

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Инженерная графика»

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальностей*

*1-27 01 01 «Экономика и организация производства (по направлениям)»;*

*1-27 02 01 «Транспортная логистика (по направлениям)»  
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2020

УДК 744: 621.791.053  
ББК 30.11  
И62

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Инженерная графика» «14» апреля 2020 г., протокол № 9

Составитель ст. преподаватель Н. М. Юшкевич

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

Методические рекомендации предназначены для студентов специальностей 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (по направлениям)» и 1-27 02 01 «Транспортная логистика (по направлениям)». В них рассматривается последовательность выполнения всех индивидуальных графических заданий по курсу дисциплины «Инженерная графика».

Учебно-методическое издание

## ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск	А. Ю. Поляков
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 115 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2020

## Содержание

Введение.....	4
1 Геометрическое черчение.....	5
1.1 Уклон.....	5
1.2 Конусность.....	6
1.3 Сопряжения.....	7
2 Проекционное черчение.....	9
2.1 Виды.....	9
2.2 Разрезы.....	11
3 Проекция плоской фигуры.....	15
4 Разъемные соединения.....	19
4.1 Классификация резьб, их изображение и условное обозначение.....	19
4.2 Построение соединения шпилькой по действительным размерам....	22
4.3 Построение упрощенных изображений болтового и винтового соединений.....	24
4.4 Спецификация.....	25
5 Пересечение поверхностей.....	28
5.1 Построение линий пересечения поверхностей, когда одна из них проецирующая.....	28
5.2 Построение линии пересечения поверхностей методом вспомогательных секущих плоскостей.....	29
5.3 Построение линии пересечения поверхностей методом вспомогательных секущих сфер.....	30
Список литературы.....	32

## Введение

Одним из основных условий успешного изучения технических дисциплин является графическая грамотность студента, т. е. умение правильно читать и выполнять чертежи.

Подготовку специалистов инженерно-технического профиля в вузах обеспечивает курс инженерной графики, который является первой общетехнической дисциплиной, дающей необходимые знания. Изложение материала в методических рекомендациях базируется на положении Государственных стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД), внедренных и действующих в настоящее время в нашей стране.

В методических рекомендациях изложены основы начертательной геометрии и инженерной графики, где последовательно рассмотрены основные геометрические элементы, алгоритмы пересечения фигур, способы преобразования чертежа и их применение к решению метрических задач, рассмотрены основные требования стандартов ЕСКД по оформлению чертежей, проекций геометрических тел, изображения – виды, разрезы, виды конструкторской документации, изображение и обозначение соединений.

Методические рекомендации по дисциплине «Инженерная графика» подготовлены на основе действующих стандартов и отвечают требованиям учебного процесса.

# 1 Геометрическое черчение

*Цель работы:* изучение понятий уклон, конусность, сопряжение и последовательности их графического построения.

*Задача работы:* построить чертеж согласно выданному варианту задания.

*Порядок выполнения работы:* изучить предложенный материал, после чего выполнить индивидуальное задание «Геометрическое черчение» на формате А3.

## 1.1 Уклон

В технике широко распространены детали, у которых имеются элементы в виде наклоненных друг к другу плоскостей. Наклонные плоскости, примыкающие к горизонтальным полкам швеллера, рельса и двутавра, образуют уклон (рисунок 1.1). Его величина стандартная и имеет определенные размеры.

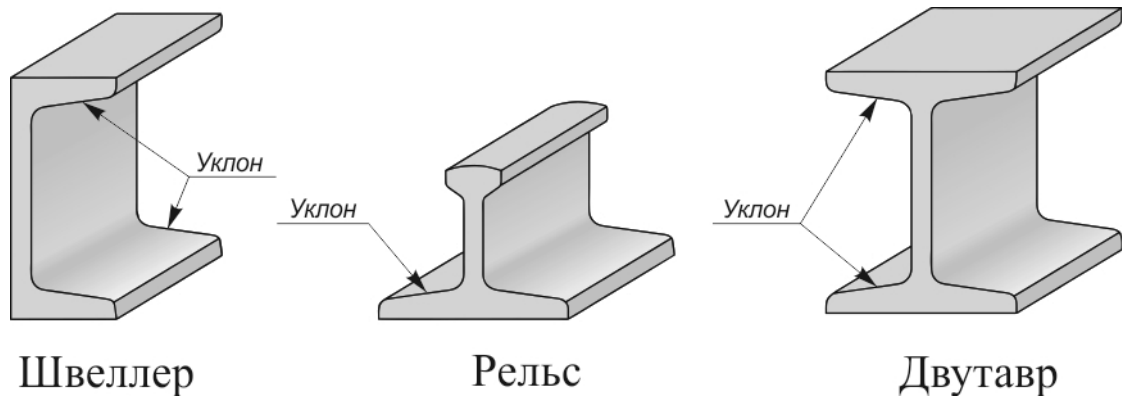
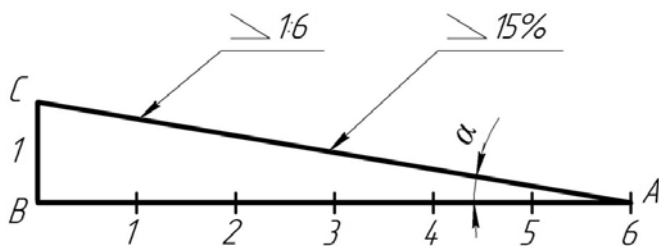


Рисунок 1.1 – Стальной фасонный прокат для металлоконструкций

*Уклон* – это величина, характеризующая наклон одной линии по отношению к другой. Она равна тангенсу угла между линиями и может быть выражена либо простой дробью, либо в процентах (рисунок 1.2).



$$i = \frac{BC}{AB} = \frac{1}{6} = \operatorname{tg} \alpha$$

Рисунок 1.2 – Образование уклона двух прямых

Для обозначения величины уклона на чертежах от наклонного участка проводят линию-выноску со стрелкой, а на ее горизонтальной полке помещают знак « $\triangleleft$ » или знак « $\triangle$ », рядом с которым записывают величину уклона. Острый угол знака уклона должен быть направлен в сторону занижения.

## 1.2 Конусность

Контуры некоторых деталей машиностроительного производства формируются комбинацией поверхностей вращения, в том числе и конических. Часто к коническим участкам не предъявляется особых требований, например, фаскам на валах и осях. В некоторых случаях, а именно к посадочным поверхностям, требования по изготовлению довольно жесткие (рисунок 1.3).

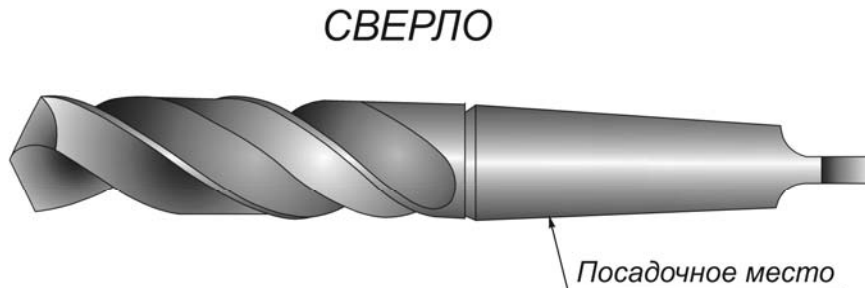


Рисунок 1.3 – Примеры деталей с коническими поверхностями

*Конусностью* называется отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса вращения к расстоянию между ними. Как видно из рисунка 1.4, конусность равна удвоенному уклону образующей конуса к его оси,  $k = 2i$ . Например, при  $i = 1:6$  конусность  $k = 2(1/6) = 1/3$ .

Для усеченного конуса  $k = 2 \operatorname{tg} \alpha = (D - d)/l$ .

При построении деталей с заданной конусностью значения геометрических размеров  $d$ ,  $D$  и  $l$  можно определять с помощью графических приемов.

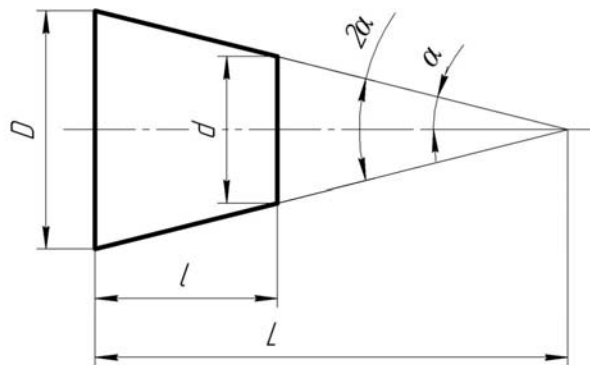


Рисунок 1.4 – Характеристика конусности

Пусть требуется построить хвостовик детали по заданным значениям большего диаметра  $D$ , его длины  $l$  и величины конусности  $k = 1:5$  (рисунок 1.5).

Для этого величину  $l$  делят на пять равных частей. Полученные значения в миллиметрах откладывают симметрично по обе стороны оси от осевой линии конуса на уровне сечения диаметра  $D$  (точки  $A$  и  $B$ ). Затем эти точки соединяют с точкой  $C$  на уровне искомого сечения диаметром  $d^*$ . Получился конус заданного угла с острой вершиной. Для построения требуемого изображения усеченного конуса следует от точек  $E$  и  $F$  провести параллельно прямые  $AC$  и  $BC$  до пересечения с границей конического участка длиной  $l$ .

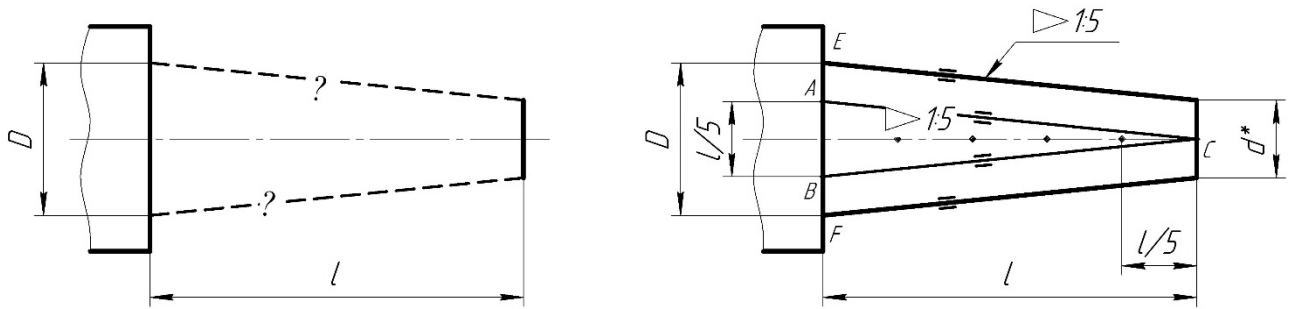


Рисунок 1.5 – Построение конусности на чертеже

Полученный чертеж следует дополнить обозначением конусности. Для этого используется знак равнобедренного треугольника « $\triangleleft$ », вершина которого направляется в сторону вершины конуса. Рядом с ней указывается величина конусности в виде дроби  $\triangleleft 1:5$ . Знак с величиной конусности можно помещать над осевой линией конуса или на полке выносной линии со стрелкой. Тогда искомое значение размера (в данном случае  $d$ ) можно не приводить или приводить со звездочкой «\*», что воспринимается как справочный размер.

### 1.3 Сопряжения

Построение сопряжения двух прямых дуг заданного радиуса сводится к нахождению центра дуги (рисунок 1.6). Для этого необходимо на расстоянии  $R$  возле каждой прямой провести параллельные прямые. Они пересекутся в точке  $O$ , которая и будет искомым центром. Далее из точки  $O$  опускают перпендикуляры на исходные прямые для нахождения начала  $A$  и конца  $B$  сопряжения. В завершение между ними проводят дугу заданного радиуса. Описанным образом можно получить сопряжения для прямых, находящихся под острым, прямым и тупым друг к другу углом.

