

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Основы проектирования машин»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов направления подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»
очной формы обучения*



Могилев 2026

УДК 744: 621.791.053
ББК 30.11
И62

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Основы проектирования машин» «16» февраля 2026 г.,
протокол № 8

Составитель ст. преподаватель Ж. В. Рымкевич

Рецензент канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова

Методические рекомендации к практическим занятиям предназначены
для студентов направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»
очной формы обучения.

В них представлен материал для выполнения графических заданий по курсу
дисциплины «Инженерная графика».

Учебное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск	А. П. Прудников
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 26 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, 2026

Содержание

Введение.....	4
1 Введение. Точка в системе H, V, W	5
2 Интерфейс чертежного редактора КОМПАС-3D.....	7
3 Геометрическое черчение. Сопряжения.....	10
4 Геометрическое черчение. Уклон, конусность.....	12
5 Прямая, плоскость.....	15
6 Виды.....	22
7 Простые разрезы.....	24
8 Соединение части вида с частью разреза.....	27
9 Сложные разрезы.....	28
10 Пересечение прямой линии с поверхностью.....	30
11 Пересечение поверхностей.....	32
Список литературы.....	38

Введение

Одним из условий успешного овладения техническими знаниями является графическая грамотность, т. е. умение читать и выполнять чертежи.

Подготовку специалистов инженерно-технического профиля в вузах обеспечивает изучение курса «Инженерная графика», который является первой общетехнической дисциплиной, дающей знания, необходимые для изучения последующих технических дисциплин. Изложение материала в методических рекомендациях базируется на положении Государственных стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД), внедренных и действующих в настоящее время в Республике Беларусь.

В методических рекомендациях изложены основы инженерной графики, где последовательно рассмотрены правила выполнения геометрических построений, изображения – виды, разрезы, основы начертательной геометрии, где последовательно рассмотрены основные геометрические элементы, основы системы КОМПАС-3D.

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

1 Введение. Точка в системе H, V, W

Изучение метода проекций начинают с построения точки, т. к. любой пространственный объект рассматривают как ряд точек, принадлежащих этому объекту. Проекцией точки A на плоскость H называется точка A' , полученная при пересечении проходящего через нее проецирующего луча с плоскостью проекций (рисунок 1.1).

Основной закон проецирования: *Две проекции точки всегда лежат на одной линии связи, перпендикулярной одной из осей проекций.*

Фронтальная и горизонтальная проекции точки располагаются на одной вертикальной линии связи ($A''A' \perp X$) (см. рисунок 1.1) [2].

Фронтальная и профильная проекции точки всегда находятся на одной горизонтальной линии связи ($A''A''' \perp Z$).

Профильная проекция точки по заданным горизонтальной и фронтальной строится в следующей последовательности: на горизонтальной линии связи, проведенной через A , откладывается от оси OZ значение координаты Y_A (графическим или координатным способом).

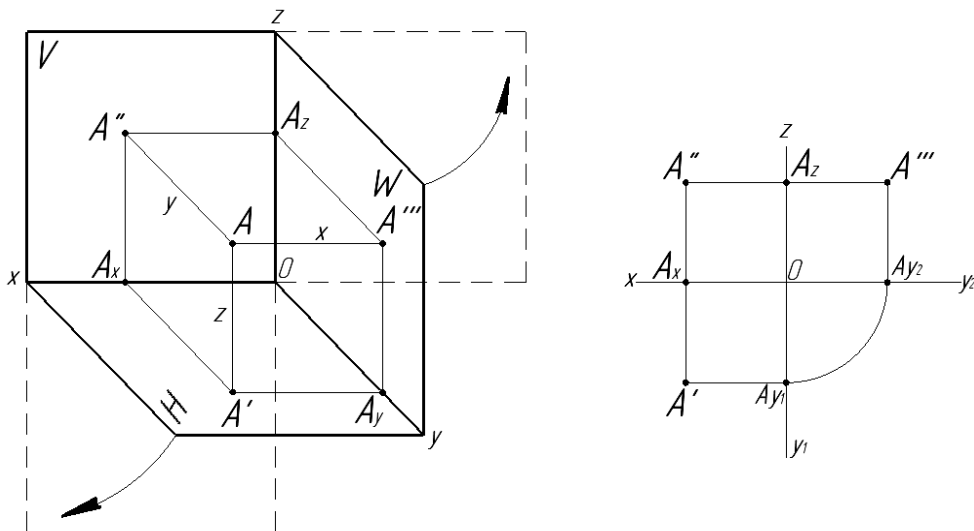


Рисунок 1.1 – Проекция точки на плоскости проекций

Расстояние от точки A до плоскости проекции H измеряется координатой Z_A : $AA' = A''A_X = A'''A_{Y2} = Z_A$.

Расстояние от точки A до плоскости проекции V измеряется координатой Y_A : $AA'' = A'A_X = A'''A_Z = Y_A$.

Расстояние от точки A до плоскости проекции W измеряется координатой X_A : $AA''' = A''A_Z = A'A_{Y1} = X_A$.

В зависимости от способа проведения проецирующего луча проекции подразделяют на центральные и параллельные.

Для получения *центральной* проекции необходимо задаться плоскостью проекций, центром проекций и точкой, не лежащей в этой плоскости (рисунок 1.2).

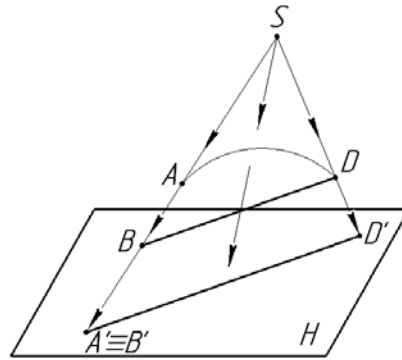


Рисунок 1.2 – Центральное проецирование

Параллельные – получаются в случае расположения проецирующих лучей параллельно между собой и параллельно заданному направлению проецирования (рисунок 1.3).

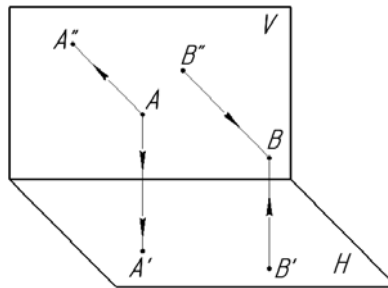


Рисунок 1.3 – Параллельное проецирование

Точки, лежащие на одной проецирующей прямой, называются конкурирующими.

Из двух горизонтально-конкурирующих точек на горизонтальной плоскости проекций видима та, которая расположена в пространстве выше (рисунок 1.4).

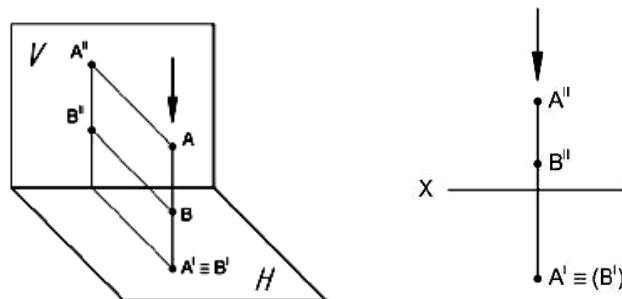


Рисунок 1.4 – Горизонтально-конкурирующие точки

Из двух фронтально-конкурирующих точек на фронтальной плоскости проекций будет видима та, которая расположена ближе к наблюдателю, стоящему лицом к фронтальной плоскости проекций (рисунок 1.5).

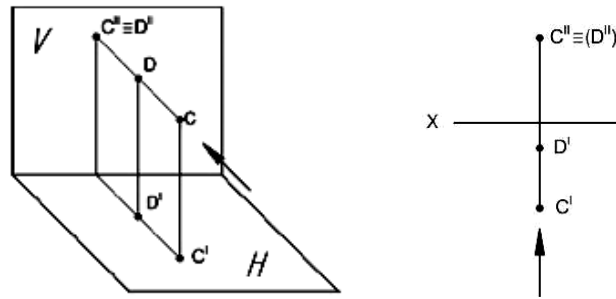


Рисунок 1.5 – Фронтально-конкурирующие точки

Классификация точек.

1 Точки, лежащие в пространстве: ни одна из трех координат точки не равна нулю. Ни одна из проекций точки не совпадает с самой точкой.

2 Точки лежат на одной из плоскостей проекций: одна из трех координат равна нулю. Одна проекция точки совпадает с самой точкой.

3 Точки лежат на одной из осей проекций: две координаты точки равны нулю.

Две проекции точки совпадают с самой точкой.

Вопросы и задания для самоконтроля

1 Сформулируйте основной закон проецирования.

2 Опишите центральное проецирование.

3 Расскажите о параллельном проецировании.

4 Какие точки называют конкурирующими?

5 Перечислите классификацию точек.

По итогам практического занятия оценивается способность студентов решать комплексные задачи в тетради-клише по курсу начертательной геометрии.

2 Интерфейс чертежного редактора КОМПАС-3D

Работа над чертежом в среде КОМПАС-3D может быть условно разделена на этапы: запуск программы, выбор вида конструкторского документа, задание требуемого формата для чертежа, непосредственное выполнение чертежа, сохранение полученных результатов по окончании работы.

