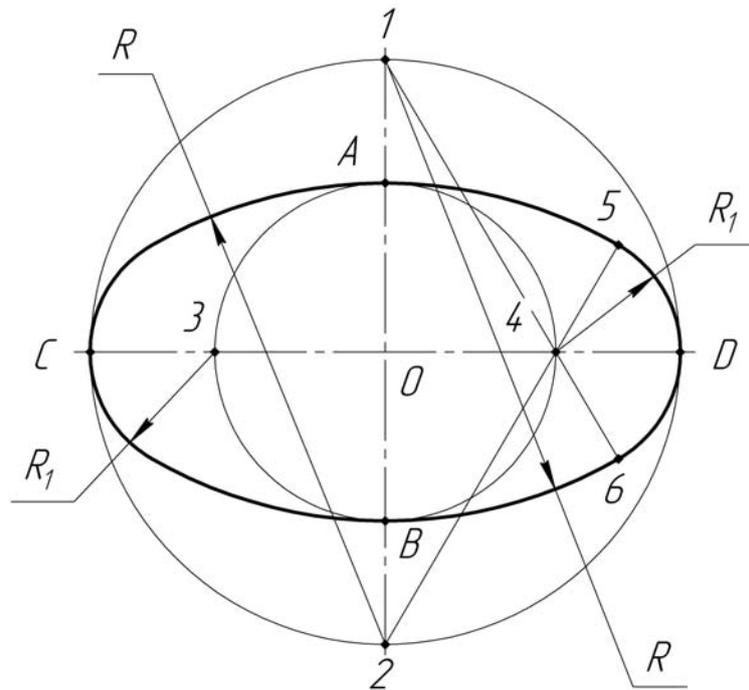


Рис. 8.6

Проведем горизонтально большую ось эллипса  $CD$ , равную  $1,22d$ . Малая ось  $AB$ , равная  $0,71d$ , будет расположена под углом  $90^\circ$ . Из точки  $O$  пересечения осей построим две окружности диаметром  $AB$  и  $CD$ . Точки  $1$  и  $2$  пересечения окружности большого диаметра с вертикальной осью будут центрами больших дуг овала, а точки  $3$  и  $4$  пересечения окружности малого диаметра с горизонтальной осью – центрами малых дуг. Точки  $5$  и  $6$  сопряжения дуг окружностей овала будут находиться на продолжении линии центров большой и малой дуг.

Положение осей  $AB$  и  $CD$  зависит от расположения плоскости, на которой находится окружность. Большая ось эллипсов перпендикулярна недостающей оси (рис. 8.7), например, в плоскости  $O_xO_y$  перпендикулярна оси  $O_z$ , в плоскости  $O_xO_z$  – оси  $O_y$ , в плоскости  $O_yO_z$  – оси  $O_x$ .

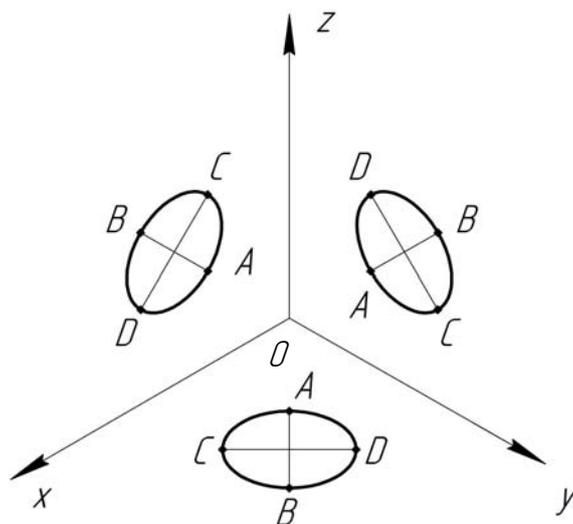


Рис. 8.7

### 8.2.2. Диметрическая проекция

В прямоугольной изометрической проекции  $K_x = K_z = 0,94 \approx 1$ ,  $K_y = 0,47 \approx 0,5$ .

На практике для удобства построения коэффициенты искажения  $K_x$  и  $K_z$  приводят к единице, а  $K_y$  к 0,5 и строят прямоугольную диметрическую проекцию без искажения.

Это соответствует увеличению линейных размеров изображения в 1,06 раза.

Положение аксонометрических осей показано на рис. 8.8.

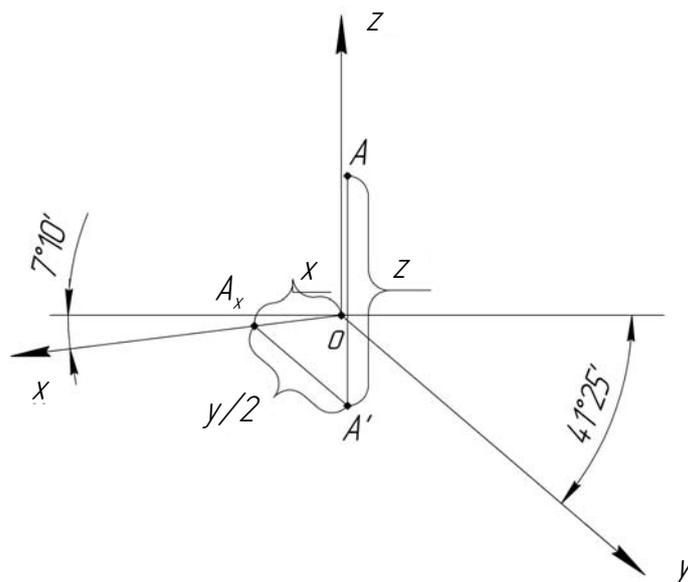


Рис. 8.8

### Штриховка на разрезах

Учитывая коэффициенты искажения ( $K_x = K_z = 1$ ,  $K_y = 0,5$ ), по осям координат  $O_x$ ,  $O_z$  откладываем единичные отрезки, а по оси  $O_y$  половины единичного отрезка и соединяем соответствующие точки отрезков (рис. 8.9).