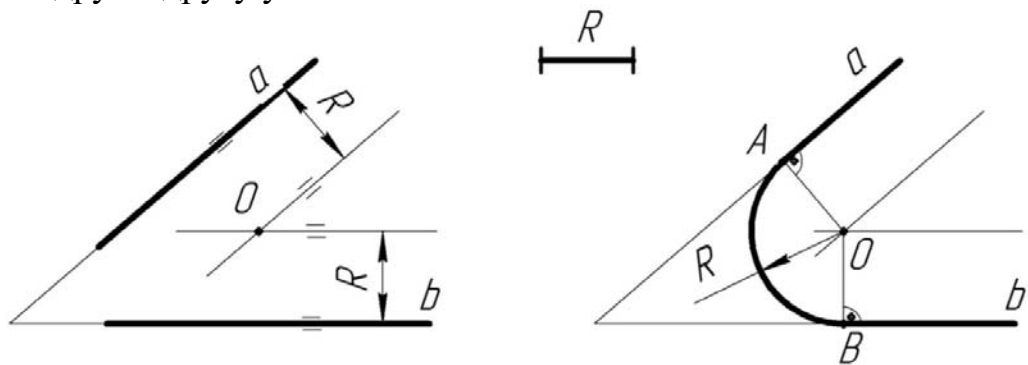


Рисунок 1.6 – Построение сопряжений двух прямых

Сопряжение прямой линии и окружности может быть внешним и внутренним. Основной задачей его построения также является определение центра дуги. Для внешнего сопряжения (рисунок 1.7) он находится на равном расстоянии от окружности и прямой, а именно в точке пересечения вспомогательной параллельной прямой, которая расположена от заданной на расстоянии  $R$ , и от дуги окружности радиусом  $R_1 + R$ , центр которой совпадает с центром заданной окружности. После нахождения центра сопряжения следует определить его

начало и конец, для чего из центра  $O$  опускают на исходную прямую перпендикуляр и находят точку  $B$ . Затем, соединив центр окружности  $O_1$  с центром  $O$  прямой, устанавливают точку  $A$ . Завершают построение проведением между  $A$  и  $B$  дуги радиусом  $R$ .

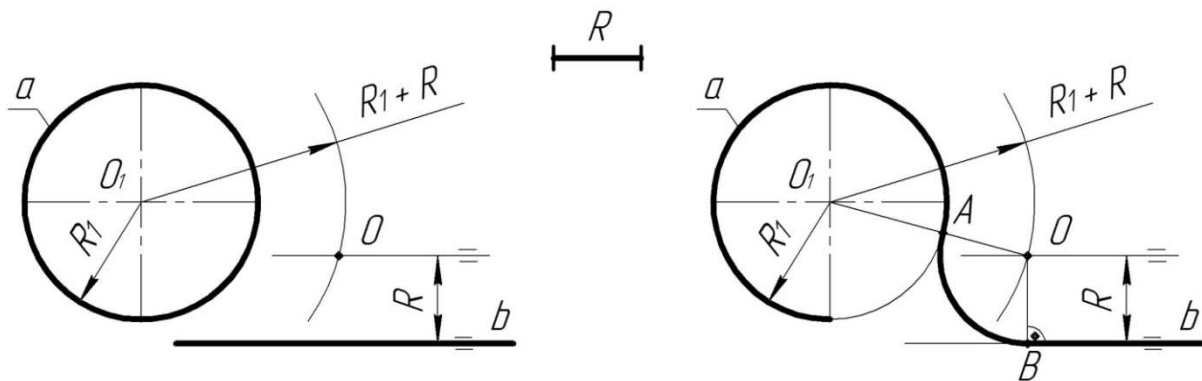


Рисунок 1.7 – Построение внешнего сопряжения прямой и окружности

Сопряжение двух окружностей бывает внешним и внутренним (рисунки 1.8 и 1.9). Построение их сводится, как и в предыдущих случаях, к определению местоположения центра сопрягающей дуги. У внешнего сопряжения он находится в точке пересечения вспомогательных окружностей радиусами  $R + R_1$  и  $R + R_2$ , у внутреннего радиусы вспомогательных дуг имеют значения  $R - R_1$  и  $R - R_2$ . Нахождение точек  $A$  и  $B$  начала и конца сопряжения аналогично описанному выше.

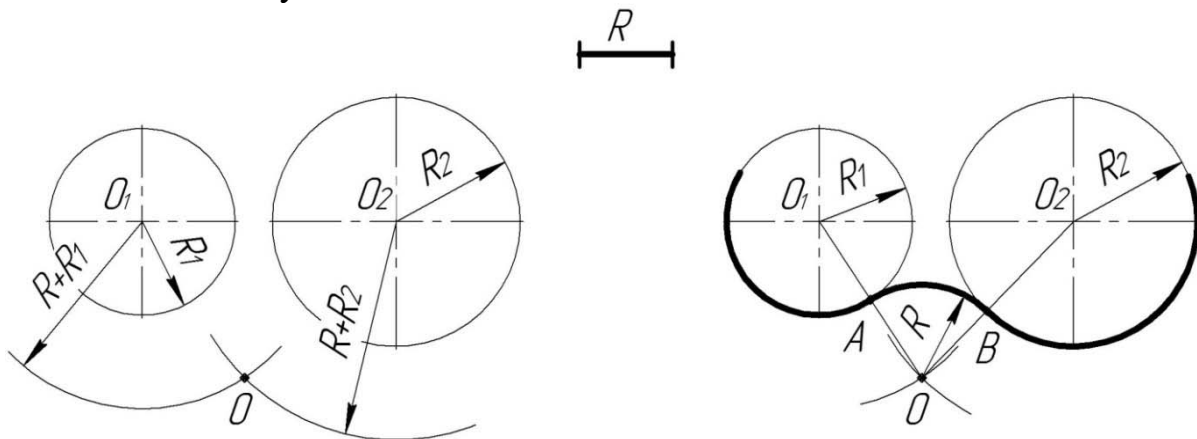


Рисунок 1.8 – Построение внешнего сопряжения двух окружностей

В случае внутреннего сопряжения радиус сопрягаемой дуги имеет значительно большую величину, чем радиусы исходных окружностей.



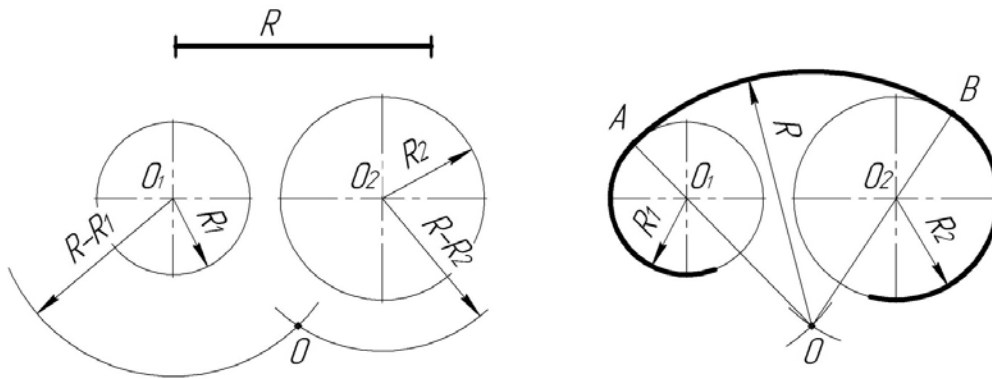


Рисунок 1.9 – Построение внутреннего сопряжения двух окружностей

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

- 1 Для чего на деталях необходимы уклоны и конусность? Привести примеры таких деталей.
- 2 Что называют конусностью? Где она применяется? Как ее построить и обозначить на чертеже?
- 3 Что называют уклоном? Как его построить и обозначить на чертеже?
- 4 Что такое сопряжение?

## **2 Проекционное черчение**

*Цель работы:* изучение видов и разрезов, особенностей их построения, расположения на чертеже и обозначения.

*Задача работы:* построить чертежи согласно выданному варианту задания.

*Порядок выполнения работы:* изучить предложенный материал, после чего выполнить индивидуальное задание «Проекционное черчение».

Лист 1. Формат А3. По заданному наглядному изображению детали построить три проекции, нанести размеры.

Лист 2. Формат А3. По двум данным проекциям модели построить третью. Выполнить фронтальный и профильный разрезы (соединение половины вида с половиной разреза).

Лист 3. Формат А3. Построить третью проекцию детали по двум данным. Выполнить необходимые сложные разрезы.

### **2.1 Виды**

В общем случае чертеж любого предмета содержит графические изображения его видимых и невидимых поверхностей [1]. Эти изображения получают путем прямоугольного (ортогонального) проецирования предмета на шесть граней куба, которые принимаются за основные плоскости проекций: фронтальную, горизонтальную, профильную и параллельные им.

ГОСТ 2.305–68 устанавливает правила выполнения всех упомянутых изображений. Количество изображений должно быть минимальным, но достаточ-

ным для того, чтобы полностью раскрыть форму предмета и найти все его размеры.

*Видом* называется изображение, на котором показана обращенная к наблюдателю видимая часть поверхности предмета.

ГОСТ 2.305–68 устанавливает шесть названий *основных видов*: вид спереди (главный вид), вид справа, вид сверху, вид снизу, вид слева, вид сзади (рисунок 2.1).

*Главный вид* должен давать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

Виды должны, по возможности, располагаться в проекционной связи. В таких случаях на чертеж не наносят какие-либо надписи, разъясняющие наименования видов (рисунок 2.2). В целях уменьшения количества изображений допускается показывать на видах штриховыми линиями невидимые контуры предмета.

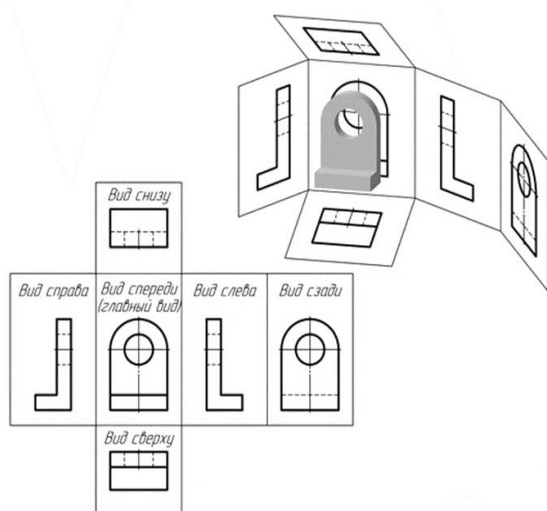


Рисунок 2.1 – Расположение основных видов

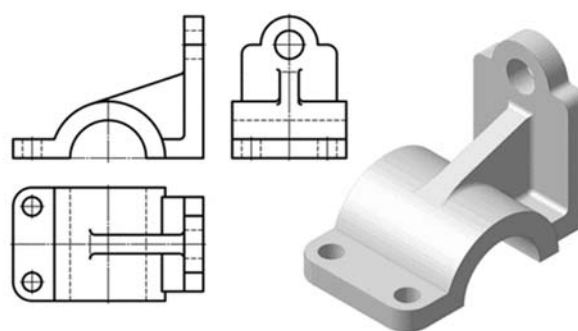


Рисунок 2.2 – Пример расположения трех основных видов (виды спереди, слева, сверху)

Если нарушается проекционная связь между видами, их необходимо обозначить: наносится стрелка, указывающая направление взгляда на предмет, а вид, который получен при взгляде на предмет, должен быть отмечен на чертеже буквой в порядке алфавита. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, приблизительно в 2 раза.

*Местный вид* – изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета. Местный вид может быть ограничен линией обрыва, осью симметрии или не ограничен. Местный вид применяется в тех случаях, когда из всего вида необходима только его часть для уточнения формы предмета.

Если изображение имеет ось симметрии, то допускается показывать его половину. Если местный вид выполняется в проекционной связи по направлению взгляда, то стрелку и надпись над местным видом не наносят. В противном случае – наносят. Применение местных видов позволяет уменьшить объем гра-

фической работы и сэкономить место на поле чертежа, обеспечивая полное представление о форме предмета (рисунок 2.3).