При первом запуске рекомендуется выполнить действия по следующей цепочке: *Пуск / АСКОН / КОМПАС-3D / КОМПАС-3D* до получения изображения стартовой страницы (рисунок 2.1). Если же на рабочем столе компьютера уже имеется ярлык «КОМПАС-3D», то для запуска достаточно его активировать (нажать по ярлыку двойным щелчком левой кнопкой мыши). На экране появляется (рисунок 2.2) окно с перечнем новых документов: *Деталь, Сборка, Чертеж, Текстовый документ, Спецификация, Фрагмент*.



Рисунок 2.1 – Стартовая страница КОМПАС-3D

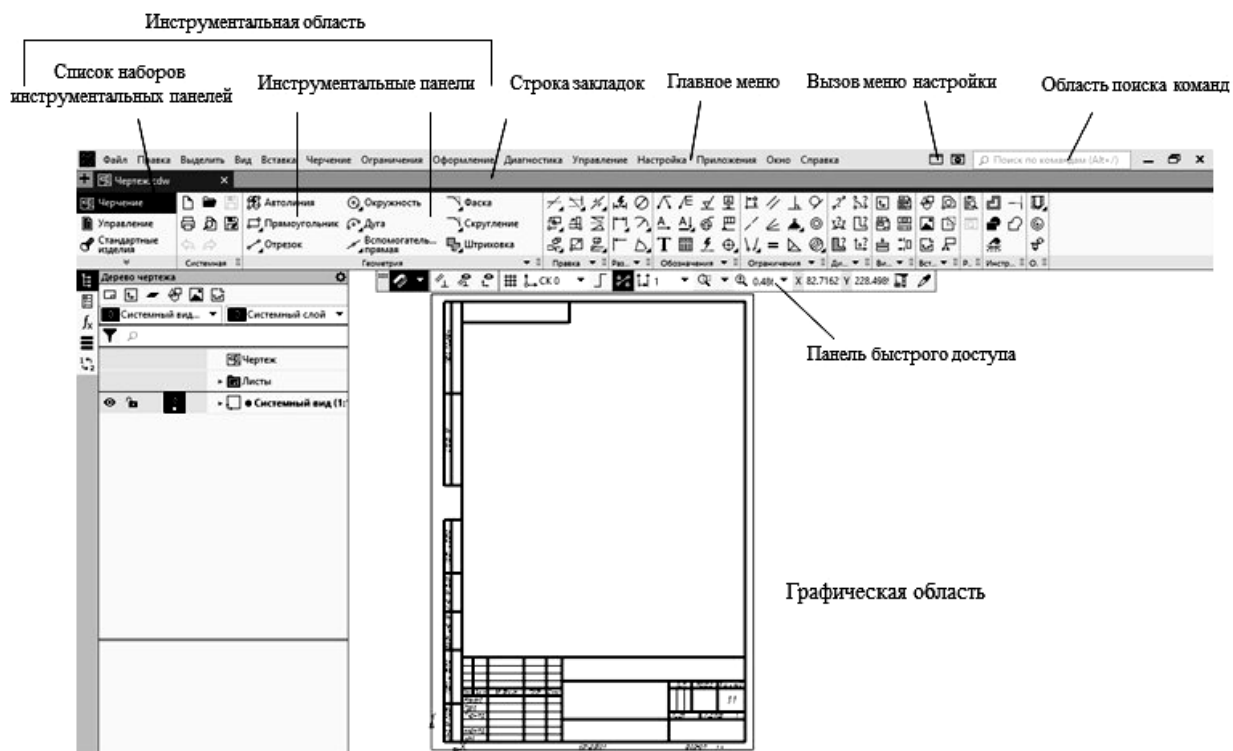







Рисунок 2.2 – Вид рабочей страницы


Выбор вновь создаваемого конструкторского документа может быть осуществлен разными способами. Его можно выполнить активацией ярлыка требуемого документа из перечня, находящегося на стартовой странице, либо активацией подпункта  или (*Файл / Создать*), находящегося в главном меню.


 *Деталь* – документ, содержащий трехмерное изображение модели (детали). Деталью может быть модель лопатки турбины, модель вала и пр. Файлы моделей имеют расширение M3D.

 *Сборка* – документ с трехмерным изображением модели (узла), содержащей как детали, так и стандартные (библиотечные) компоненты. Сборкой может быть, например, зубчатая передача: два зубчатых колеса, соединенных шпонками с валами и собранных в зацепление. Файлы сборок имеют расширение A3D.

 *Чертеж* – документ графического изображения какого-либо объекта, содержащего проекционные виды, разрезы, выносные виды, основную надпись, рамку и другие элементы оформления. На чертеже также можно размещать текст, таблицы и пр. Файлы чертежа имеют расширение CDW.

 *Фрагмент* – графический документ вспомогательного характера. Может содержать двухмерное изображение изделия, но без основной надписи, рамки или других элементов оформления. Он используется для отрисовки эскизов, схем, типовых элементов, которые затем можно неоднократно использовать при создании и оформлении чертежей. Фрагменты сохраняются в файлах с расширением FRW.

 *Спецификация* – документ, позволяющий создавать спецификации, ведомости, таблицы изменений, перечней и пр. Спецификация связана с соответствующим ей чертежом или сборкой. При этом все изменения, вносимые в чертеж, будут автоматически отображаться и в спецификации. Файлам спецификаций соответствует расширение SPW.

 *Текстовый документ* – документ, содержащий обычный текст. Применяется для создания технических требований, оформления пояснительных записок и т. п. Файл текстового документа имеет расширение KDW.

Для запуска уже созданного чертежа необходимо в верхней строке главного меню произвести действия по цепочке *Файл / Открыть / (указать имя файла и открыть его)*. После создания или открытия документа в окне КОМПАС-3D появляются элементы для работы с документами и объектами в них. На экране появляется рабочая страница (см. рисунок 2.2) с изображением документа, над созданием или доработкой которого будет идти работа. В случае работы с *Чертежом* появляется лист заданного формата. Если же ошибочно выбран другой документ, вернуться на стартовую страницу (см. рисунок 2.1) можно по цепочке *Файл / Заккрыть*.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Интерфейс программ КОМПАС-3D.
- 2 Как осуществляется запуск программы КОМПАС-3D?
- 3 Назовите типы документов, создаваемых в системе КОМПАС-3D.
- 4 Как осуществляется выбор конструкторского документа в КОМПАС-3D?

3 Геометрическое черчение. Сопряжения

При выполнении чертежей различного назначения часто приходится строить плавные переходы прямых линий и окружностей друг в друга, что называется сопряжением. Широко такие работы выполняются в швейной промышленности, когда разрабатываются новые модели одежды и обуви. Выкройки этих моделей строят с помощью различных лекал (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Лекала

Конструирование лекал выполняется на основе сопряжений. Их существует довольно много типов, но наибольший интерес представляют сопряжения двух прямых, прямой и окружности, двух окружностей.

Построение сопряжения двух прямых дугой заданного радиуса сводится к нахождению центра дуги (рисунок 3.2). 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. Установленным образом можно получить сопряжения для прямых, находящихся под острым, прямым и тупым друг к другу углом.

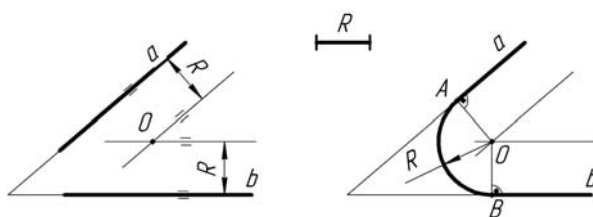


Рисунок 3.2 – Построение сопряжений двух прямых

Сопряжение прямой линии и окружности может быть внешним и внутренним. Основной задачей его построения также является определение центра дуги. Для внешнего сопряжения (рисунок 3.3) он находится на равном расстоянии от окружности и прямой, а именно в точке пересечения вспомогательной параллельной прямой, отстоящей 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 .

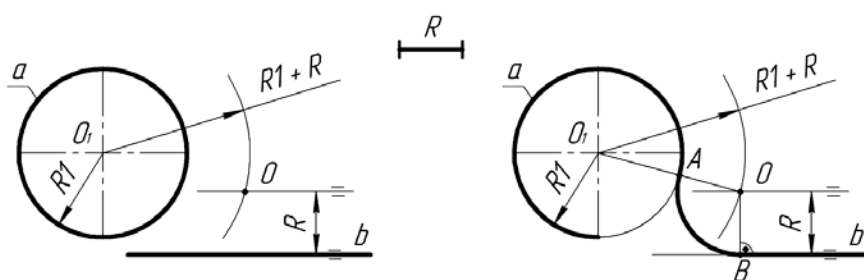


Рисунок 3.3 – Построение внешнего сопряжения прямой и окружности

Для внутреннего сопряжения (рисунок 3.4) радиус вспомогательной окружности равен либо радиусу $R - R_1$, либо разнице $R_1 - R$. Точка сопряжения A_1 будет лежать на линии центров O_1O или на ее продолжении.