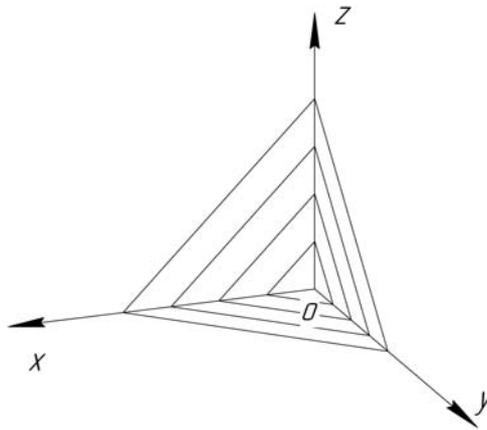


Рис. 8.9

Если плоскость, участвующая в разрезе, совпадает с плоскостью  $O_xO_z$  или параллельна ей, то направление штриховки будет параллельно изображенной плоскости  $\pi_2$  ( $O_xO_z$ ). В других плоскостях – соответственно.

---

**Лекция 9**  
**ВИНТОВЫЕ ЛИНИИ. ВИНТОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ.**  
**ПОСТРОЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБ НА ЧЕРТЕЖЕ.**  
**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ**  
**РАБОТ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА**  
**СИСТЕМ МАШИННОЙ ГРАФИКИ**  
**И ИХ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

---

**9.1. Винтовая линия**

Из пространственных кривых в технике находят широкое применение винтовые линии. Винтовую линию можно рассматривать как результат перемещения точки по поверхности вращения. Наибольшее применение в практике имеют цилиндрические и конические винтовые линии. Винтовая линия образуется равномерным перемещением точки по прямолинейной образующей цилиндрической или конической поверхности с одновременным равномерным вращением этой образующей вокруг неподвижной оси (рис. 9.1).

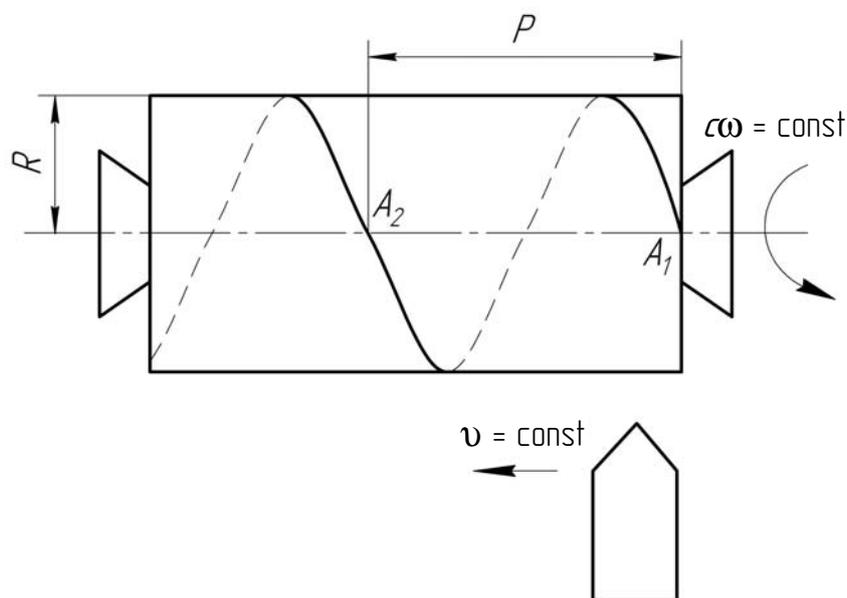


Рис. 9.1

За один оборот цилиндра образуется один виток (или оборот винтовой линии  $A_1A_2$ ). Расстояние  $P$ , проходимое точкой вдоль оси за один оборот – называется шагом винтовой линии.  $R$  – радиус винтовой линии.

Для построения изображения цилиндрической винтовой линии по заданным диаметру основания цилиндра  $D$ , шагу винтовой линии  $P$ , направлениям вращения и поступательного движения точки окружность основания цилиндра делят на любое количество равных частей (обычно 12). Точки деления нумеруют по направлению движения точки. Затем на контурной образующей цилиндра откладывают заданный шаг, который делят на то же количество равных частей, точки деления нумеруют снизу вверх (рис. 9.2).