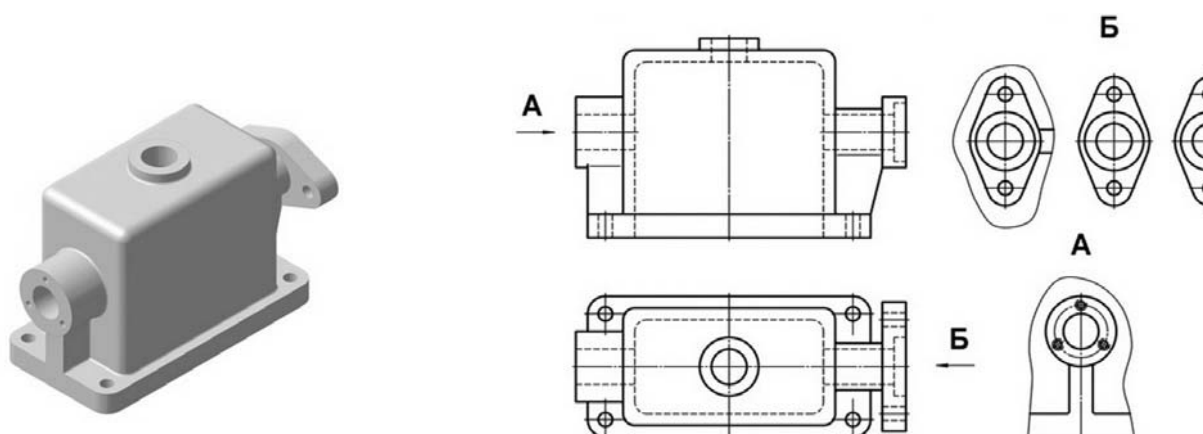


Рисунок 2.3 – Виды местные

*Дополнительный вид* получается проецированием предмета на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций (рисунок 2.4).

Дополнительные виды применяются в случаях, когда изображение предмета или его элемента не может быть показано на основных видах без искажения формы и размеров.

Если дополнительный вид расположен в проекционной связи, то он не обозначается. В противном случае – направление взгляда должно быть указано стрелкой, а над изображением делается надпись соответствующей буквой. Дополнительный вид допускается поворачивать. В этом случае к надписи добавляется знак – кружок со стрелкой.

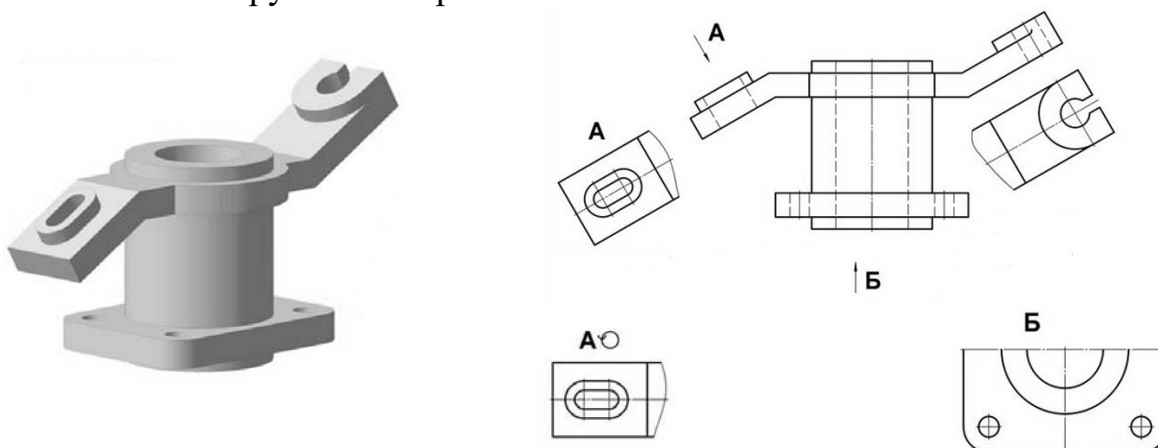


Рисунок 2.4 – Виды дополнительные

## 2.2 Разрезы

В результате выполнения разреза линии внутреннего контура, изображавшиеся на виде штриховыми линиями, становятся видимыми и должны быть выполнены сплошными основными линиями.

*Разрез* – это изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. Если секущая плоскость одна – разрез простой (рисунок 2.5), две и более – сложный.

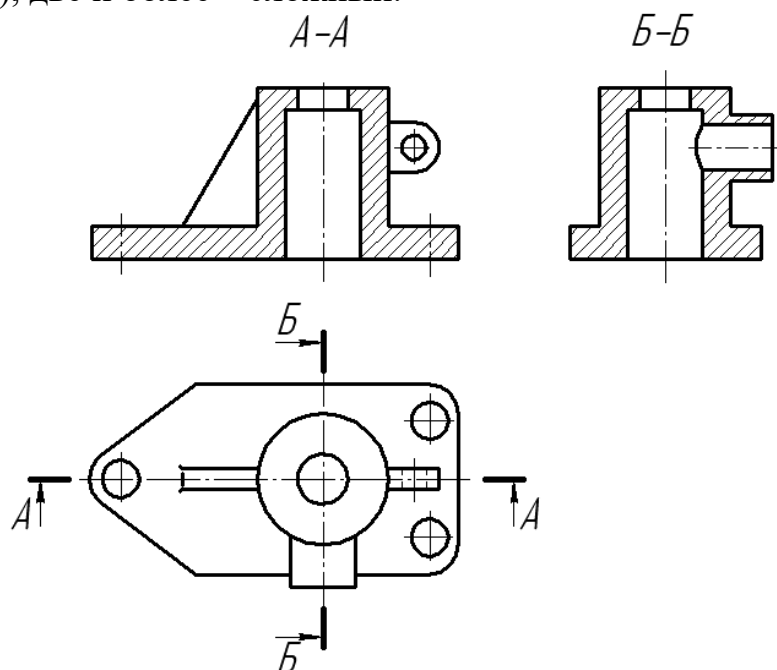


Рисунок 2.5 – Простые разрезы

На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и то, что расположено за ней.

Разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разделяют на:

- *горизонтальные* – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций;
- *вертикальные* – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (*фронтальный, профильный*);
- *наклонные* – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого.

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут размещаться на месте соответствующих основных видов и на свободных местах чертежа. В продольных разрезах ребро жесткости не штрихуется (рисунок 2.5).

Материал, попадающий в плоскость разреза, необходимо заштриховать.

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом  $45^\circ$  к линиям рамки чертежа (рисунок 2.6, *а*), к линии контура изображения (рисунок 2.6, *б*) или к его оси (рисунок 2.6, *в*).

Если линии штриховки, приведенные к рамке чертежа под  $45^\circ$ , совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла  $45^\circ$  следует брать угол  $30^\circ$  или  $60^\circ$  (рисунок 2.6, *з*).

Расстояние между параллельными линиями штриховки (частота) должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных деталей.

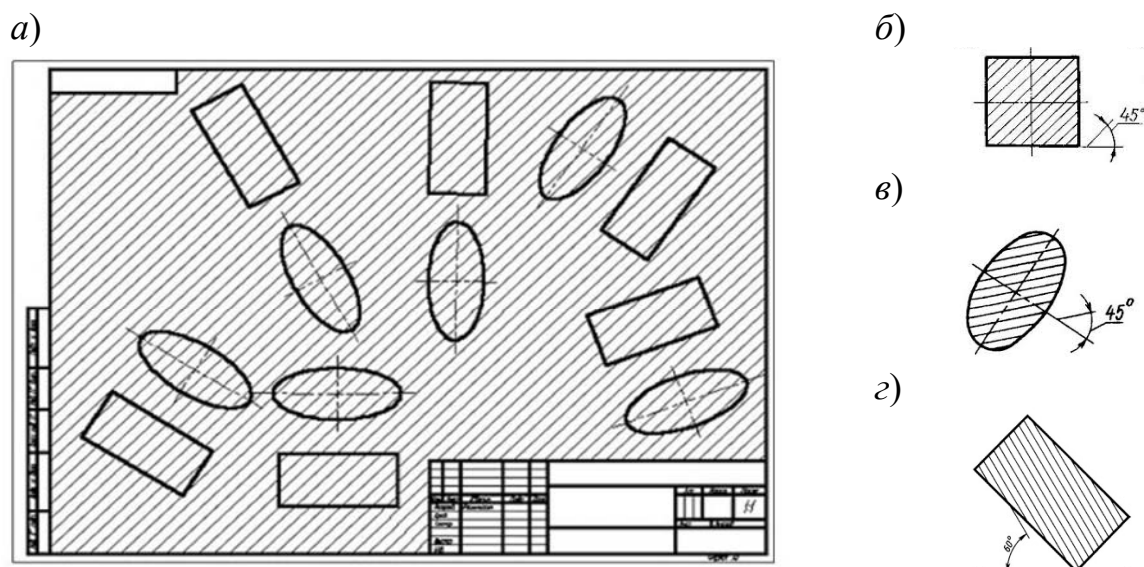


Рисунок 2.6 – Наклон штриховки на чертежах

Графические обозначения некоторых видов материалов приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Графическое обозначение штриховки в зависимости от материала

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллические материалы	
Дерево	
Камень	
Керамика и силикатные материалы	

Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого – влево (встречная штриховка). В смежных штриховках одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки или сдвигать эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона (рисунок 2.7).

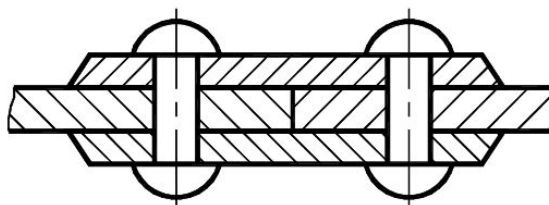


Рисунок 2.7 – Штриховка смежных деталей

Если деталь симметричная и разрез выполнен на месте какого-либо основного вида, то допускается соединять часть вида с частью разреза. Границей между ними служит штрихпунктирная тонкая линия, т. е. ось симметрии (рисунок 2.8).

Если на оси симметрии расположена линия видимого или невидимого контура, то видимость ее сохраняют, дополнительно проводя волнистую линию левее или правее оси симметрии (рисунок 2.9).

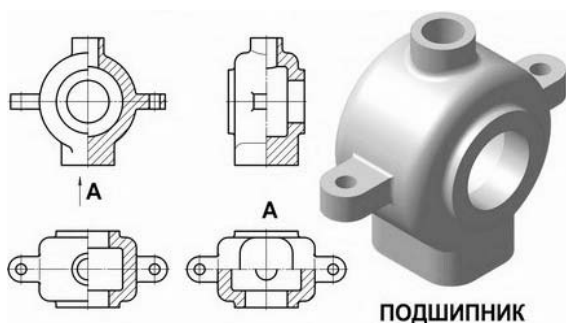


Рисунок 2.8 – Соединение половины вида и половины разреза

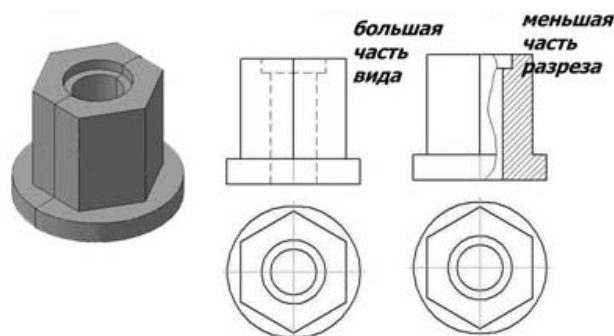


Рисунок 2.9 – Соединение части вида и части разреза

Не обозначаются разрезы (горизонтальные, фронтальные, продольные):

- если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом;
- соответствующий разрез расположен на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи с основными изображениями и не отделен от них какими-либо другими изображениями.

При обозначении разрезов положение секущей плоскости указывают на чертеже разомкнутой линией. Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения.

На этих штрихах наносят стрелки, на расстоянии 2...3 мм от внешних концов штриха. Стрелки указывают направление взгляда на разрез (рисунок 2.10). У начала и конца линии сечения (около стрелок) наносят одну и ту же прописную букву русского алфавита, а над выполненным разрезом пишут ту же букву дважды через тире (см. рисунок 2.5). Размер шрифта буквенных обозначений должен быть на два размера больше размерных чисел, нанесенных на том же чертеже.

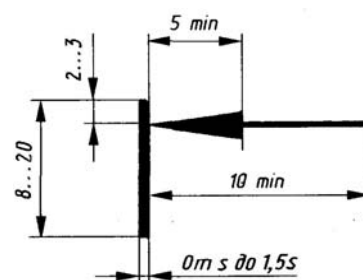


Рисунок 2.10 – Обозначение разреза

*Сложными разрезами* называются разрезы, получаемые с помощью двух и более секущих плоскостей. Они применяются в случаях, когда количество элементов деталей, их форма и расположение не могут быть изображены на простом разрезе одной секущей плоскостью и это вызывает необходимость применения нескольких секущих плоскостей.