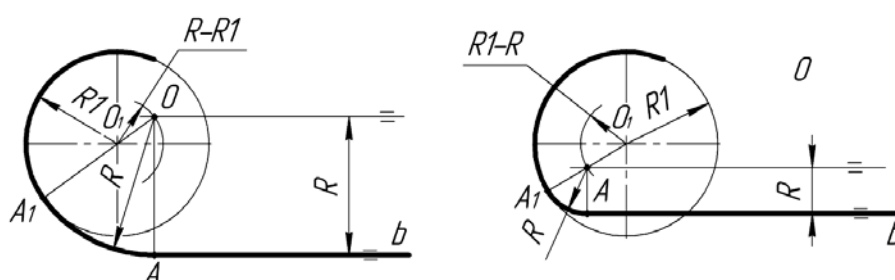


Рисунок 3.4 – Построение внутреннего сопряжения прямой и окружности

Сопряжение двух окружностей также бывает внешним и внутренним (рисунки 3.5 и 3.6). Построение их сводится, 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 вышеописанному.

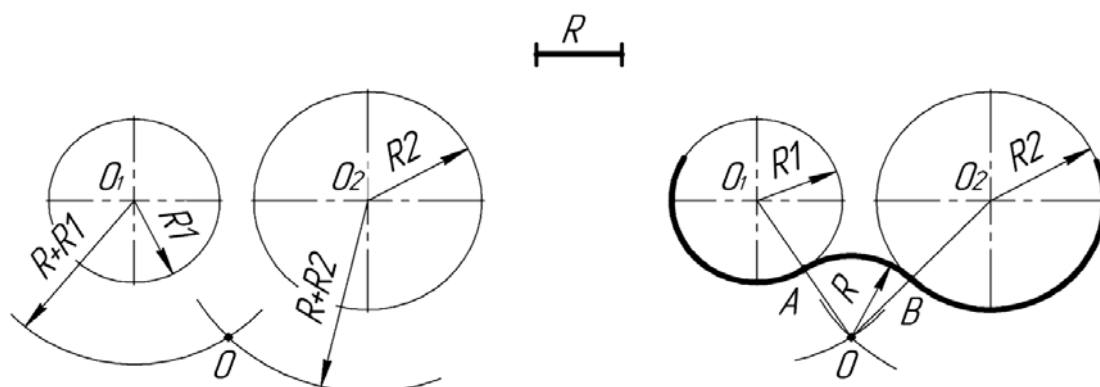


Рисунок 3.5 – Построение внешнего сопряжения двух окружностей

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

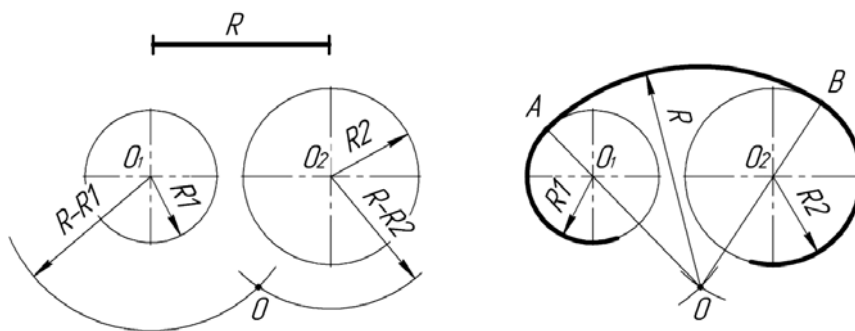


Рисунок 3.6 – Построение внутреннего сопряжения двух окружностей

Вопросы и задания для самоконтроля

- 1 Что такое сопряжения?
- 2 Принцип построения сопряжений.
- 3 Виды сопряжений.
- 4 Выполните задачу № 3 задания «Геометрическое черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

4 Геометрическое черчение. Уклон, конусность

В технике широко распространены детали, у которых имеются элементы в виде наклоненных друг к другу плоскостей [1].

Их наличие обусловлено технологией изготовления (на прокатных станках металлургических предприятий) и конструктивными решениями по повышению прочности. Наклонные плоскости, примыкающие к горизонтальным полкам швеллера, рельса и двутавра, образуют уклон (рисунок 4.1). Его величина стандартная и имеет определенные размеры. Поэтому есть специальные правила построения этого элемента на чертежах деталей.

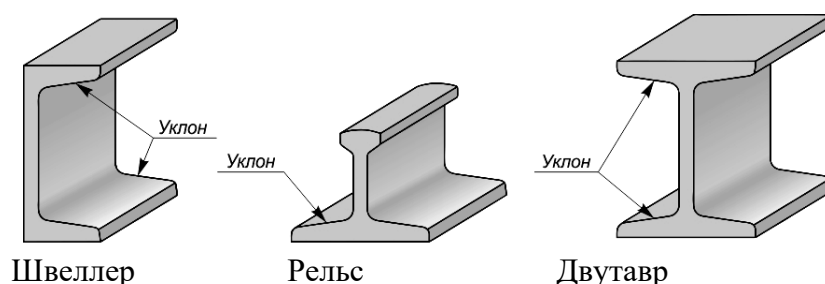


Рисунок 4.1 – Стальной фасонный прокат для металлоконструкций

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 4.2).

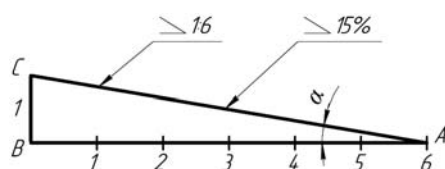


Рисунок 4.2 – Образование уклона двух прямых

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

В индивидуальных графических работах студентов требуется построить профиль фасонного проката с заданным уклоном i .

Для этого вначале строят внешние контуры прокатного профиля по размерам b и h . Затем находят точки C и B . Далее, продлив линию полки профиля за точку B , откладывают на этой прямой требуемое по значению уклона i количество отрезков BC и находят точку A .

Переходы этой линии в вертикальные линии контура скругляют дугами радиусами R и r .

Уклон для верхней полки профиля строят аналогичным образом.

В конце на чертеже приводят обозначение уклона (рисунок 4.3).

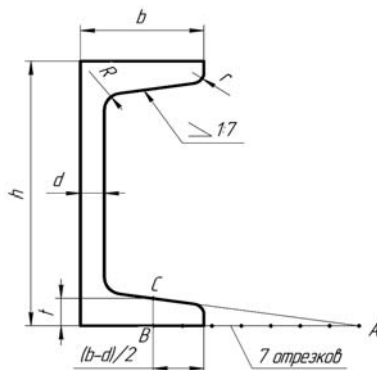


Рисунок 4.3 – Построение уклона полок швеллера

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 4.4).

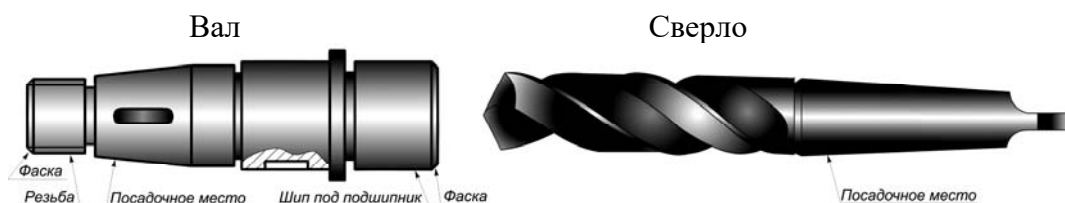


Рисунок 4.4 – Примеры деталей с коническими поверхностями

Поэтому необходимо уметь строить и читать чертежи конических участков.

Конусностью называется отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса вращения к расстоянию между ними.

Как видно из рисунка 4.5, конусность k равна удвоенному уклону i образующей конуса к его оси, $k = 2i$. Например, при $i = 1:6$ конусность $k = 2(1/6) = 1/3$.

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

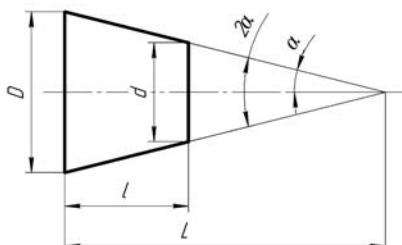


Рисунок 4.5 – Характеристика конусности

При построении деталей с заданной конусностью можно значения геометрических размеров d , D и l определять вычислением или пользоваться графическими приемами.

Пусть требуется построить конический хвостовик детали по заданным известным значениям большего диаметра D , его длины l и величины конусности $k = 1:5$ (рисунок 4.6).

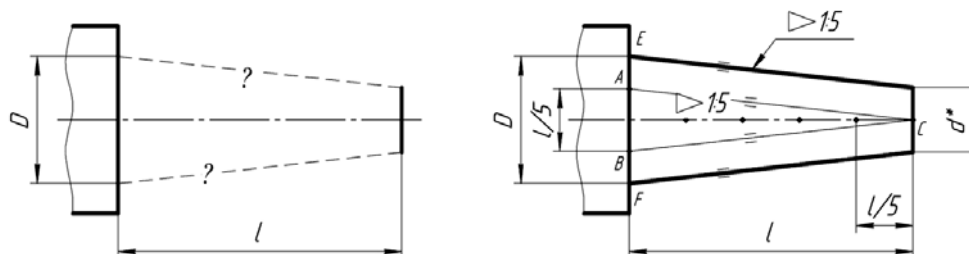


Рисунок 4.6 – Построение конусности на чертеже

Для этого величину l делят на пять равных частей. Полученные значения в миллиметрах откладывают симметрично по обе стороны оси 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 AC и BC прямые до пересечения с границей конического участка длиной l .

В конце полученный чертеж следует дополнить обозначением конусности. Для этого используется знак равнобедренного треугольника « ∇ », вершина которого направляется в сторону вершины конуса. Рядом с ней указывается величина конусности в виде дроби $\nabla 15$. 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.