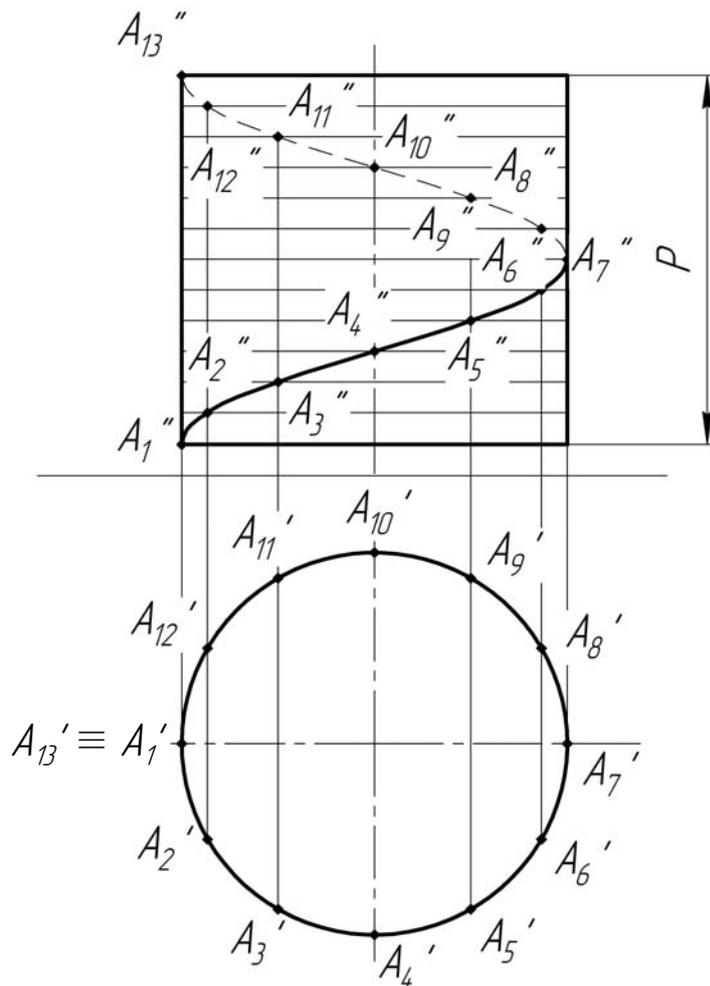


Рис. 9.2

Через точки деления окружности проводят вертикальные линии связи до пересечения с горизонтальными прямыми деления шага и получают точки  $A_1''$ ,  $A_2''$ ,  $A_3''$ ,  $A_4''$ ,  $A_5''$ ,  $A_6''$ ,  $A_7''$ ,  $A_8''$ ,  $A_9''$ ,  $A_{10}''$ ,  $A_{11}''$ ,  $A_{12}''$ ,  $A_{13}''$ , принадлежащие фронтальной проекции винтовой линии, затем соединяют их кривой при помощи лекала. Фронтальная проекция

цилиндрической винтовой линии – синусоида, а горизонтальная – окружность.

На одной поверхности цилиндра может быть несколько винтовых линий с одинаковым шагом, каждую линию называют заходом ( $n$ ). Перемещение точки за 1 оборот вдоль оси называется ходом ( $P_h$ ):

$$P_h = P \cdot n,$$

где  $P$  – ход одного захода.

## 9.2. Винтовая поверхность

Винтовая поверхность относится к кривым поверхностям. Она образуется при движении прямолинейной образующей по двум направлениям, одна из них винтовая линия, другая – ось винтовой линии, которую образующая пересекает под постоянным углом (рис. 9.3).

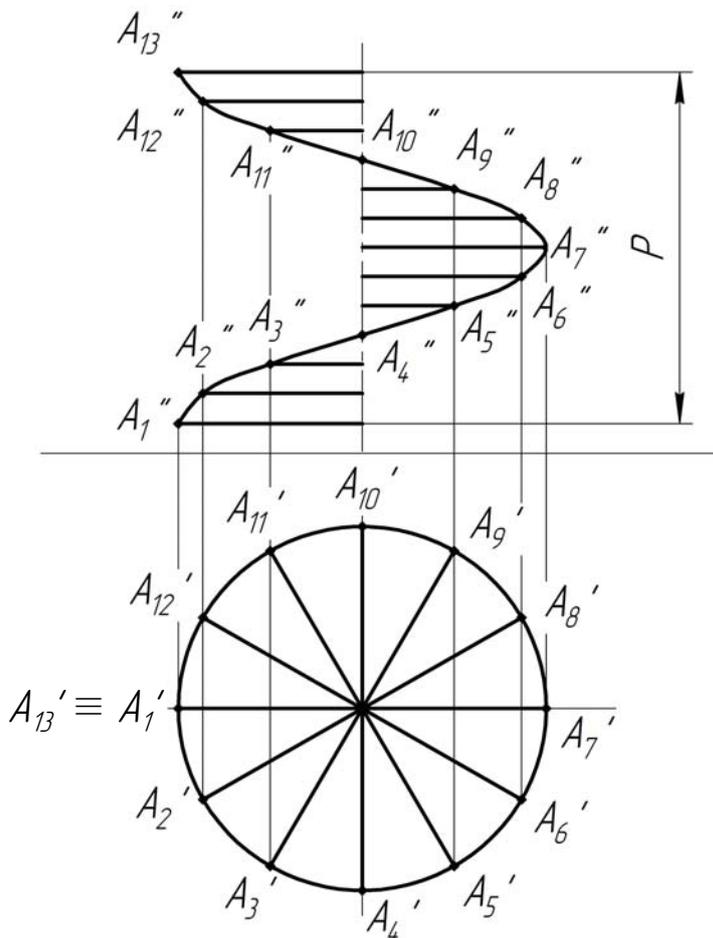


Рис. 9.3

### 9.3. Образование резьбы

Поверхность резьбы образуется при винтовом перемещении плоского контура по цилиндрической поверхности (рис. 9.4).