Сложные разрезы разделяются на *ступенчатые* и *ломаные*.

*Ступенчатыми разрезами* называют разрезы, выполненные несколькими параллельными секущими плоскостями (рисунок 2.11).

*Ломаными* называются разрезы, полученные от рассечения предмета не параллельными, а пересекающимися плоскостями (угол пересечения более  $90^\circ$ ).

Секущие плоскости условно поворачивают около линии взаимного пересечения до совмещения с плоскостью, параллельной какой-либо из основных плоскостей проекций, поэтому ломаные разрезы могут быть фронтальными, горизонтальными или профильными (рисунок 2.12).

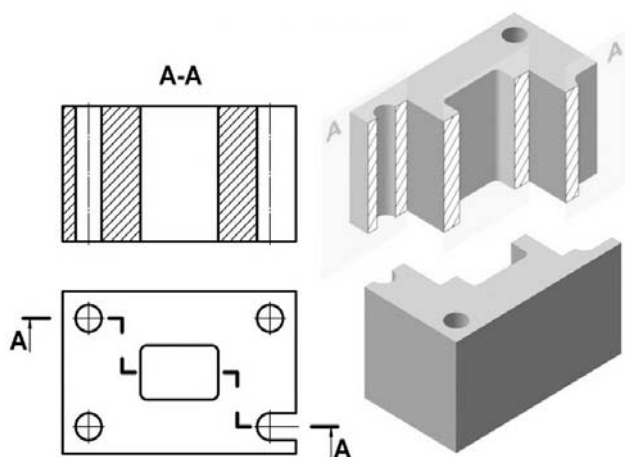


Рисунок 2.11 – Ступенчатый разрез

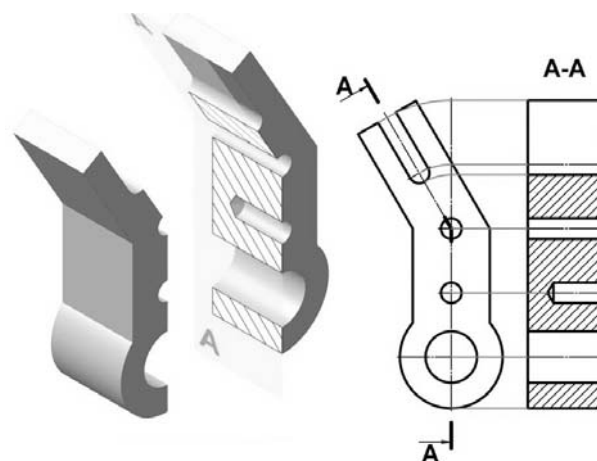


Рисунок 2.12 – Ломаный разрез

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

- 1 Какое изображение называется видом?
- 2 Перечислите шесть основных видов. Расскажите об их расположении на чертеже.
- 3 Дайте определение местного и дополнительного видов.
- 4 Что называют разрезом? Какие разрезы Вы знаете?
- 5 Расскажите основные правила нанесения штриховки на чертежах, если деталь изготовлена из металла.

## **3 Проекция плоской фигуры**

*Цель работы:* научиться строить проекции плоских фигур.

### **Проекция равностороннего треугольника. Варианты 1–10.**

*Задача работы:* построить равносторонний треугольник  $ABC$  с основанием  $BC$ , равным 100 мм, лежащим на прямой  $MN$ , и вершиной  $A$  на прямой  $EF$ . Определить углы наклона высоты  $AK$  к плоскостям проекций  $V$  и  $H$ .

*Порядок выполнения работы:*

– на правой стороне листа вычертить  $\triangle ABC$  по заданным размерам, проведя высоту  $AK$ , нанести заданные размеры (рисунок 3.1);

- построить недостающую фронтальную проекцию  $E''F''$  прямой  $EF$ , используя теорему о проецировании прямого угла (точку  $K$  пересечения прямых  $EF$  и  $MN$  взять за основание высоты треугольника);
- от точки  $K$  на натуральной величине прямой  $MN$  по обе стороны отложить по 50 мм, получая точки  $B$  и  $C$ ;
- взять на прямой  $EF$  точку  $F$ ;
- найти натуральную величину прямой  $KF$  методом прямоугольного треугольника;
- отложить на натуральной величине прямой  $KF$  натуральную величину высоты  $AK$  (размер  $AK$  измерить на плоском чертеже);
- делением отрезка в данном отношении найти на фронтальной проекции прямой  $EF$  истинное положение фронтальной проекции точки  $A$ . Соединить одноименные проекции точек  $A$ ,  $B$  и  $C$ ;
- определить углы наклона  $\alpha$  и  $\beta$  высоты  $AK$  к плоскостям проекций  $H$  и  $V$  методом прямоугольного треугольника;
- обвести чертеж сплошной толстой основной линией. При желании красным цветом выделить проекции треугольника  $ABC$  и углы наклона  $\alpha$  и  $\beta$ .

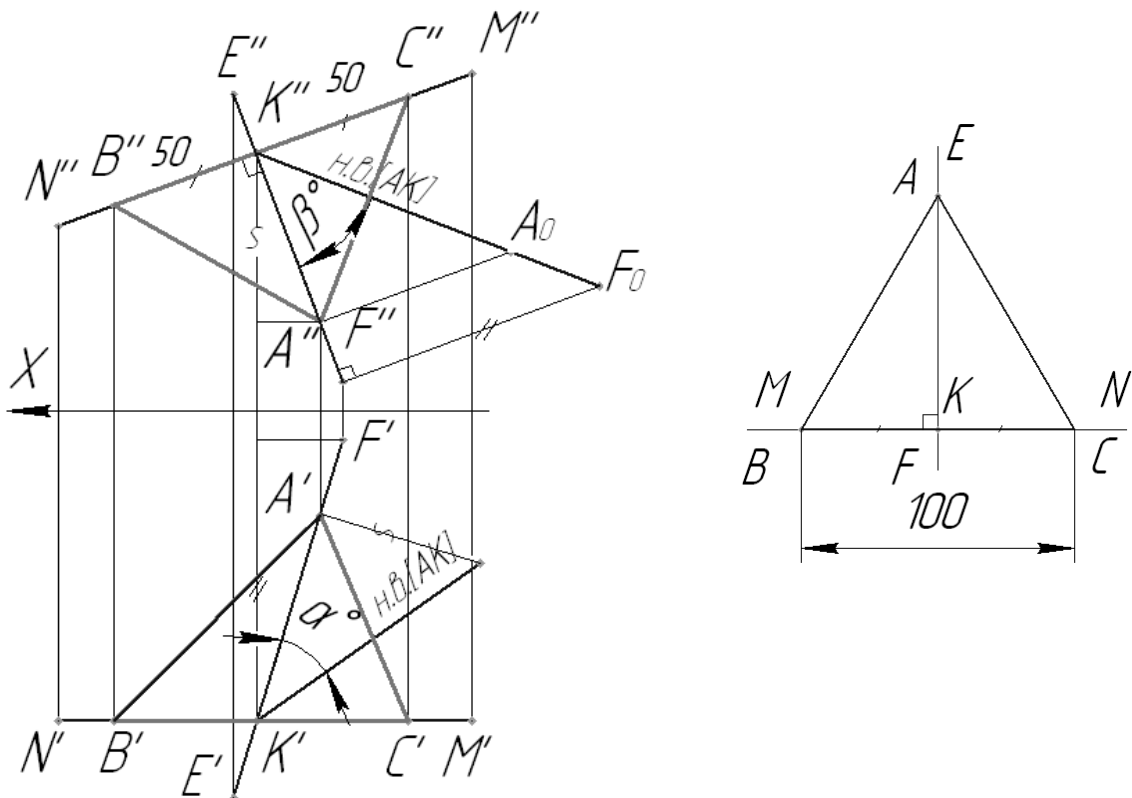


Рисунок 3.1 – Пример построения треугольника

### **Проекции параллелограмма. Варианты 11–20.**

**Задача работы:** построить параллелограмм  $ABCD$  со стороной  $BC$ , равной 100 мм, расположенной на прямой  $BM$ , исходя из условия, что его высота  $AK$  лежит на прямой  $EF$  и длина боковой стороны равна 60 мм. Определить углы наклона высоты  $AK$  к плоскостям проекций  $V$  и  $H$  (рисунок 3.2).



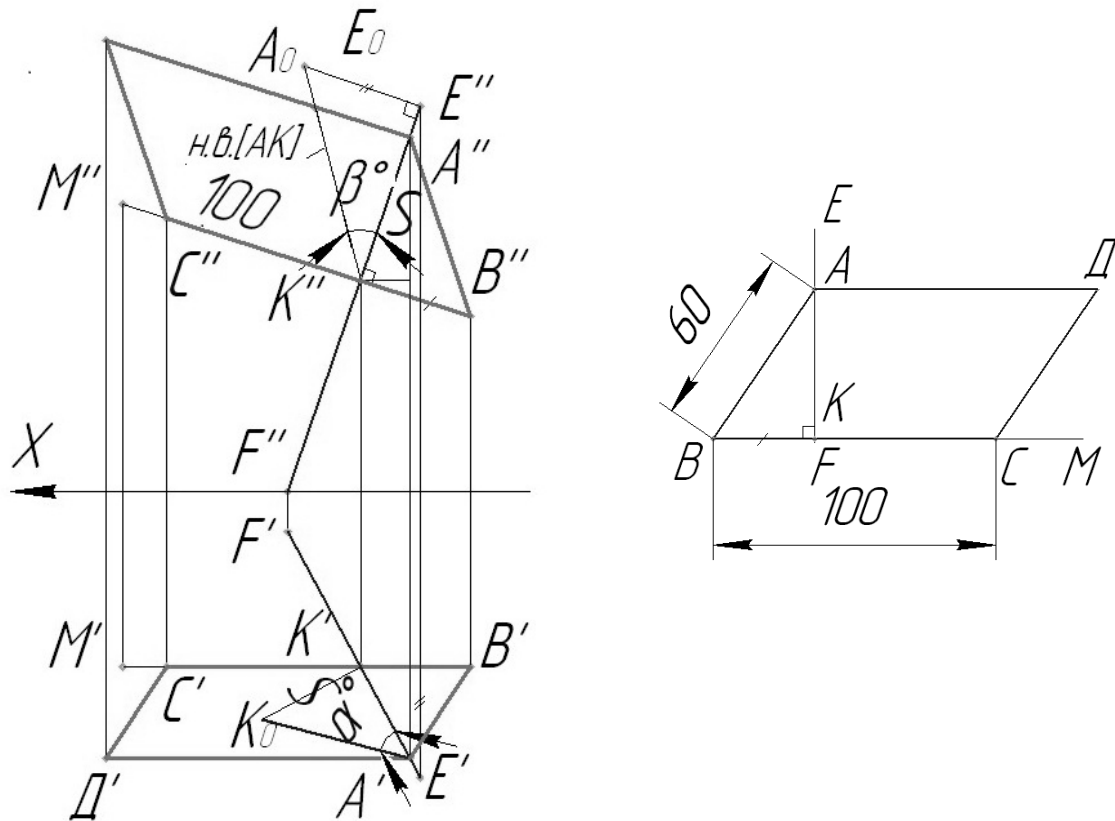


Рисунок 3.2 – Пример построения параллелограмма

*Порядок выполнения работы:*

- от точки  $B$  на прямой  $BM$  отложить отрезок, равный 100 мм. Получается сторона параллелограмма  $BC = 100$  мм;
- найти на прямой  $EF$  точку  $A$ , зная, что  $AB = 60$  мм;
- из точки  $A$  провести прямую, параллельную  $BC$ , и на ней отложить отрезок, равный 100 мм. Получится точка  $D$ . Соединить найденные точки;
- построить недостающую проекцию прямой  $EF$ . По натуральной величине  $BK$  (из эюра) и размеру боковой стороны параллелограмма  $AD = 60$  мм (из условия задачи) построить параллелограмм на плоскости (на правой стороне листа), нанести заданные размеры;
- от точки  $B$  влево на натуральной величине прямой  $BM$  отложить отрезок, равный 100 мм. Получится точка  $C$ . Взять на прямой  $EF$  точку  $E$ ;
- найти натуральную величину прямой  $KE$  методом прямоугольного треугольника;
- отложить на натуральной величине прямой  $KE$  натуральную величину высоты  $AK$  (размер  $AK$  взять из плоского чертежа);
- делением отрезка в данном отношении найти на фронтальной проекции прямой  $EF$  истинное положение фронтальной проекции точки  $A$ ;
- соединить одноименные проекции точек  $A$  и  $B$ . Используя свойства сторон параллелограмма, построить его проекции;
- определить углы наклона  $\alpha$  и  $\beta$  высоты  $AK$  к плоскости проекций  $H$  и  $V$  методом прямоугольного треугольника;
- обвести чертеж сплошной толстой основной линией.