Вопросы и задания для самоконтроля

1 Дайте определение уклону, как он обозначается на чертеже и расскажите принцип его построения.

2 Дайте определение конусности, как она обозначается на чертеже и расскажите принцип ее построения.

3 Выполните задачи № 1 и 2 задания «Геометрическое черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

5 Прямая, плоскость

Проекция прямой линии есть прямая (рисунок 5.1). Прямая может быть задана:

- 1) двумя точкам;
- 2) точкой и направлением.

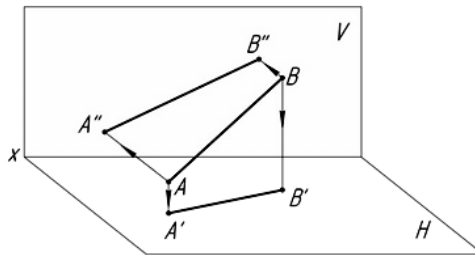


Рисунок 5.1 – Проекция прямой линии

Аксиома принадлежности точки прямой: если точка принадлежит прямой, то её проекции находятся на соответствующих проекциях этой прямой (рисунок 5.2). Точка $N \in$ прямой AB , точка $C \notin$ прямой AB .

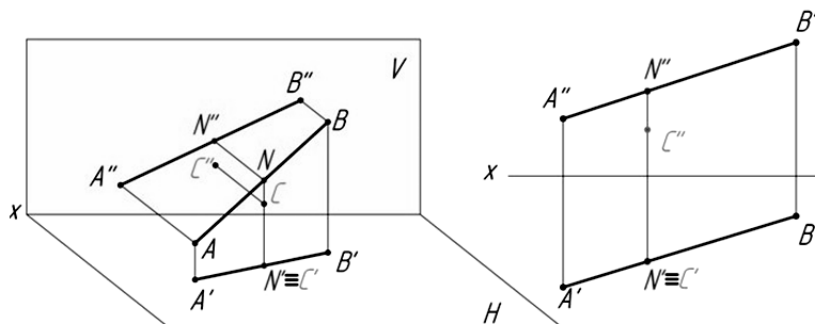


Рисунок 5.2 – Принадлежность точки прямой

Прямая по отношению к горизонтальной (H), фронтальной (V) и профильной (W) плоскостям проекций может занимать следующие положения:

- общее положение;
- частное положение:
 - 1) прямые уровня;
 - 2) проецирующие прямые.

Прямая общего положения – это прямая, которая не параллельна ни одной из плоскостей проекций (рисунок 5.3).

У прямой общего положения проекции меньше натуральной величины (н. в.) отрезка, не параллельны и не перпендикулярны ни одной из осей проекций.

Прямые уровня – прямые, параллельные одной из плоскостей проекций [2].

Горизонтальная прямая ($AB \parallel H$).

Фронтальная проекция прямой $A''B''$ параллельна оси x ; профильная проекция $A'''B'''$ параллельна оси uw ; длина горизонтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка ($A'B'=AB$); угол β , образованный горизонтальной проекцией и осью проекции x , равен углу наклона прямой к фронтальной плоскости проекций; угол γ , образованный горизонтальной проекцией и осью проекции uw , равен углу наклона прямой к профильной плоскости проекций (рисунок 5.4).

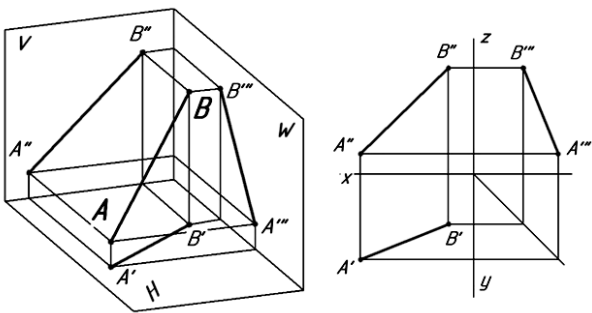


Рисунок 5.3 – Проекции прямой общего положения

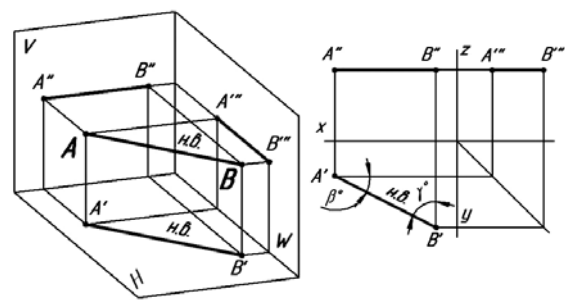


Рисунок 5.4 – Проекции горизонтальной прямой

Фронтальная прямая ($AB \parallel V$).

Горизонтальная проекция прямой AB параллельна оси x ; профильная проекция $A'''B'''$ параллельна оси z ; длина фронтальной проекции отрезка равна длине самого отрезка ($A''B''=AB$); угол α , образованный фронтальной проекцией и осью проекций x , равен углу наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций; угол γ , образованный фронтальной проекцией и осью z , равен углу наклона прямой к профильной плоскости проекций (рисунок 5.5).

Профильная прямая ($AB \parallel W$).

Горизонтальная проекция прямой AB параллельна оси uw ; фронтальная проекция $A''B''$ параллельна оси z ; длина профильной проекции отрезка равна длине самого отрезка ($A'''B'''=AB$); углы α и β , образованные профильной проекцией с осями uw и z , равны углам наклона прямой к горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций соответственно (рисунок 5.6).

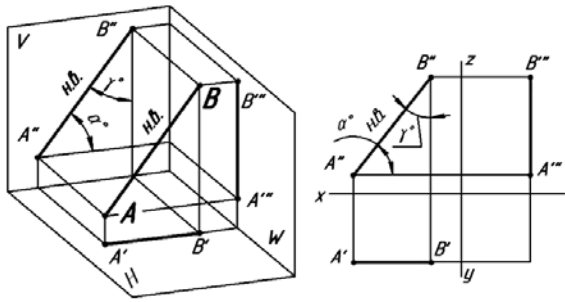


Рисунок 5.5 – Проекции фронтальной прямой

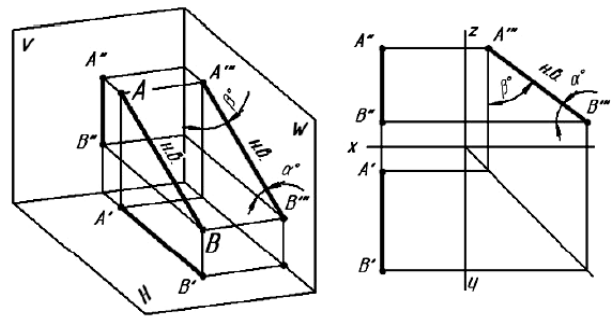


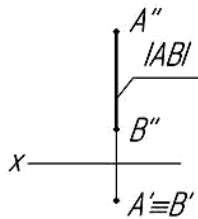
Рисунок 5.6 – Проекции профильной прямой

Проецирующие прямые – прямые, перпендикулярные одной из плоскости проекций.

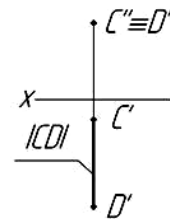
Горизонтально-проецирующая прямая ($AB \perp H$).

Прямая AB параллельна фронтальной и профильной плоскостям проекций и перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. Проекция $A''B''$ перпендикулярна оси x . На фронтальную и профильную плоскости проекций прямая проецируется в натуральную величину (рисунок 5.7, а).

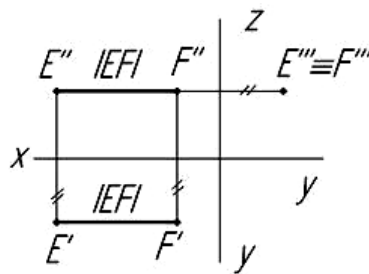
а)



б)



в)



а – горизонтально-проецирующая прямая; б – фронтально-проецирующая прямая; в – профильно-проецирующая прямая

Рисунок 5.7 – Проецирующие прямые

Фронтально-проецирующая прямая ($CD \perp V$).

Прямая CD параллельна горизонтальной и профильной плоскостям проекций и перпендикулярна фронтальной плоскости проекций. Проекция $C'D'$ перпендикулярна оси x . На горизонтальную и профильную плоскости проекций прямая проецируется в натуральную величину (рисунок 5.7, б).

Профильно-проецирующая прямая ($EF \perp W$).

Прямая EF параллельна горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций и перпендикулярна профильной плоскости проекций. Проекция $E'F'$ перпендикулярна оси y , проекция $E''F''$ перпендикулярна оси z . На горизонтальную и фронтальную плоскости проекций прямая проецируется в натуральную величину (рисунок 5.7, в).

По своему взаимному положению две прямые могут быть *пересекающимися*, *параллельными* и *скрещивающимися*.

Проекции двух *параллельных прямых* параллельны между собой. Горизонтальные проекции прямых параллельны между собой, фронтальные проекции прямых параллельны между собой, профильные проекции прямых параллельны между собой (рисунок 5.8).