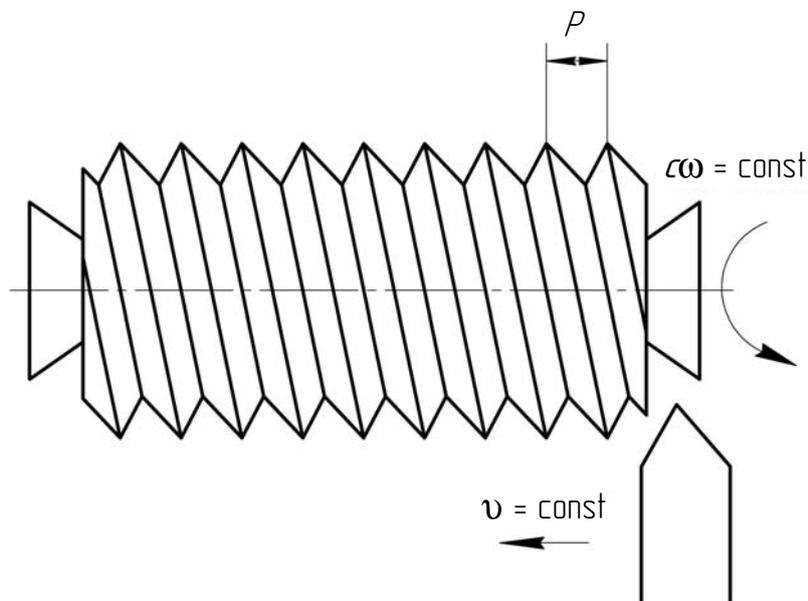


Рис. 9.4

### 9.4. Классификация резьб

Резьбы классифицируются по следующим признакам:

- 1) по назначению: крепежная, ходовая, специальная;
- 2) по направлению винтовой линии: правая и левая;
- 3) по характеру поверхности: цилиндрическая и коническая;
- 4) по расположению: внешняя или внутренняя;
- 5) по форме профиля: треугольная, трапецеидальная, прямоугольная, упорная, трубная;
- 6) по числу заходов: однозаходная или многозаходная.

### 9.5. Общие определения для цилиндрической и конической резьбы

Профиль резьбы – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось;  $d$  – наружный диаметр резьбы;  $d_1$  – внутренний диаметр резьбы;  $\alpha$  – угол профиля резьбы (угол между боковыми сторонами профиля);  $P$  – шаг резьбы (рис. 9.5).

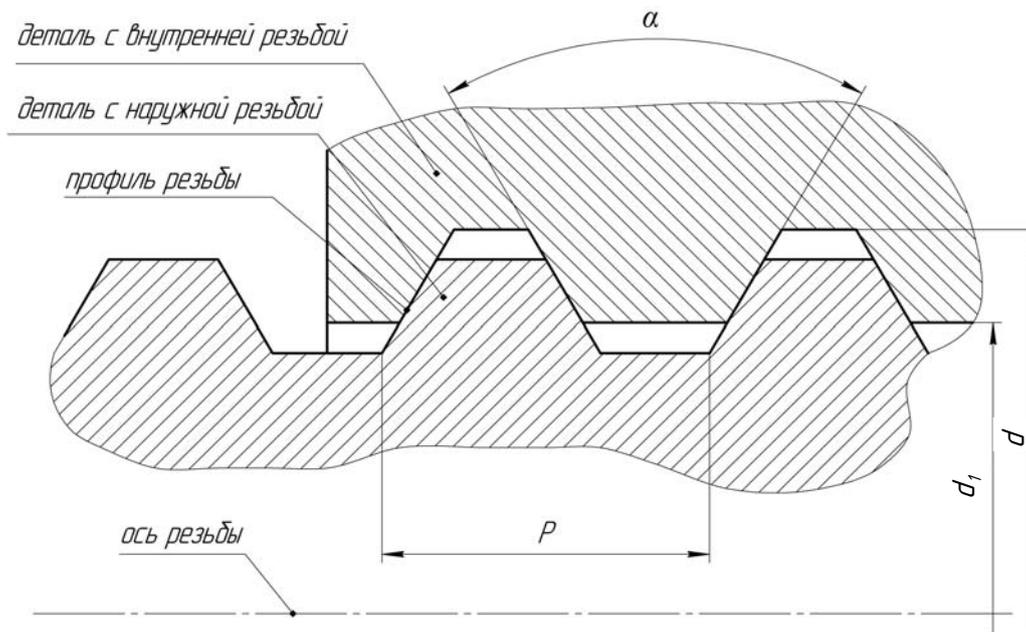


Рис. 9.5

Основные параметры резьбы стандартизированы.

## 9.6. Типы резьб

К числу стандартных и наиболее широко применяемых резьб относятся:

1) метрическая резьба. Является основным типом крепежной резьбы. Профиль ее – равносторонний треугольник с углом  $\alpha = 60^\circ$ . Бывает с крупным и мелким шагом. Каждому диаметру резьбы соответствует один крупный шаг и несколько мелких;

2) трапецеидальная резьба. Служит для передачи движения и усилий. Профиль ее – равнобокая трапеция с углом  $\alpha = 30^\circ$ ;

3) трубная цилиндрическая резьба. Профиль ее – равнобедренный треугольник с углом  $\alpha = 55^\circ$ ;

4) трубная коническая резьба. Профиль – как и у трубной цилиндрической резьбы. Предназначена для герметических соединений в трубопроводах, газовых баллонах и т. д.