### Проекции равнобедренной трапеции. Варианты 21–30.

**Задача работы:** построить равнобедренную трапецию  $ABCD$  с большим основанием  $BC$ , расположенным на прямой  $MN$ , исходя из условия, что ее острый угол равен  $\varphi$  и меньшее основание трапеции равно высоте. Определить углы наклона высоты  $AK$  к плоскостям проекций  $V$  и  $H$  (рисунок 3.3).

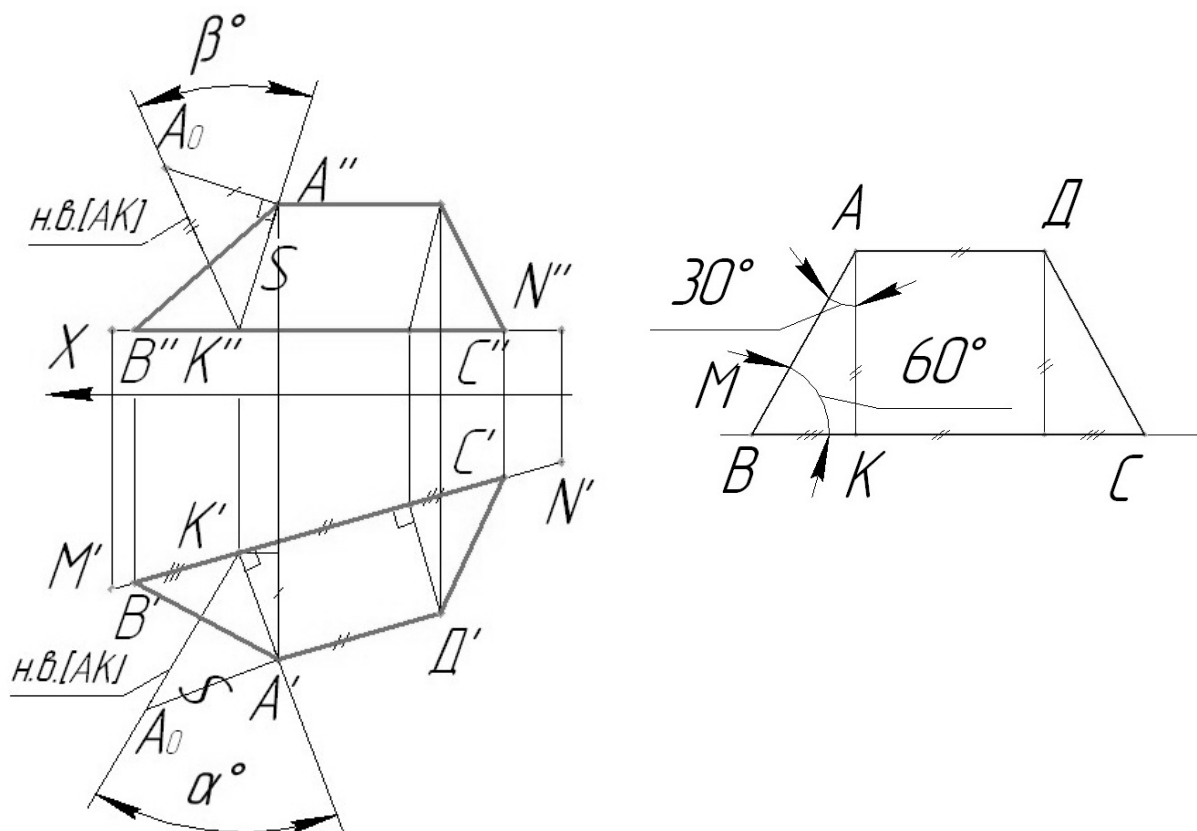


Рисунок 3.3 – Пример построения трапеции

#### Порядок выполнения работы:

– построить проекции высоты трапеции  $AK$ , опустив перпендикуляр из точки  $A'$  на прямую  $M'N'$ . Использовать теорему о проецировании прямого угла. Найти натуральную величину высоты  $AK$  методом прямоугольного треугольника;

– зная натуральную величину высоты  $AK$  (из эюра) и то, что острый угол трапеции равен  $60^\circ$ , а меньшее основание  $AD$  равно высоте  $AK$ , построить трапецию на плоскости (на правой половине листа), нанести заданные размеры и отметить равные отрезки;

– от точки  $K'$  на прямой  $M'N'$  откладываем натуральную величину  $[BK]$  (натуральную величину  $[BK]$  взять из плоского чертежа);

– для нахождения точки  $D$  необходимо через точки  $A'$  и  $A''$  провести линии, параллельные  $M'N'$  и  $M''N''$ , и отложить от точки  $A'$  натуральную величину  $[AK]$  и затем найти ее фронтальную проекцию;

– используя свойство трапеции, найти положение проекций точки  $C$ . Соединить одноименные проекции полученных точек;

- определить углы наклона  $\alpha$  и  $\beta$  высоты  $AK$  к плоскостям  $H$  и  $V$  методом прямоугольного треугольника;
- обвести чертеж сплошной толстой основной линией.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

- 1 Дайте определение прямой общего положения и прямым уровням: фронтали и горизонтали.
- 2 В чем заключается метод прямоугольного треугольника при нахождении натуральной величины отрезка?
- 3 Как определить углы наклона прямой к плоскостям проекций?
- 4 Построить равносторонний треугольник  $ABC$  с основанием  $BC$ , равным 100 мм, лежащим на прямой  $MN$ , и вершиной  $A$  на прямой  $EF$ . Определить углы наклона высоты  $AK$  к плоскостям проекций  $V$  и  $H$ . Координаты точек:  $M(150; 60; 20)$ ,  $N(0; 20; 20)$ ,  $E(50; -; 100)$ ,  $F(85; -; 0)$ .

## **4 Разъемные соединения**

*Цель работы:* изучение резьбы, ее классификации, изображения и условного обозначения на чертеже.

*Задача работы:* построить чертеж согласно выданному варианту задания.

*Порядок выполнения работы:* изучить предложенный материал, после чего выполнить индивидуальное задание «Резьбовые соединения».

Формат А3. Резьбовые соединения шпилькой по действительным размерам; упрощенно соединения болтом, винтом. Нанести номера позиций и необходимые размеры.

Формат А4. Спецификация на соединения резьбовые.

### ***4.1 Классификация резьб, их изображение и условное обозначение***

Основным элементом всех резьбовых соединений является резьба. Часть резьбы, образованную при одном повороте профиля вокруг оси, называют витком.

Если резьбу выполняют до некоторой поверхности, не позволяющей доводить инструмент до упора к ней, то образуется недовод резьбы. Сбег и недовод образуют недорез резьбы. Если требуется изготовить резьбу полного профиля, без сбega, то для вывода резьбообразующего инструмента делают проточку, диаметр которой для наружной резьбы должен быть немного меньше внутреннего диаметра резьбы, а для внутренней резьбы – немного больше наружного диаметра резьбы (рисунок 4.1).

В начале резьбы, как правило, делают коническую фаску, предохраняющую крайние витки от повреждений и служащую направляющей при соединении деталей с резьбой. Фаску выполняют до нарезания резьбы.

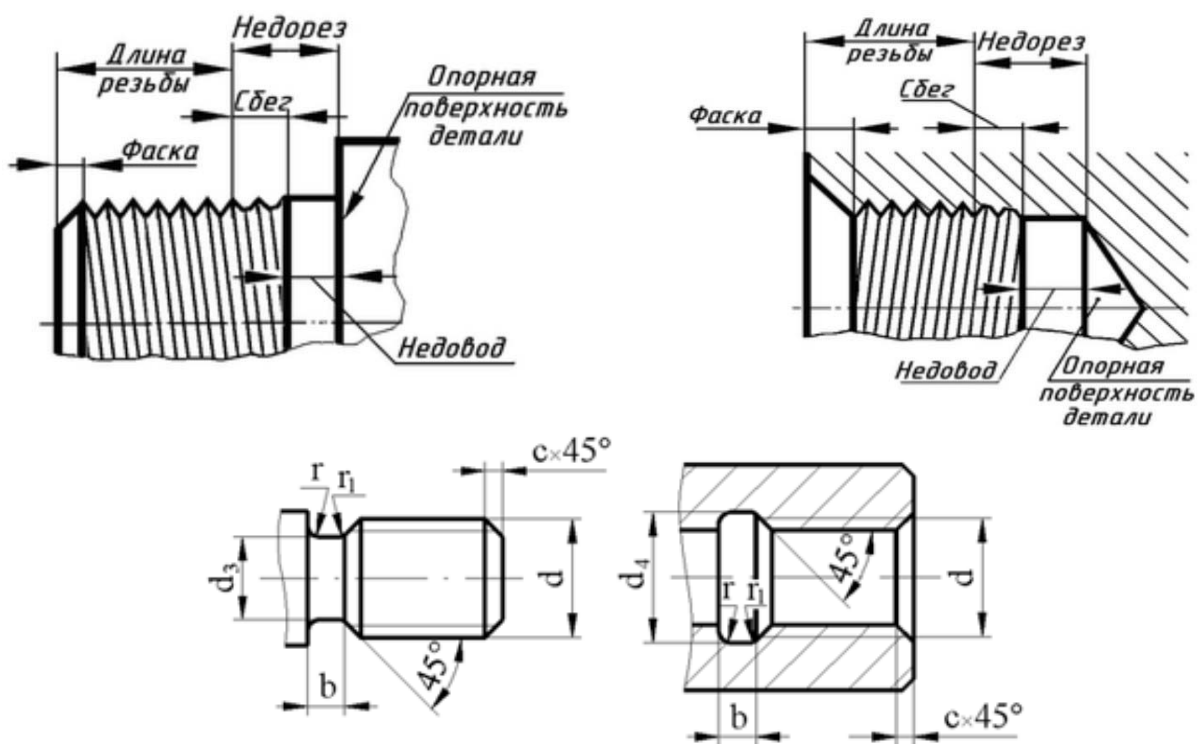


Рисунок 4.1 – Конструктивные элементы резьбы

На рисунке 4.2 изображен профиль резьбы и обозначены его основные параметры.

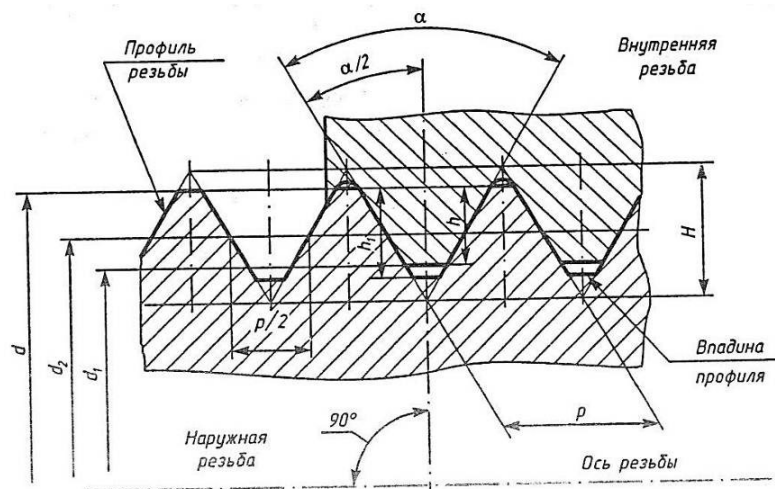


Рисунок 4.2 – Основные параметры резьбы

*Ось резьбы* – прямая, относительно которой происходит винтовое движение плоского профиля, образующего резьбу.

*Профиль резьбы* – контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось.

*Угол профиля  $\alpha$*  – угол между боковыми сторонами профиля.