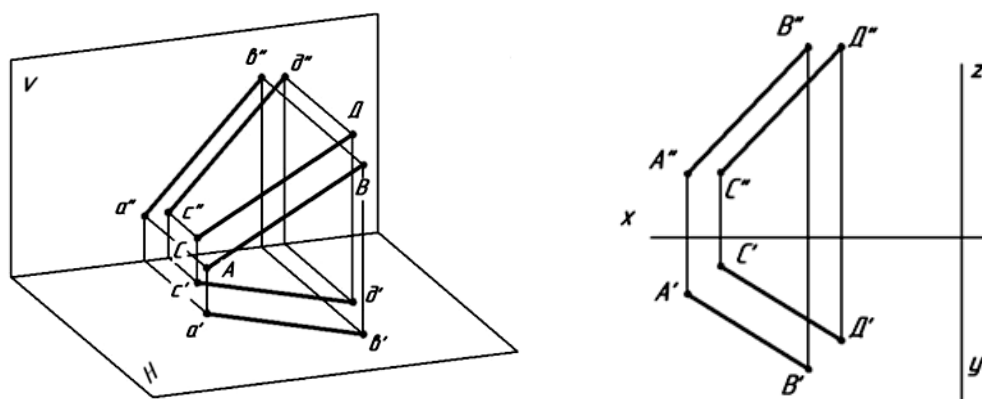


Рисунок 5.8 – Проекция параллельных прямых

Пересекающиеся прямые.

Если прямые линии пересекаются, то их одноименные проекции пересекаются между собой в точке, которая является проекцией точки пересечения этих прямых (рисунок 5.9).

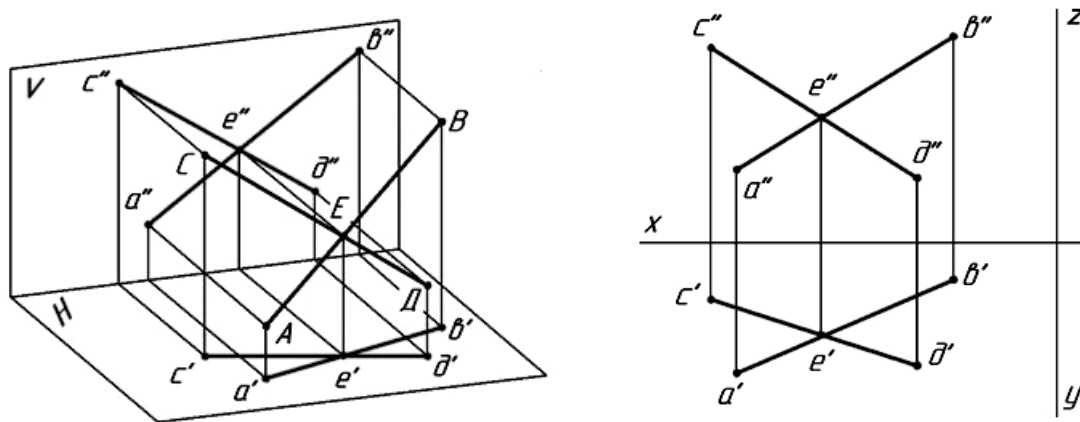


Рисунок 5.9 – Проекция пересекающихся прямых

Скрещивающиеся прямые.

Скрещивающиеся прямые лежат в разных плоскостях, не параллельны и не пересекаются между собой. Точки пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых не лежат на одной линии связи (рисунок 5.10).

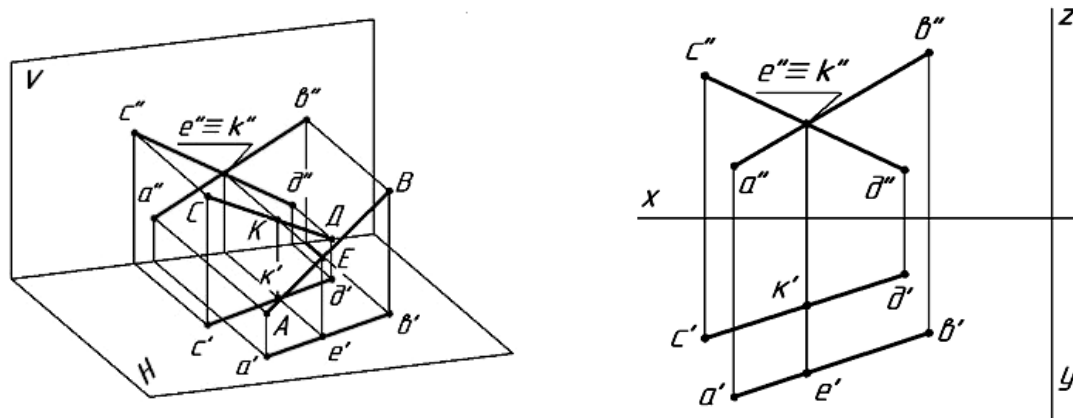


Рисунок 5.10 – Проекция скрещивающихся прямых

Плоскость в пространстве бесконечна. Определителем плоскости называется совокупность геометрических элементов, однозначно определяющих ее положение в пространстве (три точки, не лежащие на одной прямой; прямая и точка, не лежащая на прямой; пересекающиеся прямые; параллельные прямые; треугольник и др.).

Определитель записывается в скобках после буквенного обозначения плоскости. Например: $\gamma(a \cap b)$ означает, что плоскость задана двумя пересекающимися прямыми, или треугольником (рисунок 5.11).

На чертеже плоскость может быть задана различными способами (рисунок 5.12):

- a – проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой;
- b – проекциями прямой и точки, не лежащей на этой прямой;
- v – проекциями двух пересекающихся прямых;
- z – проекциями двух параллельных прямых;
- d – проекциями любой плоской фигуры;
- e – следами плоскости.

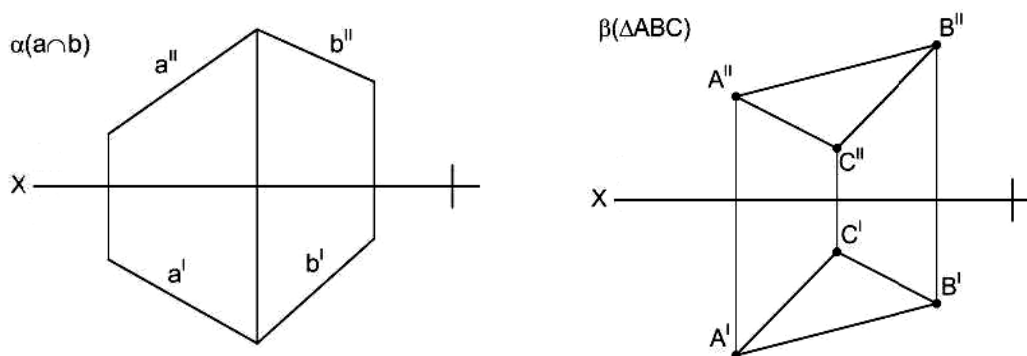


Рисунок 5.11 – Обозначение плоскости с помощью определителя

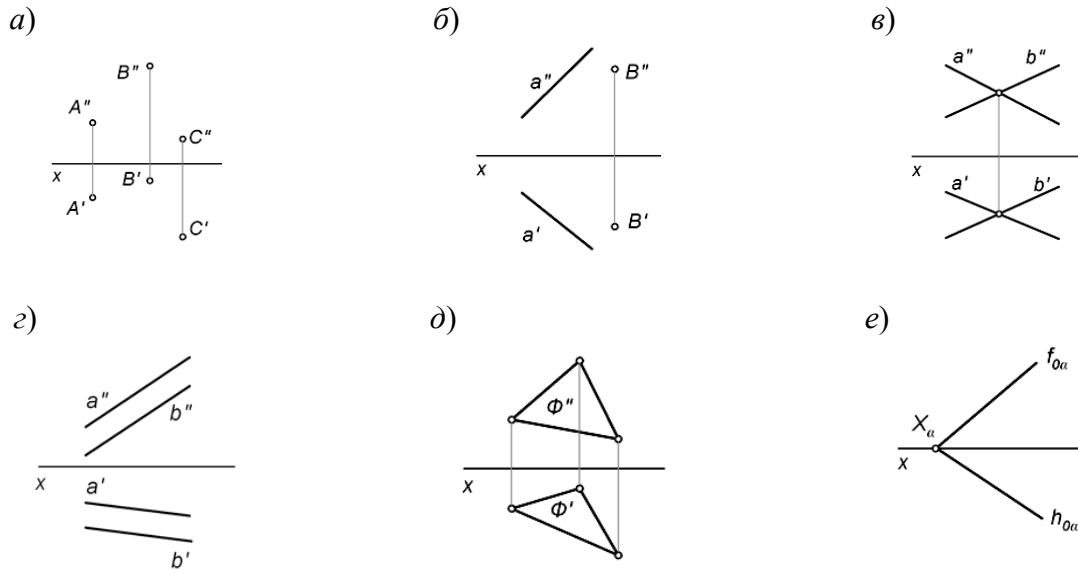
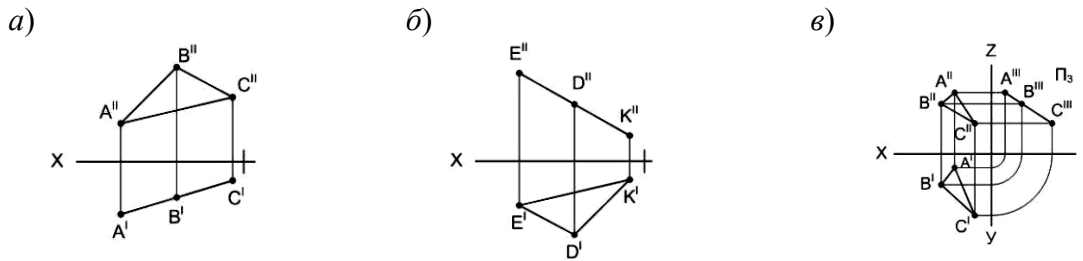


Рисунок 5.12 – Способы задания плоскости

По отношению к плоскостям проекций плоскости разделяются на плоскости общего положения и плоскости частного положения.