Прямоугольная резьба – это специальная, т. е. нестандартная, резьба. При изображении прямоугольной резьбы должен быть выполнен выносной элемент.

Выносной элемент для наружной резьбы приведен на рис. 9.6.

*A(10:1)*

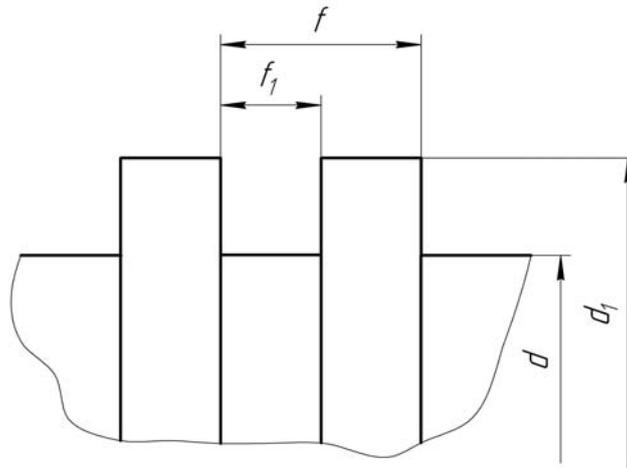


Рис. 9.6

Выносной элемент для внутренней резьбы приведен на рис. 9.7.

*A(10:1)*

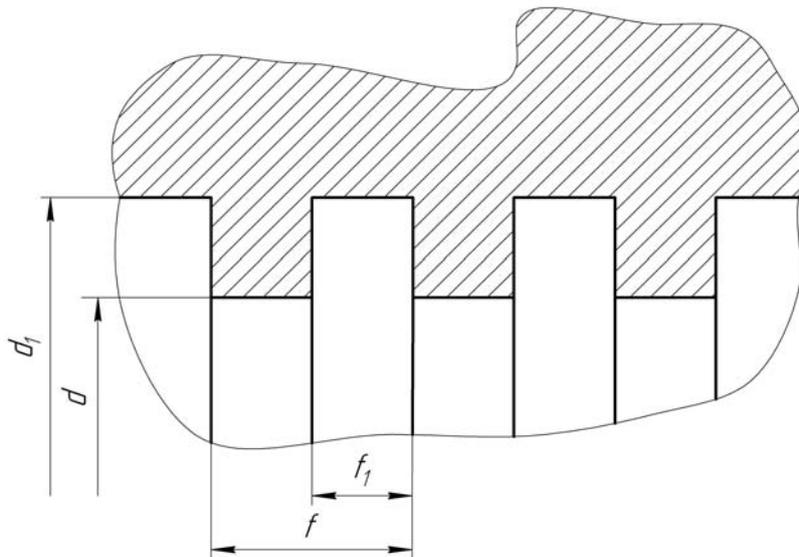


Рис. 9.7

### 9.7. Изображение резьбы на чертежах

На чертеже внешнюю резьбу обозначают сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими – по внутреннему диаметру. Сбег резьбы можно не изображать. На виде, перпендикулярном оси стержня по внутреннему диаметру резьбы, прово-

дят тонкой линией дугу, разомкнутую ( $90^\circ$ ) в любом месте, но не на центральных линиях (рис. 9.8).

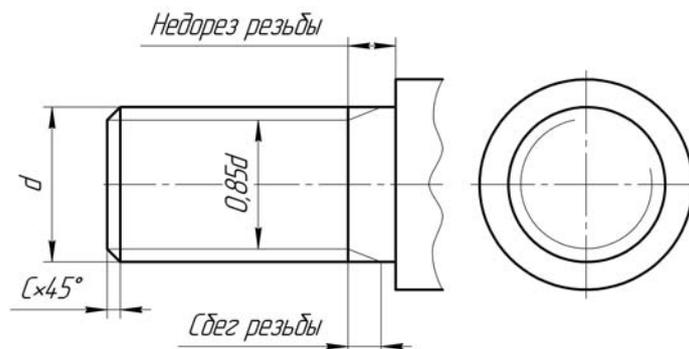


Рис. 9.8

В отверстиях на разрезах внутренний диаметр резьбы изображают сплошной основной линией, а внешний диаметр – тонкой (рис. 9.9).