*Наружный диаметр резьбы  $d$*  – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадины внутренней резьбы.

*Внутренний диаметр резьбы  $d_1$*  – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или в вершины внутренней резьбы.

*Шаг резьбы  $P$*  – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

*Ход резьбы* – расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности в направлении, параллельном оси резьбы. В *однозаходной* резьбе ход равен шагу, в *многозаходной* – произведению шага на число заходов.

Построение точного изображения витков резьбы требует много времени, поэтому его применяют в редких случаях. Согласно ГОСТ 2.311–68 на чертежах резьбу изображают условно, независимо от профиля резьбы (рисунок 4.3).

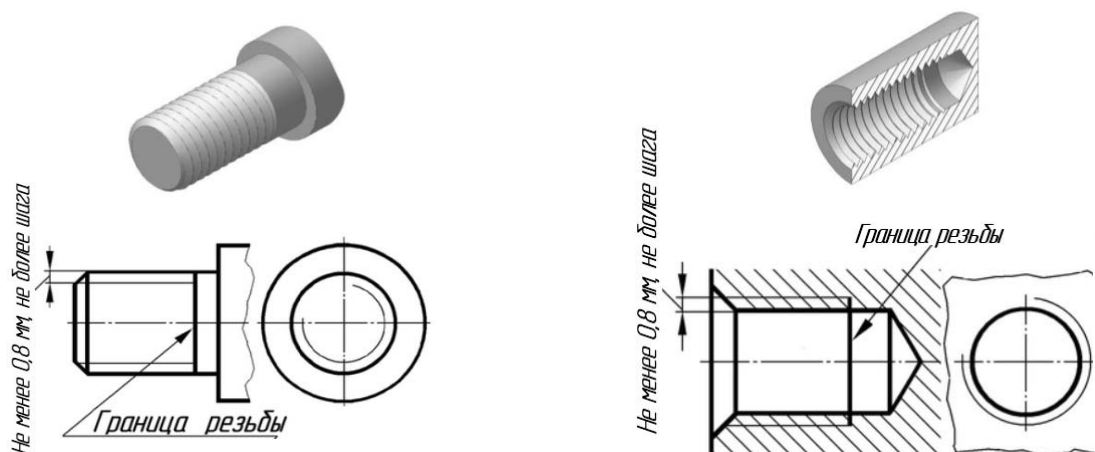


Рисунок 4.3 – Изображение резьбы на цилиндрических поверхностях

Резьбу на стержне изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими по внутреннему на всю длину резьбы, включая фаску. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по наружному диаметру резьбы проводится окружность сплошной основной линией, а по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу сплошной тонкой линией, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте.

Внутренняя резьба в отверстии на продольном разрезе изображается сплошными основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру. На изображении, полученном проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, по внутреннему диаметру резьбы проводится окружность сплошной основной линией, а по наружному диаметру проводится тонкой сплошной линией дуга окружности, разомкнутая в любом месте и равная приблизительно  $3/4$  окружности; фаска на таком виде не изображается. Расстояние между сплошными основной и тонкой линиями, применяемыми для изображения резьбы, должно быть не менее 0,8 мм и не более шага резьбы. Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы в конце полного профиля до сбег и изображают сплошной основной линией.

Фаска, не имеющая специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, не изображается.

На разрезах резьбового соединения изображают только ту часть внутренней резьбы, которая не закрыта наружной резьбой. Штриховку проводят до сплошных основных линий (рисунок 4.4).

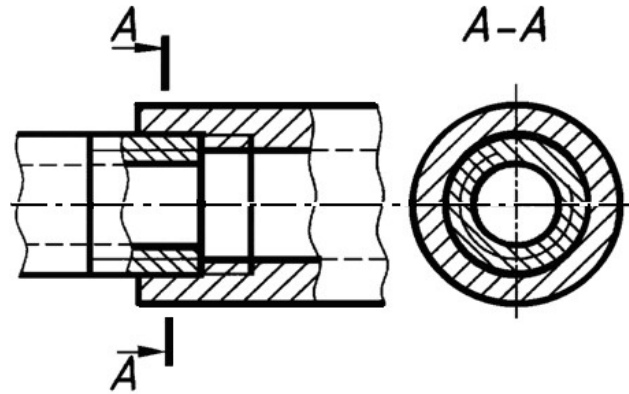


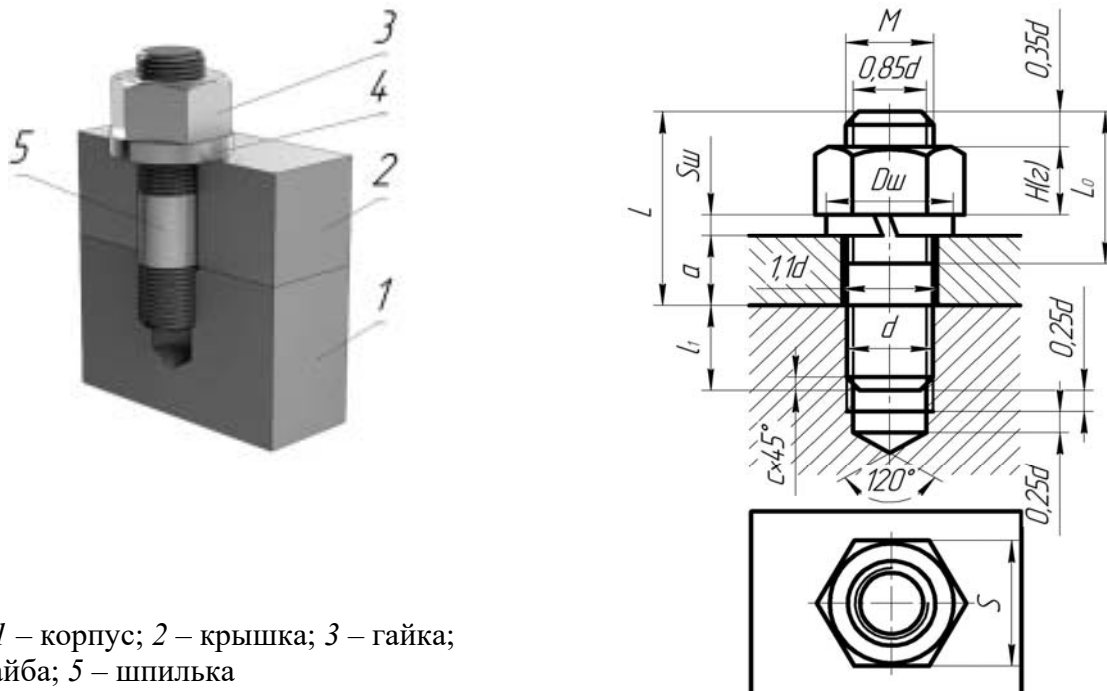
Рисунок 4.4 – Изображение резьбы в соединении

#### 4.2 Построение соединения шпилькой по действительным размерам

*Шпилька* – крепежная деталь для разъемного резьбового соединения, представляющая собой цилиндрический стержень с нарезанной резьбой на обоих концах. Средняя часть шпильки без резьбы, гладкая.

Существуют самые различные конфигурации шпилек. Конструкции и размеры шпилек регламентированы ГОСТ 22032–76 и ГОСТ 22043–76.

На рисунке 4.5 показаны наглядное изображение и изображение соединения шпилькой по действительным размерам.



1 – корпус; 2 – крышка; 3 – гайка;  
4 – шайба; 5 – шпилька

Рисунок 4.5 – Изображение соединения шпилькой

Исходным параметром для соединения шпилькой является диаметр резьбы шпильки  $d$ . Расчетная длина шпильки:  $L_p = a + S_{ш} + H(\varepsilon) + 0,35d$ . Размер  $a$  берется из схемы согласно выданного варианта. Размеры пружинной шайбы  $S_{ш}$ ,  $D_{ш}$  подбираются по ГОСТ 6402–70. Высота шестигранной гайки  $H(\varepsilon)$  и размер «под ключ»  $S$  – из ГОСТ 5915–70. Стандартная длина шпильки  $L$  подбирается после расчета  $L_p$ , значение которого округляется до ближайшего стандартного значения длины шпильки кратного 5. На сборочном чертеже линия раздела соединяемых деталей 1 и 2 должна совпасть с границей резьбы посадочного конца шпильки.

Величина фаски  $c$  зависит от шага резьбы.

*Гайка* – деталь, имеющая отверстие с резьбой.

Для построения гайки по действительным размерам необходимо знать диаметр  $d$  резьбы гайки. В соответствии с диаметром резьбы определяют диаметр описанной окружности  $e$  (рисунок 4.6).

На виде спереди строят проекции шестигранной призмы заданной высоты  $m$ , которая равна размеру  $H(\varepsilon)$  с рисунка 4.5. Далее определяют диаметр  $d_w$  окружности, ограничивающей торцовые плоскости гайки:  $d_w = (0,9...0,95) S$ .

Вычерчивание проекций гипербол условно заменяют упрощенным вычерчиванием дуг окружностей. Для нахождения центров радиусов дуг окружностей используют три точки: вершину гиперболы и две точки концов гиперболы.

Через точку 4'' радиусом  $R = 1,5d$ , центр которого будет лежать на оси гайки, проводят дугу до пересечения с боковыми ребрами гайки.

Соединив полученные точки, определяют центры  $O_1''$  радиусов  $R_2$ , которые будут находиться посередине между ребрами гайки. Из центра  $O_1''$  радиусом  $R_2$  проводят дуги на боковых гранях гайки.

Заканчивают построение гайки изображением резьбы на виде сверху.

Параметры гайки выбирают руководствуясь ГОСТ 5915–70.

*Шайба* – деталь резьбового соединения в виде тонкого плоского или фасонного диска с отверстием круглой формы. Стандартные плоские шайбы подкладываются под гайки или головки болтов (винтов) с целью предохранения свинчиваемых деталей от повреждения или увеличения опорной поверхности гайки или головки. Для предотвращения резьбовых соединений от самоотвинчивания широко применяются пружинные шайбы. Данные для построения шайб приведены в ГОСТах.

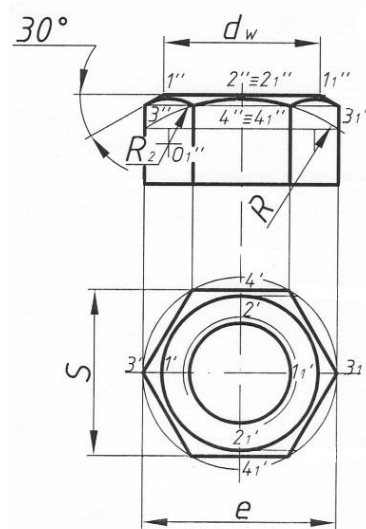


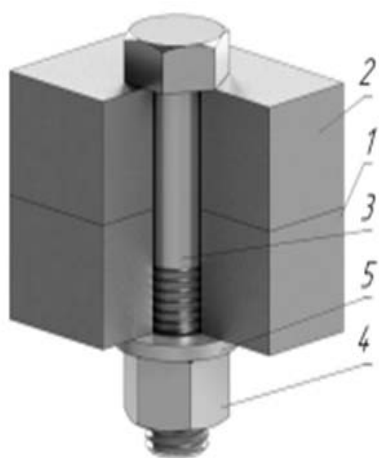
Рисунок 4.6 – Пример построения шестигранной гайки нормальной точности

### 4.3 Построение упрощенных изображений болтового и винтового соединений

*Болт* представляет собой цилиндрический стержень, снабженный на одном конце головкой, на другом – резьбой, на которую навинчивается гайка.

На рисунке 4.7 показаны наглядное и упрощенное изображения соединения деталей болтом.

Исходным параметром болта является его наружный диаметр резьбы  $d$ . Расчетная длина болта:  $L_p = a + b + S_{ш} + H(z) + 0,35d$ . Размеры  $a$  и  $b$  берутся из схемы согласно выданного варианта. Размеры пружинной шайбы  $S_{ш}$ ,  $D_{ш}$  подбираются по ГОСТ 6402–70. Высота шестигранной гайки  $H(z)$  и размер «под ключ»  $S$  – из ГОСТ 5915–70. Стандартная длина болта  $L$  подбирается после расчета  $L_p$  по ГОСТ 7798–70.