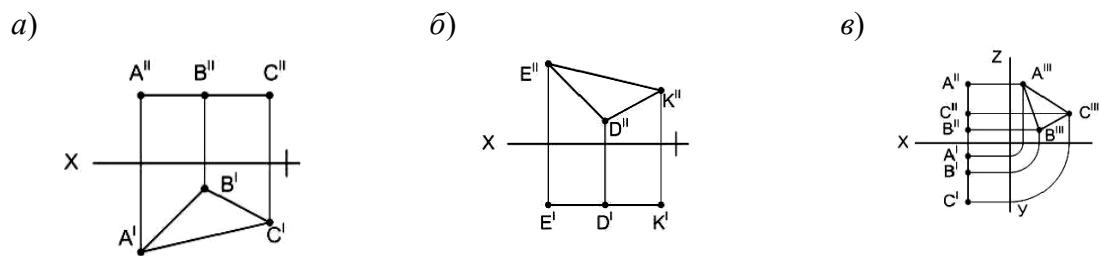
Плоскости частного положения могут быть:

- а) перпендикулярными к одной из плоскостей проекций – *проецирующие плоскости* (рисунок 5.13);
- б) параллельными к одной из плоскостей проекций (т. е. перпендикулярными к двум плоскостям проекций) – *плоскости уровня* (рисунок 5.14).



a – горизонтально-проецирующая плоскость; *б* – фронтально-проецирующая плоскость; *в* – профильно-проецирующая плоскость

Рисунок 5.13 – Проецирующие плоскости



a – горизонтальная плоскость; *б* – фронтальная плоскость; *в* – профильная плоскость

Рисунок 5.14 – Плоскости уровня

Плоскость, не параллельная и не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций, называется *плоскостью общего положения* (см. рисунок 5.12, д). Главные линии плоскости – это линии, лежащие в плоскости и параллельные плоскостям проекций. Это горизонталь и фронталь (рисунок 5.15) [2].

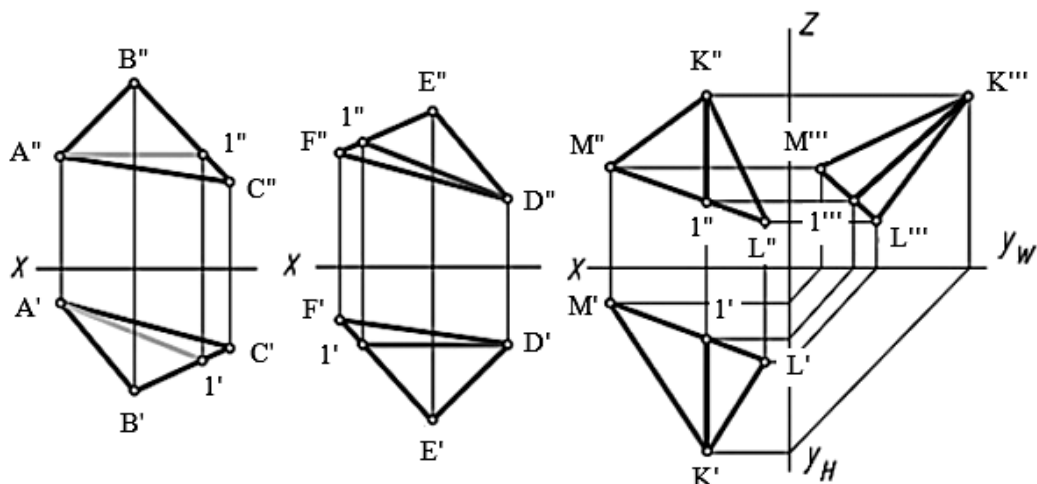


Рисунок 5.15 – Главные линии плоскости

Горизонталь ($A1$) – это прямая, принадлежащая плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций H . Ее фронтальная проекция всегда параллельна оси OX , а горизонтальная проекция есть натуральная величина этой прямой (см. рисунок 5.15).

Фронталь ($D1$) – это прямая, принадлежащая плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций V . Ее горизонтальная проекция всегда параллельна оси OX , а фронтальная проекция есть натуральная величина этой прямой (см. рисунок 5.15).

Профильная ($K1$) – это прямая, принадлежащая плоскости и параллельная профильной плоскости проекций W . Профильная проекция прямой есть натуральная величина этой прямой (см. рисунок 5.15).

Вопросы и задания для самоконтроля

- 1 Дайте определение прямой общего положения и прямым уровня.
- 2 Дайте определение проецирующим прямым.
- 3 Какие прямые называются пересекающимися, скрещивающимися?
- 4 Какие прямые называются параллельными?
- 5 Что называется определителем плоскости?
- 6 Перечислите способы задания плоскости.
- 7 Дайте определение плоскости общего положения и плоскостям частного положения.

8 Дайте определение главным линиям плоскости – фронтали и горизонтали.

По итогам практического занятия оценивается способность студентов решать комплексные задачи в тетради-клише по курсу начертательной геометрии.

6 Виды

В общем случае чертеж любого предмета содержит графические изображения его видимых и невидимых поверхностей [3]. 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 достаточным 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 6.1).

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 6.2). В целях уменьшения количества изображений допускается показывать на видах штриховыми линиями невидимые контуры предмета.

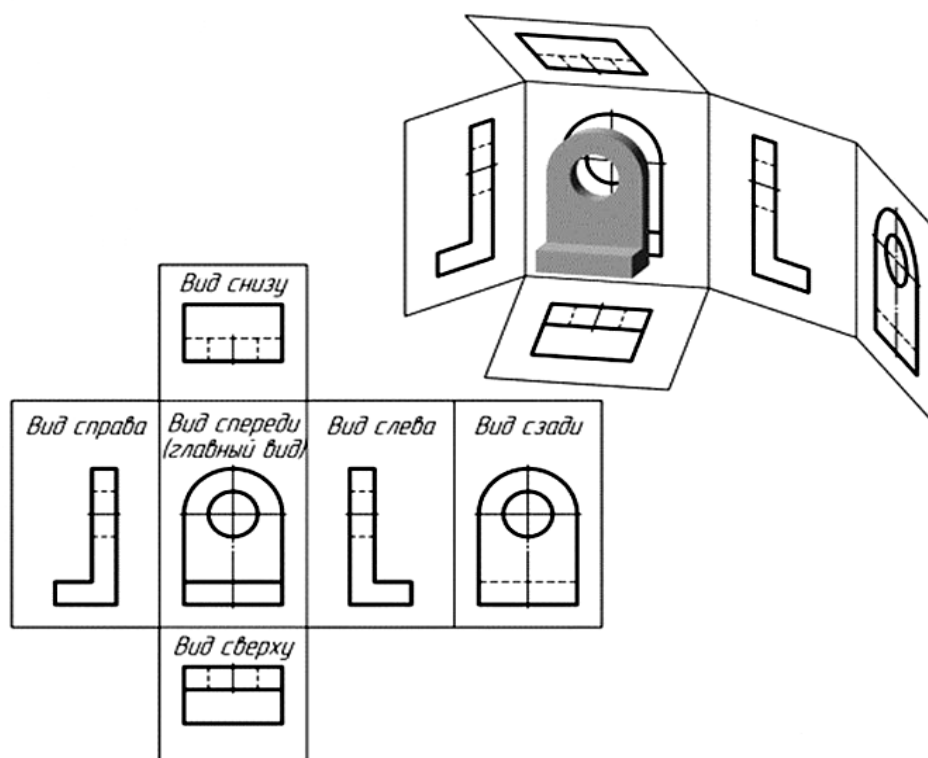


Рисунок 6.1 – Расположение основных видов

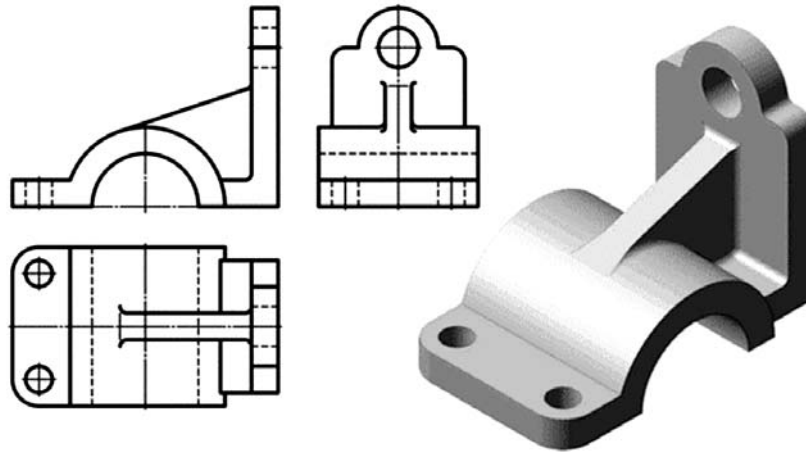


Рисунок 6.2 – Пример расположения трех основных видов (спереди, сверху, слева)

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 графической работы и сэкономить место на поле чертежа, обеспечивая полное представление о форме предмета (рисунок 6.3).