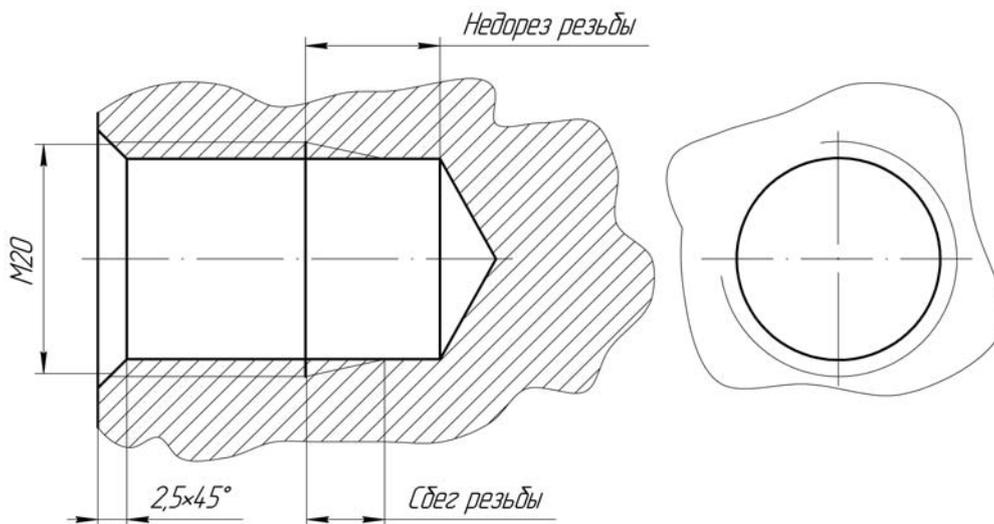


Рис. 9.9

Если требуется изготовить резьбу полного профиля без сбега, то для вывода резьбообразующего инструмента делают проточку, диаметр которой для наружной резьбы должен быть немного меньше внутреннего диаметра (рис. 9.10), а для внутренней резьбы – немного больше наружного диаметра (рис. 9.11).

В начале резьбы делают, как правило, коническую фаску, предохраняющую крайние витки от повреждений и служащую направляющей при соединении деталей с резьбой. Фаску выполняют до нарезания резьбы. Размеры фасок, сбегов, недорезов и проточек стандартизированы по ГОСТ 10549-80.

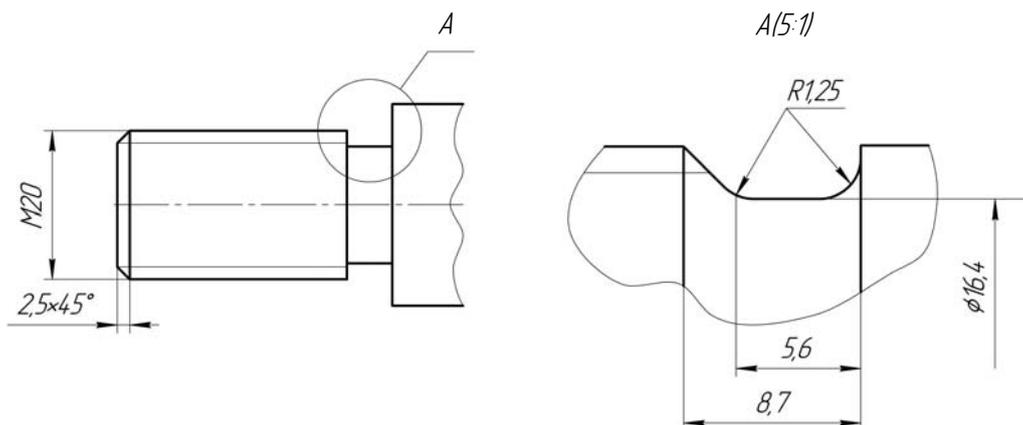


Рис. 9.10

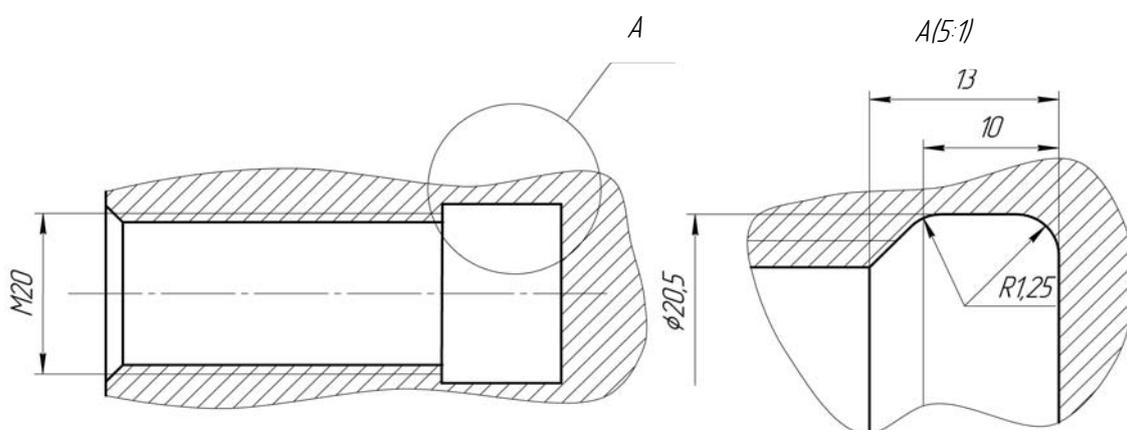


Рис. 9.11

### 9.8. Изображение резьбовых соединений

При изображении разреза резьбового соединения на плоскости, параллельной его оси, в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта наружной резьбой.

На рис. 9.12 показано изображение резьбового соединения деталей, приведенных на рис. 9.10 и 9.11.

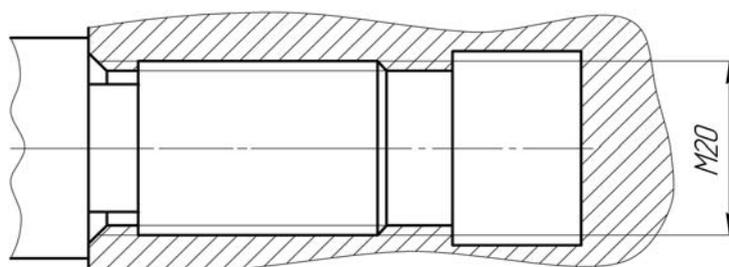


Рис. 9.12

## 9.9. Обозначение резьб

Различают резьбы общего назначения и специальные, применяемые на изделиях определенных типов; крепежные, предназначены, как правило, для неподвижного разъемного соединения составных частей изделия, и ходовые – для передачи движения.