1 – корпус; 2 – крышка; 3 – болт;  
4 – гайка; 5 – шайба

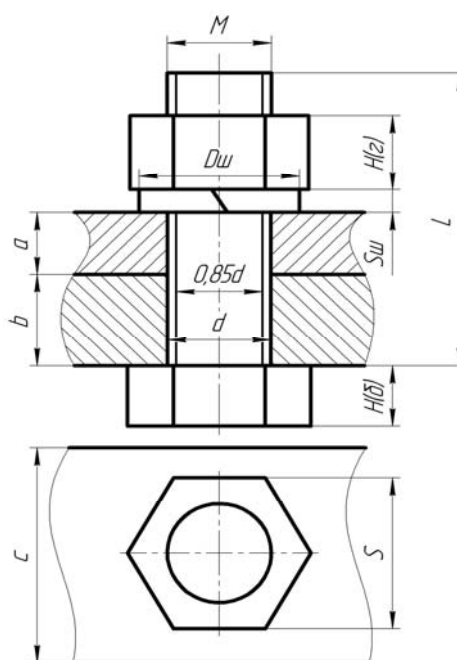


Рисунок 4.7 – Изображение соединения болтом

*Крепежный винт* – деталь, которая служит для разъемного соединения и представляет собой цилиндрический стержень с резьбой для ввинчивания в одну из соединяемых деталей и головкой различных форм «под ключ» или с прорезью «под отвертку».

На рисунке 4.8 показаны наглядное и упрощенное изображение винтового соединения.

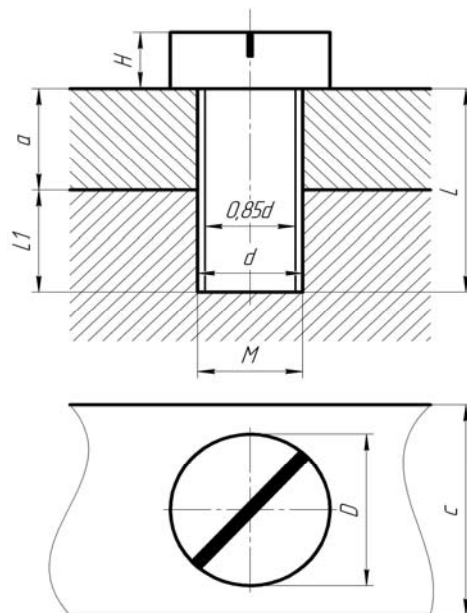
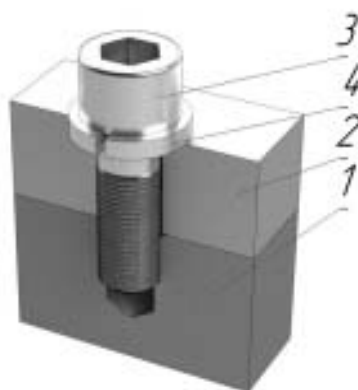
Винтовое соединение рассчитывают исходя из заданного диаметра резьбы  $d$ , толщины привинчиваемой детали  $a$ , марки материала детали с резьбовым гнездом ( $L_1$  зависит от материала корпуса).

На сборочных чертежах шлицы (под отвертку) на головках винтов вычерчиваются под углом  $45^\circ$  относительно рамки чертежа.

Остальные размеры винта ( $D$ ,  $H$ ) выбирают руководствуясь ГОСТ.



Если материал корпуса – пластмасса или легкий сплав, то под винт необходимо класть шайбу, размеры которой берутся из ГОСТ 11371–78.



1 – корпус; 2 – крышка; 3 – винт;  
4 – шайба

Рисунок 4.8 – Изображение соединения винтом

#### 4.4 Спецификация

*Спецификация* – это текстовый конструкторский документ, определяющий из какого количества и разновидностей частей собирается изделие и какие сопутствующие документы дополняют его сборочный чертеж.

В общем случае спецификация носит табличную форму, в колонках и строчках которой помещается следующая информация.

В колонке «Формат» указываются форматы (А1, А2, А3, А4) конструкторских документов, поясняющих конструкцию изделия и особенности его работы.

В колонке «Зона» указывается номер зоны сборочного чертежа, откуда в спецификацию выносятся данные по составляющим частям изделия. На такие зоны разбиваются чертежи больших форматов (А0×2 и А0×3), для чего его вертикальная сторона нумеруется заглавными буквами русского алфавита, а горизонтальная – арабскими цифрами. Тогда зоны сборочного чертежа имеют, например, обозначения В1, Б2, Г4 и др.

В колонке «Поз.» (Позиция) записываются цифры-номера позиций, которыми помечены составляющие части изделия. Цифры приводятся в сквозном возрастающем порядке сверху вниз через все разделы спецификации.

Колонка «Обозначение» заполняется только для разделов спецификации «Сборочные единицы» и «Детали», в ней записывается шифр конструкторской документации.

В колонке «Наименование» записываются наименования разделов спецификации и наименования составных частей, относящихся к данным разделам. Для удобства работы названия разделов помещают посередине строки колонки,

подчеркивают сплошной линией и отделяют от предыдущей и последующей надписей пустой строкой.

Перечень разделов спецификации в порядке их перечисления следующий: «Документация», «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Материалы», «Комплекты», «Прочие изделия».

В раздел «Документация» вносятся все документы конструкторской документации на изделие.

В раздел «Комплексы» вносятся части изделия, являющиеся самостоятельным изделием, выполняющим с основным взаимосвязанные функции, например, комплекс измерительной аппаратуры на автомобиле.

В раздел «Сборочные единицы» вносятся под сборки, которые при сборке основного изделия поступают уже в собранном виде, например, колеса на автомобиль.

В разделе «Детали» перечисляются наименования всех деталей, участвующих в сборке изделия.

В разделе «Стандартные изделия» записывают составные части изделия, выполненные по государственным или другим стандартам, начиная с государственных. В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам, объединенным по функциональному назначению (например, подшипники, метизные изделия, электротехническая продукция и т. п.), но первой рассматривается группа метизных изделий. В пределах каждой группы наименования записывают в алфавитном порядке первой буквы (например, *Болт, Винт, Гайка, Шайба, Шпилька*); в пределах каждого наименования – в порядке возрастания номера стандарта (например, *Болт М20×30 ГОСТ 7798–70*, затем *Болт М20×30 ГОСТ 7802–72*); в пределах каждого стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия (например, *Болт М12×30 ГОСТ 7798–70, Болт М20×50 ГОСТ 7798–70* и т. д.).

В колонке «Кол.» (количество) указывается количество составных частей изделия, упоминаемых в других колонках спецификации.

В колонке «Примечание» можно приводить информацию второстепенного характера, например, материал деталей, их особенность (левая, правая, провод в оболочке) и др.

Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе «Формат» приводят аббревиатуру БЧ (без чертежа), графу «Обозначение» не заполняют, а в графе «Наименование» записывают наименование детали и материал, из которого она выполнена, например: *Втулка Труба 20×2,8 ГОСТ 3262–75, l=100 мм*.

Заполнение штампа основной надписи спецификации аналогично штампу сборочного чертежа, но шифр ее не содержит аббревиатуру СБ (сборочный чертеж) и название изделия также не содержит это пояснение.

На рисунке 4.9 приведен пример спецификации абстрактного изделия, соответствующий заданию «Соединения резьбовые:

*Болт М24×80.108.016 ГОСТ 7798–70*

Болт с резьбой диаметром  $d = 24$  мм, с крупным шагом резьбы, который не указывается, длиной 80 мм, класса прочности 10,9, с цинковым хромированным покрытием толщиной 6 мкм.

**Винт** *M16×60.058.056*  
*ГОСТ 1491–80*

Винт (по ГОСТ 1491–80) исполнения 1 с наружным диаметром резьбы 16 мм, крупным шагом, длиной 60 мм, 5,8 – класс прочности; 0,5 – вид покрытия; 6 – толщина покрытия в микрометрах.

**Гайка** *M20×1,5.5.016*  
*ГОСТ 5915–70*

Гайка (по ГОСТ 5915–70) исполнения 1, с диаметром резьбы  $d = 20$  мм, с мелким шагом 1,5, классом прочности 5, с покрытием 01, толщиной 6 мкм, классом точности *B*. Нормальный класс точности *B* не указывают.

**Шайба 24.65Г ГОСТ 6402–70**

Шайба пружинная (по ГОСТ 6402–70) исполнения 1 для крепежной детали с диаметром резьбы 8 мм, из стали *65Г* без покрытия. То же с кадмиевым, хромированным покрытием толщиной 9 мкм.

**Шпилька M20x1,5×55.069.029 ГОСТ 22032–76**

Шпилька исполнения 1 с наружным диаметром резьбы 20 мм, мелким шагом 1,5 мм, рабочая длина шпильки  $l = 55$  мм, 6,9 – класс прочности, 0,2 – вид покрытия, 9 – толщина покрытия в микрометрах. Для шпильки исполнения 2 в условном обозначении перед наружным диаметром резьбы ставится цифра 2.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

- 1 Привести примеры разъемных и неразъемных соединений.
- 2 Что такое резьба? Какая бывает резьба по профилю, шагу, виду поверхности, числу заходов? Какие параметры резьбы приводят при ее условном обозначении (привести примеры)?
- 3 Изобразите резьбу на стержне, в отверстии, и в соединении деталей.
- 4 Какие есть стандартные крепежные изделия с резьбой? Привести их условное обозначение в спецификации.
- 5 Что такое спецификация? Какова очередность заполнения раздела «Стандартные изделия»?

Код	Наименование	Кол.	Примечание
	<i>Документация</i>		
43	09.02.0100.СБ		Сборочный чертеж
	<i>Детали</i>		
44	1	09.02.01.01	Корпус 1
44	2	09.02.01.02	Крышка 1
44	3	09.02.01.03	Уголок 1
	<i>Стандартные изделия</i>		
	4	Болт M24x80.109.016 ГОСТ 7798–70	1
	5	Винт M16x60.058.056 ГОСТ 1491–80	1
	6	Гайка M20x1,5.5.016 ГОСТ 5915–70	1
	7	Гайка M24.5.016 ГОСТ 5915–70	1
	8	Шайба 16.01 ГОСТ 11371–78	1
	9	Шайба 20.65Г ГОСТ 6402–70	1
	10	Шайба 24.65Г ГОСТ 6402–70	1
	11	Шпилька M20x1,5x55.069 ГОСТ 22032–76	1
09.02.01.00			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
Разраб.	Исполн.		
Проб.	Контрпр.		
Исп.	Соб.		
Соединение резьбовое			Лит. Лист Листов 1 1
			БРУ, гр. ТМ-051

Рисунок 4.9 – Спецификация

## 5 Пересечение поверхностей

*Цель работы:* изучение порядка построения линии пересечения методами вспомогательных секущих плоскостей и вспомогательных секущих сфер.

*Задача работы:* построить чертеж согласно выданному варианту задания.

*Порядок выполнения работы:* изучить предложенный материал, после чего выполнить индивидуальное задание «Пересечение поверхностей» на листе формата А3.

### 5.1 Построение линий пересечения поверхностей, когда одна из них проецирующая

Рассмотрим случай, когда одна из поверхностей находится в проецирующем положении. Это возможно только для призматических и цилиндрических поверхностей.

На рисунке 5.1 представлены два пересекающихся многогранника – четырехгранная пирамида и трехгранная призма. Призма является горизонтально-проецирующей поверхностью – ее грани расположены перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций.