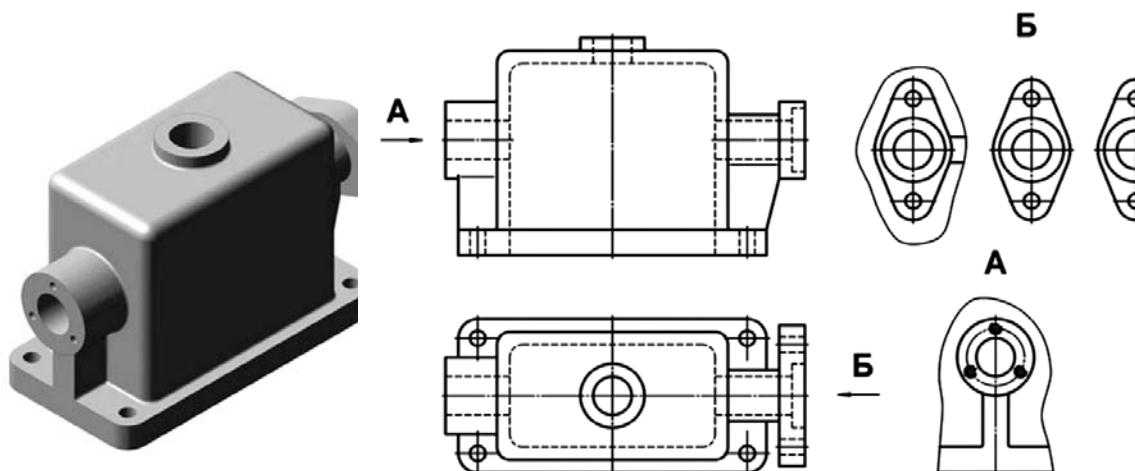


Рисунок 6.3 – Виды местные

Дополнительный вид получается проецированием предмета на плоскость, не параллельную ни одной из основных плоскостей проекций (рисунок 6.4).

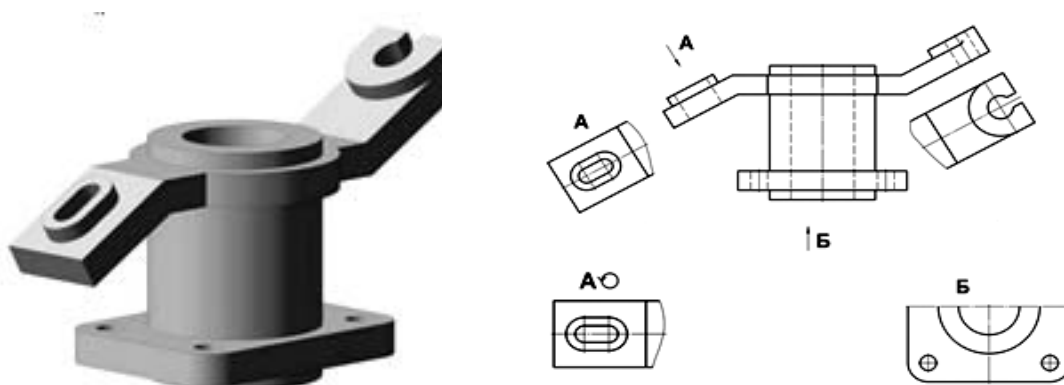


Рисунок 6.4 – Виды дополнительные

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 (см. рисунок 6.4).

Вопросы и задания для самоконтроля

- 1 Основные, местные и дополнительные виды.
- 2 Правила обозначения видов.
- 3 Выполните задачу № 1 задания «Проекционное черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

7 Простые разрезы

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

Разрез – это изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. Если секущая плоскость одна – разрез простой (рисунок 7.1), две и более – сложный.

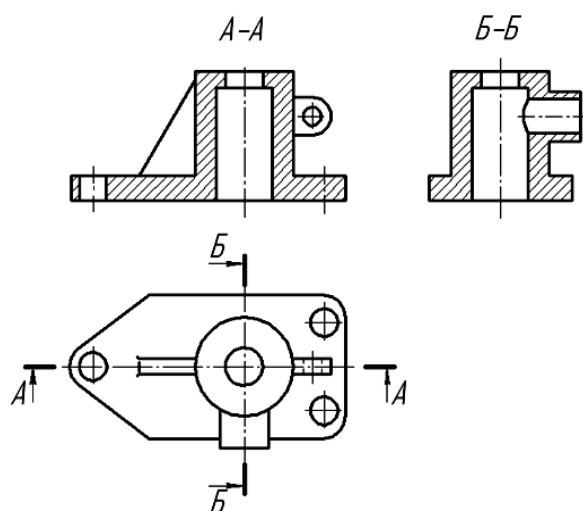


Рисунок 7.1 – Простые разрезы

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 (см. рисунок 7.1).

Материал, попадающий в плоскость разреза, необходимо заштриховать. Графические обозначения некоторых видов материалов приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Графическое обозначение штриховки в зависимости от материала

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллические материалы	

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45° к линиям рамки чертежа (рисунок 7.2, а), к линии контура изображения (рисунок 7.2, б) или к его оси (рисунок 7.2, в).

Если линии штриховки, приведенные к рамке чертежа под 45° , совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30° или 60° (рисунок 7.2, г).

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

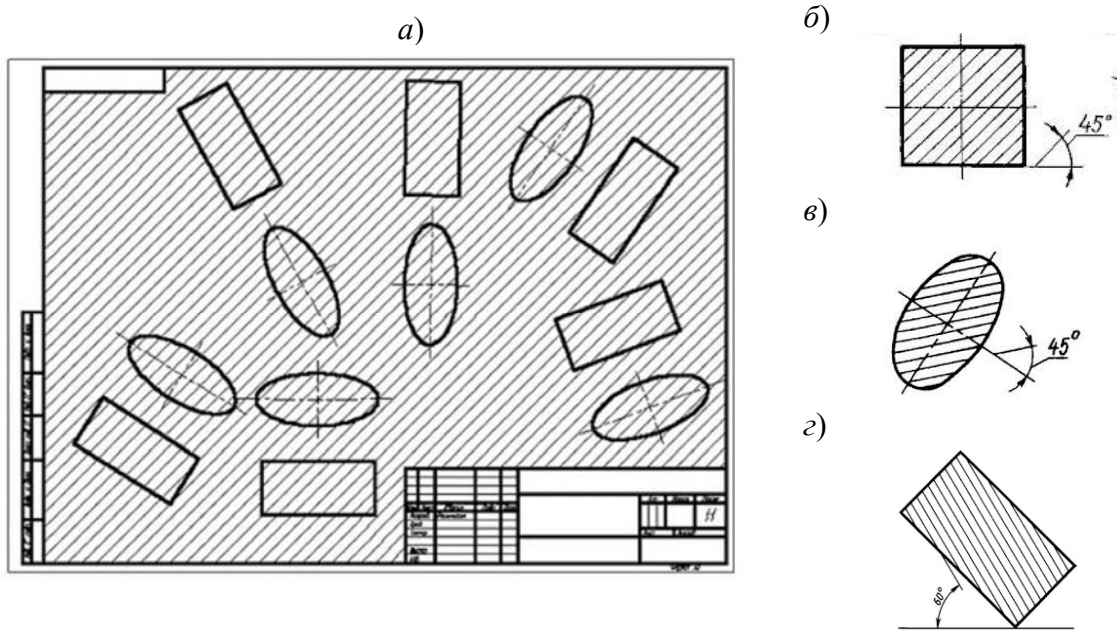


Рисунок 7.2 – Наклон штриховки на чертежах

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 7.3).

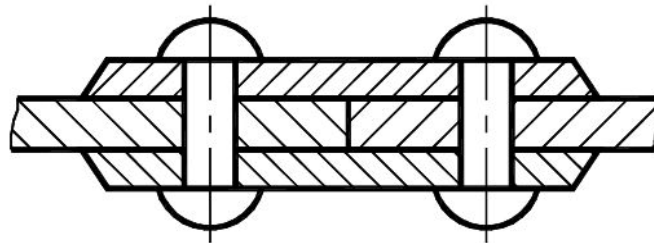


Рисунок 7.3 – Штриховка смежных деталей

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. 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 7.1). Размер шрифта буквенных обозначений должен быть на два размера больше размерных чисел, нанесенных на том же чертеже (рисунок 7.4).

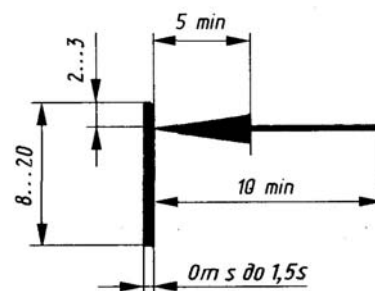


Рисунок 7.4 – Обозначение разреза

Вопросы для самоконтроля

- 1 Какое изображение предмета называют разрезом?
- 2 Перечислите названия простых разрезов.
- 3 Расположение простых разрезов.
- 4 Штриховка и обозначение разрезов.

8 Соединение части вида с частью разреза

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 8.1).

Если на оси симметрии расположена линия видимого или невидимого контура, то видимость ее сохраняют, дополнительно проводя волнистую линию левее или правее оси симметрии (рисунок 8.2).