Преимущественно применяют правые резьбы, к обозначению левых добавляют *LH*.

Так как любая резьба на чертеже изображается одинаково, то для ее характеристики стандартами установлены условные буквенно-цифровые обозначения.

### Структура условного обозначения резьбы

В соответствии с требованиями стандартов предусмотрено условное обозначение резьбы, в котором указывается:

- 1) буквенное обозначение типа резьбы;
- 2) номинальный диаметр резьбы;
- 3) шаг резьбы;
- 4) буквенно-цифровое обозначения поля допуска или класса точности резьбы;
- 5) буквенное обозначение левой резьбы.

Например, *M24×6(P2)LH-6g*, где *M* – метрическая резьба, 24 – наружный диаметр резьбы, 6 – ход трехзаходней резьбы, *P2* – шаг одного захода (2 мм), *LH* – левая резьба, *6g* – поле допуска диаметра резьбы.

Примеры обозначения других наиболее широко применяемых стандартных резьб:

- G1/2* – трубная резьба;
- Tr36×6-8e* – трапецеидальная резьба;
- R1/2* – коническая трубная резьба на стержне;
- R<sub>c</sub>1/2* -коническая трубная резьба в отверстии;
- K3/4* "ГОСТ 6111-52 – коническая дюймовая резьба;
- S80×10-7h* – упорная резьба.

## 9.10. Автоматизация проектно-конструкторских работ. Современные технические средства систем машинной графики и их программное обеспечение

На белорусских промышленных предприятиях в различных отраслях промышленности при проектировании сложных технических объектов уже несколько десятков лет успешно идет процесс внедре-

ния САПР. На Западе более 40 лет назад созданы и внедрены САПР с развитыми средствами машинной графики в различных отраслях науки и техники.

Понятие «инженерная и машинная графика» (ИМГ) охватывает графические системы, ориентированные на потребности пользователя и предназначенные для формирования, преобразования и представления информации в наглядной форме в процессе проектирования работ любой сложности, в том числе курсовых и дипломных проектов.

Начало средствам ИМГ положили работы сотрудника Массачусетского технологического института А. Сазерленда по проекту «Sketchpad» в 1963 году. В данном проекте впервые была реализована возможность формирования изображения на экране ЭВМ и манипулирования им в реальном масштабе времени.

Большим преимуществом системы AutoCAD как средства рисования является возможность последующего формирования электронного архива чертежей. Каждый из созданных таким образом файлов легко редактируется, что позволяет быстро получать чертежи-аналоги по чертежам-прототипам.

Для облегчения процесса выпуска проектной документации можно разрабатывать «библиотеки стандартных элементов». В качестве стандартных элементов могут выступать как целые файлы, так и их отдельные части.

Начиная с AutoCAD 2002, в систему включены специальные средства для контролирования стандартов предприятий, позволяющие управлять слоями, стилями и т. п.

Уже десятая версия AutoCAD позволяла выполнить достаточно сложные трехмерные построения в любой плоскости пространства и отобразить их на разных видовых экранах с различных точек зрения. Поэтому она стала также инструментом и трехмерного моделирования. Механизм пространства листа и видовых экранов дал возможность разрабатывать чертежи с проекциями трехмерных объектов или сооружений. В системе AutoCAD по одной модели можно получить несколько листов чертежного документа.

Персональный компьютер, на котором может быть установлена система AutoCAD 2006, должен удовлетворять определенным минимальным требованиям. Этим требованиям соответствует компьютер не ниже Intel Pentium 4 с процессором 2200 МГц, оперативной памятью 512 Мб, винчестером (жестким диском) 2 Гб. На винчестере надо иметь свободными 750 Мб под программное обеспечение и запас для временных файлов, которые система образует во время сеансов работы, и соз-

даваемых файлов чертежей. И конечно, на компьютере должна быть установлена одна из вышеперечисленных операционных систем.

Основная задача, решаемая системой КОМПАС 3D V8 (компания «АСКОН», Россия), – моделирование изделий с целью существенного сокращения периода проектирования и скорейшего их запуска в производство. Эти цели достигаются благодаря возможностям: быстрого получения конструкторской и технологической документации, необходимой для выпуска изделий (сборочных чертежей, спецификаций, детализовок и т. д.), передачи геометрии изделий в расчетные пакеты, передачи геометрии в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ, создания дополнительных изображений изделий (например, для составления каталогов), создания иллюстраций к технической документации и т. д.).

Основные компоненты КОМПАС 3D V8 – собственно система трехмерного твердотельного моделирования, чертежно-графический редактор и модуль проектирования спецификаций.

Система трехмерного твердотельного моделирования предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

Чертежно-графический редактор (КОМПАС ГРАФИК) предназначен для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности. Он может успешно использоваться в машиностроении, архитектуре, строительстве, составлении планов и схем – везде, где необходимо разрабатывать и выпускать чертежную и текстовую документацию.

Совместно с любым компонентом КОМПАС 3D V8 может использоваться модуль проектирования спецификаций, позволяющий выпускать разнообразные спецификации, ведомости и прочие табличные документы.

Документ спецификация может быть ассоциативно связан со сборочным чертежом (одним или несколькими его листами) и трехмерной моделью сборки.