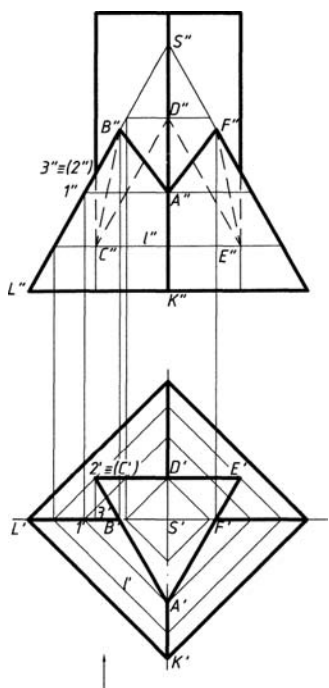


Рисунок 5.1 – Пересечение трехгранной призмы и четырехгранной пирамиды

Следовательно, в соответствии со свойствами проецирующих фигур, горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с проекцией призмы, и задача сводится к определению ее фронтальной проекции на основе принципа принадлежности. Так как линия пересечения многогранников представляет собой замкнутую пространственную ломаную линию  $A-B-C-D-E-F-A$ , то необходимо найти только вершины этой ломаной, т. е. точки  $A''$ ,  $B''$ ,  $C''$ ,  $D''$ ,  $E''$ ,  $F''$ . Точку  $B''$  можно найти сразу по линии проекционной связи, т. к. она находится на ребре  $SL$  пирамиды, то  $B'' \in S''L''$ . Аналогично можно построить точку  $F''$ . А вот для нахождения точки  $A''$  следует применить вспомогательные построения на основе принципа принадлежности. Так как точка  $A$  принадлежит одновременно и поверхности призмы, и поверхности пирамиды, то через точку  $A'$  на поверхности пирамиды проводим прямую  $L'$ , параллельную стороне основания  $LK$  пирамиды, находим точку  $I' \in S'L'$ , проецируем точку  $I'$  на фронтальную проекцию и строим прямую  $L'' \parallel L''K''$ , а затем по линии проекционной связи находим точку  $A'' \in L''$ .

Следовательно, в соответствии со свойствами проецирующих фигур, горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с проекцией призмы, и задача сводится к определению ее фронтальной проекции на основе принципа принадлежности. Так как линия пересечения многогранников представляет собой замкнутую пространственную ломаную линию  $A-B-C-D-E-F-A$ , то необходимо найти только вершины этой ломаной, т. е. точки  $A''$ ,  $B''$ ,  $C''$ ,  $D''$ ,  $E''$ ,  $F''$ . Точку  $B''$  можно найти сразу по линии проекционной связи, т. к. она находится на ребре  $SL$  пирамиды, то  $B'' \in S''L''$ . Аналогично можно построить точку  $F''$ . А вот для нахождения точки  $A''$  следует применить вспомогательные построения на

Аналогично можно построить точки  $C''$ ,  $D''$ ,  $E''$ . Соединяя точки ломаной на фронтальной проекции, принимаем во внимание принадлежность их определенной грани и последовательность расположения точек, т. е. соединяем точки в таком же порядке, как и на горизонтальной проекции –  $A''-B''-C''-D''-E''-F''-A''$ .

Построив линию пересечения поверхностей, приступаем к определению ее видимости. В связи с тем, что на фронтальной плоскости проекции видимы две передние грани пирамиды, то видимыми будут линии  $A''B''$  и  $A''F''$  пересечения этих граней видимыми гранями прямой призмы; все другие участки пространственного шестиугольника – невидимые.

Для определения видимости ребер заданных многогранников воспользуемся конкурирующими точками.

Например, возьмем конкурирующие точки 2 и 3, одна из которых (точка 3) лежит на ребре пирамиды  $SL$ , а вторая – на ребре призмы и  $2'=C'$ .

Так как на горизонтальной проекции видно, что точка  $3'$  расположена ниже, чем точка  $2'$ , значит, она находится ближе к наблюдателю и, следовательно, на фронтальной проекции видна точка  $3''$ , а она лежит на ребре  $SL$ . Следовательно, участок  $L''B''$  ребра  $SL$  видимый. Аналогично можно определить видимость фигур и на других участках.

## 5.2 Построение линии пересечения поверхностей методом вспомогательных секущих плоскостей

Пусть требуется определить линию пересечения поверхности сферы с поверхностью тора (рисунок 5.2). Так как обе заданные поверхности являются поверхностями вращения, то линия их пересечения представляет пространственную кривую, для построения которой нужно найти ряд точек.

Для получения этих точек следует воспользоваться такими вспомогательными плоскостями, чтобы проекции линий пересечения с заданными поверхностями были бы наиболее простого вида.

Таковыми плоскостями в данном случае являются горизонтальные плоскости ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\sigma$ ), которые пересекают заданные поверхности по окружностям, проецирующимся на горизонтальную плоскость проекций без искажения.

Взаимное пересечение горизонтальных проекций указанных окружностей определяет горизонтальные проекции точек, принадлежащих линии пересечения. Сначала находим точки 1 и 6. Это так называемые «опорные» или «характерные» точки линии пересечения. Эти точки определяют сразу на фронтальной проекции без

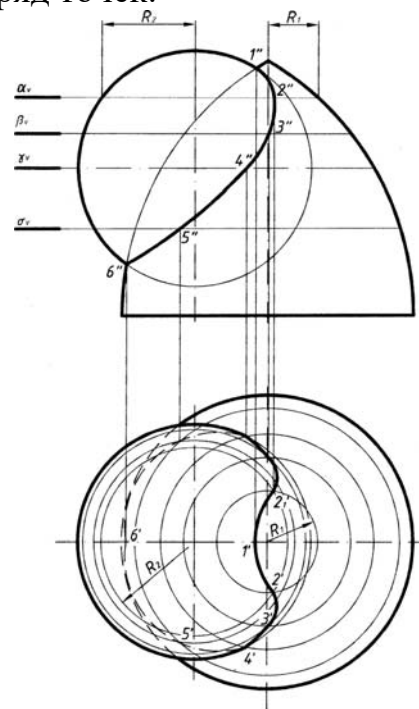


Рисунок 5.2 – Пересечение сферы и тора

дополнительных построений как результат пересечения очерковых образующих заданных поверхностей (можно представить, что мы рассекаем обе поверхности так называемой «осевой» плоскостью  $\omega$ , тогда на фронтальной плоскости проекций получим очерки заданных поверхностей, которые пересекаются в точках  $1''$  и  $6''$ ). В данном случае точки  $1$  и  $6$  являются высшей и низшей точками линии пересечения и теперь понятен диапазон, в котором следует проводить вспомогательные плоскости. Так, в частности, в результате пересечения поверхностей сферы и тора горизонтальной плоскости  $\alpha$  получены окружности радиусами  $R_1$  и  $R_2$ .

Эти окружности на горизонтальной проекции пересекаются в точках  $2'$  и  $2_1'$ , затем находим их на фронтальной плоскости по линии связи на следе  $\alpha_V$ .

Проведя ряд горизонтальных вспомогательных плоскостей, аналогичным образом найдем и другие точки, принадлежащие линии пересечения.

Точка  $4$  определена в пересечении поверхностей плоскостью  $\gamma$ , проходящей через экватор сферы и являющейся границей видимости на горизонтальной проекции.

Все найденные точки следует последовательно соединить друг с другом плавной кривой линией.

### 5.3 Построение линии пересечения поверхностей методом вспомогательных секущих сфер

Способ вспомогательных секущих сфер может быть использован, если:

- заданные поверхности являются поверхностями вращения;
- оси заданных поверхностей пересекаются;
- оси поверхностей лежат в плоскости, параллельной одной из плоскостей проекций.

На рисунке 5.3 приведены частные случаи пересечения поверхностей вращения.



Рисунок 5.3 – Частные случаи пересечения поверхностей вращения

Способом вспомогательных секущих сфер проекция линии пересечения на плоскости проекций, параллельно которой расположены оси поверхностей, может быть построена по одной проекции заданных поверхностей.

На рисунке 5.4 приведен пример определения проекций точек линии пересечения поверхностей двух конусов, оси которых пересекаются в точке  $O$  и параллельны плоскости  $V$ . Сферическая поверхность радиусом  $R_1$  с центром в

точке  $O$  пересечет конические поверхности по окружностям, фронтальные проекции которых изобразятся в виде прямых  $1''-2''$  и  $3''-4''$ . Взаимное пересечение этих прямых определяет фронтальную проекцию  $E''$  точки  $E$ , принадлежащей линии пересечения.

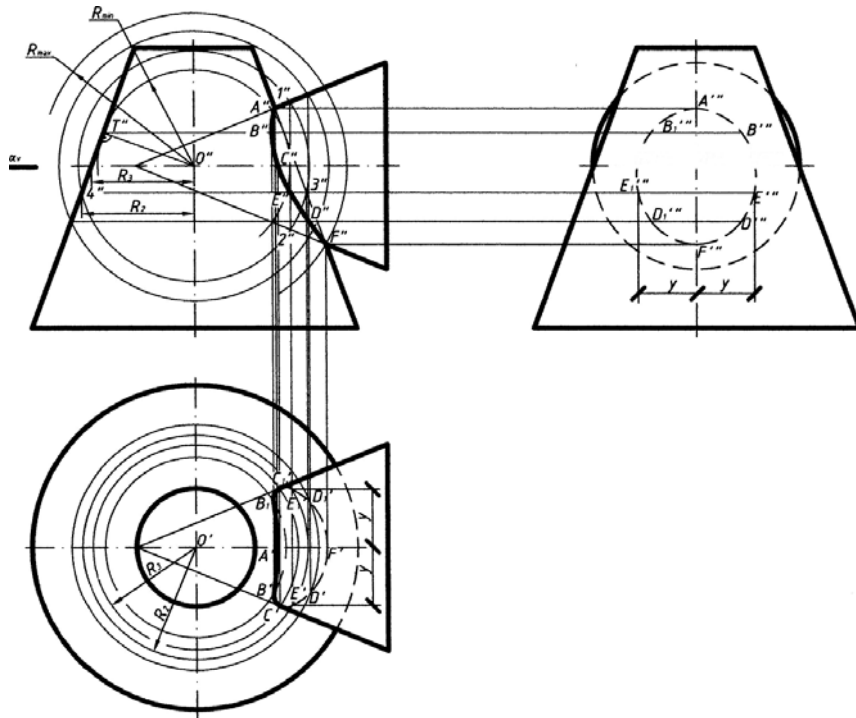


Рисунок 5.4 – Пересечение двух конусов

Проведя несколько сферических поверхностей с различными радиусами из того же центра, получим аналогичным образом ряд точек, принадлежащих линии пересечения. Минимальный радиус  $R_{\min}$  сферической поверхности, которая может быть использована при решении задачи, равен радиусу сферы, касающейся одной из заданных поверхностей и пересекающей другую поверхность (рисунок 5.5).

В данном случае минимальный радиус сферической поверхности равен радиусу  $O''T''$  сферы, касающейся поверхности конуса с вертикальной осью, т. к. второй конус она при этом будет пересекать. С помощью сферы минимального радиуса определена точка  $B''$ , принадлежащая искомой линии пересечения. Опорными точками линии пересечения являются точки  $A''$  и  $F''$ , которые определяются как точки пересечения очерковых образующих заданных поверхностей.



Рисунок 5.5 – Построение вписанной сферы в поверхность вращения

Найдя с помощью сфер различного радиуса ряд точек линии пересечения поверхностей, соединяем их плавной кривой линией.

Затем переходим к построению горизонтальной и профильной проекций линии пересечения и определению видимости.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

- 1 В чем сущность метода секущих плоскостей?
- 2 Как определить характерные точки линии пересечения поверхностей по методу секущих плоскостей?
- 3 В чем сущность метода секущих сфер?
- 4 Как определить центр вписанных концентрических сфер?
- 5 Как определить величину радиуса максимальной и минимальной сферы?

## **Список литературы**

1 **Зеленый, П. В.** Инженерная графика. Практикум по проекционному черчению: учебное пособие / П. В. Зеленый, Е. И. Белякова; под ред. П. В. Зеленого. – Минск: БНТУ, 2014. – 200 с.

2 Инженерная графика: учебник / Н. П. Сорокин [и др.]; под ред. Н. П. Сорокина. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2016. – 392 с.

3 **Чекмарев, А. А.** Инженерная графика. Машиностроительное черчение: учебник. – Москва: ИНФРА-М, 2015. – 396 с.

4 **Александров, К. К.** Электротехнические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. – 2-е изд., исправ. и доп. – Москва: МЭИ, 2004. – 300 с.

5 Метрические задачи. Инженерная графика. Начертательная геометрия и компьютерная графика: методические рекомендации для студентов всех специальностей и направлений подготовки 09.03.04 «Программная инженерия», 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 27.03.05 «Инноватика» / Сост. В. М. Акулич. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2019. – 22 с.

6 Проекционное черчение. Инженерная графика: методические рекомендации к практическим занятиям для студентов всех специальностей и направлений подготовки / Сост. О. А. Воробьева, Ж. В. Рымкевич. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – 25 с.