При разработке функций и интерфейса КОМПАС 3D V8 учитывались приемы работы, присущие машиностроительному проектированию.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лекция 1. ПРЕДМЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ. ЦЕНТРАЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОЕЦИРОВАНИЕ. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПРЯМОУГОЛЬНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ. ТОЧКА, ПРЯМАЯ И ПЛОСКОСТЬ НА ЭПЮРЕ МОНЖА .....	3
1.1. Введение .....	3
1.2. Методы проецирования.....	4
1.2.1. Центральное проецирование .....	4
1.2.2. Параллельное проецирование .....	5
1.2.3. Прямоугольное проецирование .....	7
1.3. Обратимость чертежа. Образование эпюра .....	7
1.4. Проецирование точки на три плоскости проекций .....	9
1.5. Проекция прямой линии .....	11
1.6. Прямые частного положения.....	12
1.6.1. Горизонтальная прямая.....	12
1.6.2. Фронтальная прямая.....	12
1.6.3. Профильная прямая.....	13
1.6.4. Горизонтально-проецирующая прямая .....	14
1.6.5. Фронтально-проецирующая прямая .....	14
1.6.6. Профильно-проецирующая прямая .....	14
1.7. Плоскости общего положения.....	15
1.8. Плоскости частного положения .....	15
1.8.1. Горизонтальная плоскость.....	15
1.8.2. Фронтальная плоскость.....	16
1.8.3. Профильная плоскость.....	16
1.8.4. Горизонтально-проецирующая плоскость .....	16
1.8.5. Фронтально-проецирующая плоскость.....	17
1.8.6. Профильно-проецирующая плоскость .....	17
Лекция 2. ПОВЕРХНОСТИ. СПОСОБЫ ЗАДАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. ГРАННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ. ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ. ТОЧКИ И ЛИНИИ НА ПОВЕРХНОСТЯХ.....	18
2.1. Поверхности. Способы их задания .....	18
2.2. Гранные поверхности .....	19
2.2.1. Призма .....	20
2.2.2. Пирамида .....	20
2.3. Поверхности вращения .....	21
2.3.1. Цилиндр.....	22
2.3.2. Конус.....	23

2.3.3. Сфера .....	23
2.3.4. Тор .....	24
2.4. Линии на поверхностях .....	24
Лекция 3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ГРАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ И ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ .....	25
Лекция 4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ ПЛОСКОСТЬЮ. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПРЯМОЙ ЛИНИЕЙ .....	27
4.1. Усеченные поверхности вращения плоскостью частного положения .....	27
4.1.1. Линии цилиндрических сечений .....	27
4.1.2. Линии конических сечений .....	28
4.2. Пересечение прямой с поверхностью .....	29
Лекция 5. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТОК УСЕЧЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ .....	32
5.1. Способ вращения вокруг проецирующих прямых .....	32
5.2. Способ перемены плоскостей проекции .....	33
5.3. Построение разверток многогранников .....	34
5.3.1. Построение развертки усеченной призмы с основанием и сечением боковой поверхности фронтально-проецирующей плоскостью .....	35
5.3.2. Построение развертки усеченной пирамиды .....	35
5.3.3. Построение развертки усеченного цилиндра .....	37
5.3.4. Построение развертки усеченного конуса .....	38
Лекция 6 (начало). ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ. СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЗАИМНОГО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. СПОСОБ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СЕКУЩИХ ПЛОСКОСТЕЙ И ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ .....	39
6.1. Взаимное пересечение поверхностей .....	39
6.2. Пересечение гранных поверхностей .....	39
6.3. Пересечение гранных поверхностей с поверхностями вращения .....	40
Лекция 7 (окончание). ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ. СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЗАИМНОГО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ. СПОСОБ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СЕКУЩИХ ПЛОСКОСТЕЙ И ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ .....	43
7.1. Пересечение поверхностей вращения .....	43
7.2. Особые случаи пересечения поверхностей второго порядка .....	44
7.3. Способы вспомогательных сфер .....	47

Лекция 8. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ. СТАНДАРТНЫЕ ВИДЫ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ИЗОМЕТРИЧЕСКАЯ И ДИМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИИ. ПОСТРОЕНИЕ ОВАЛА В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ИЗОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ .....	49
8.1. Аксонометрические проекции .....	49
8.2. Прямоугольные аксонометрические проекции .....	51
8.2.1. Изометрическая проекция .....	51
8.2.2. Диметрическая проекция .....	54
Лекция 9. ВИНТОВЫЕ ЛИНИИ. ВИНТОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ. ПОСТРОЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБ НА ЧЕРТЕЖЕ. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СИСТЕМ МАШИННОЙ ГРАФИКИ И ИХ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ....	56
9.1. Винтовая линия .....	56
9.2. Винтовая поверхность .....	58
9.3. Образование резьбы.....	59
9.4. Классификация резьб.....	59
9.5. Общие определения для цилиндрической и конической резьбы.....	59
9.6. Типы резьбы .....	60
9.7. Изображение резьбы на чертежах.....	61
9.8. Изображение резьбовых соединений.....	63
9.9. Обозначение резьб .....	64
9.10. Автоматизация проектно-конструкторских работ. Современные технические средства систем машинной графики и их программное обеспечение .....	64

Учебное издание

**Бобровский** Сергей Эдуардович

## **ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА**

Электронный конспект лекций

Редактор *Т. Е. Самсанович*  
Компьютерная верстка *Е. Ю. Орлова*  
Корректор *Т. Е. Самсанович*

Издатель:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.