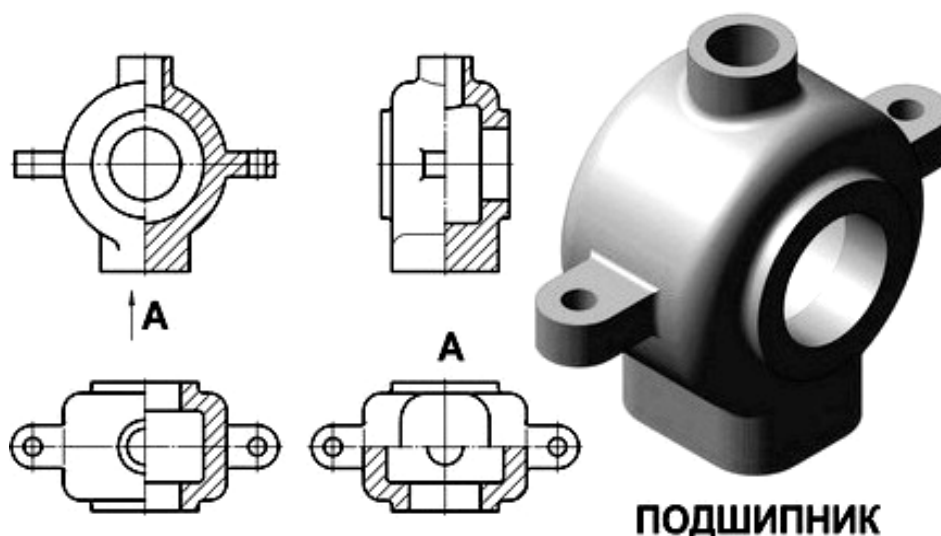


Рисунок 8.1 – Соединение половины вида и половины разреза

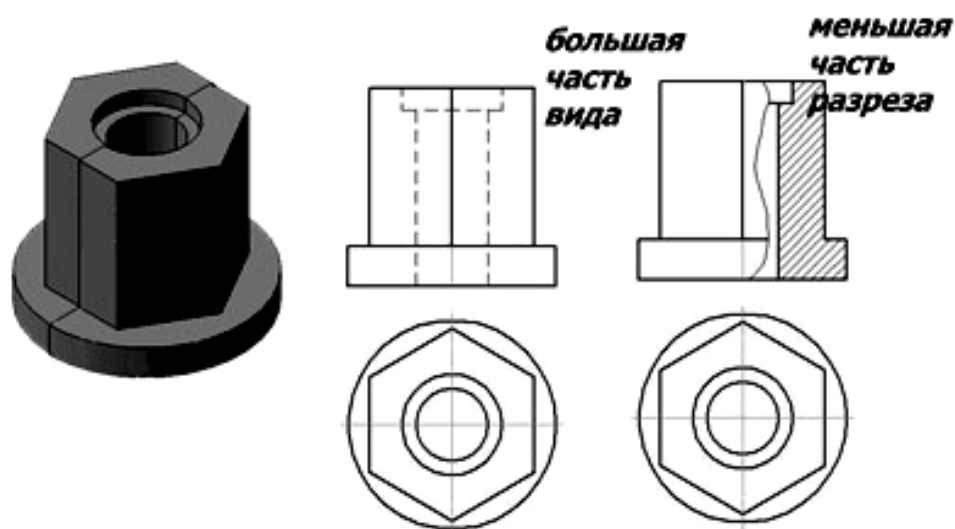


Рисунок 8.2 – Соединение части вида и части разреза

Вопросы и задания для самоконтроля

- 1 Правила выполнения соединения части вида с частью разреза.
- 2 Правила выполнения соединения половины вида и половины разреза.
- 3 Выполните задачу № 2 задания «Проекционное черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

9 Сложные разрезы

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 9.1).

Ломаными называются разрезы, полученные от рассечения предмета не параллельными, а пересекающимися плоскостями (угол пересечения более 90°).

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 9.2).

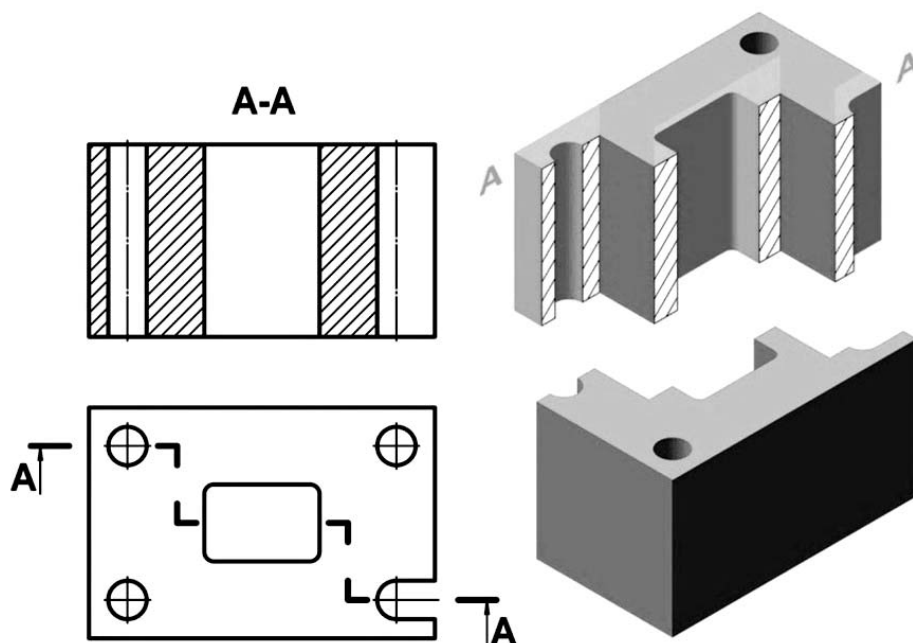


Рисунок 9.1 – Ступенчатый разрез

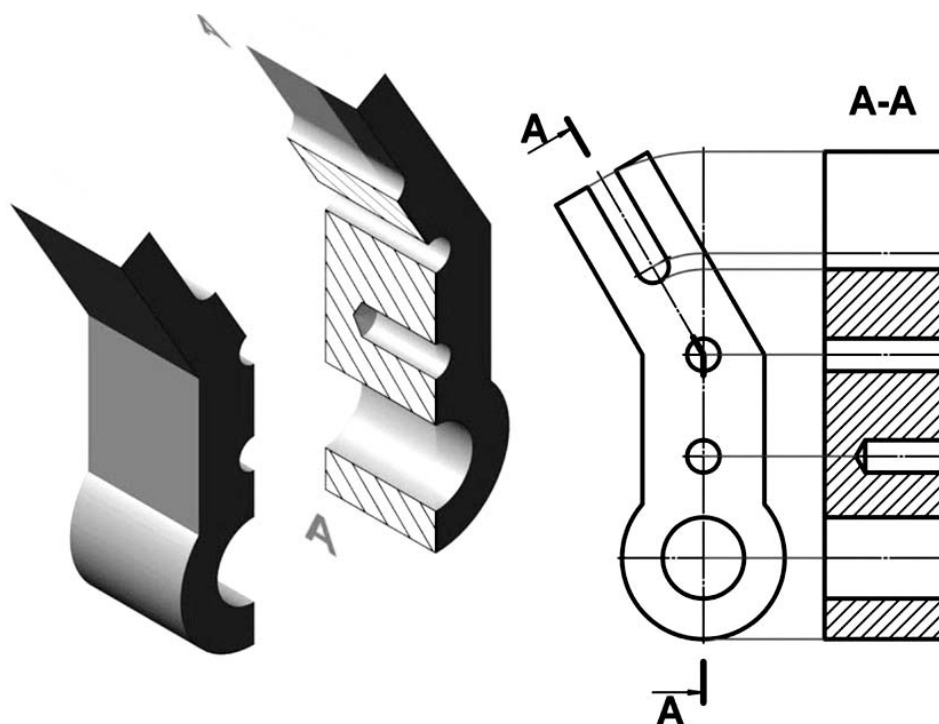


Рисунок 9.2 – Ломаный разрез

Вопросы и задания для самоконтроля

- 1 Какие разрезы называют *сложными*?
- 2 Какие разрезы называются *ступенчатыми*?
- 3 Какие разрезы называются *ломаными*?
- 4 Выполните задачу № 3 задания «Проекционное черчение». Бланки задания выдает преподаватель.

10 Пересечение прямой линии с поверхностью

Для построения точек пересечения с какой-либо поверхностью необходимо провести через данную прямую вспомогательную секущую плоскость; затем найти линию пересечения вспомогательной плоскости с данной поверхностью и, наконец, определить точки пересечения полученной линии с заданной прямой. Эти точки и будут искомыми точками пересечения прямой с поверхностью [4].

Обычно в качестве вспомогательной плоскости выбирают проецирующую плоскость, проходящую через данную прямую, т. к. в общем случае линия пересечения поверхности с проецирующей плоскостью строится проще, нежели с плоскостью общего положения.

Однако в некоторых частных случаях выгоднее в качестве вспомогательной плоскости выбирать плоскость общего положения, пересекающую данную поверхность по графически простой линии.

Так как линия пересечения поверхности с проецирующей плоскостью, проведенной через данную прямую, и данная прямая являются конкурирующими линиями, то общий прием построения точек пересечения прямой с поверхностью можно сформулировать так: для построения точек пересечения прямой с поверхностью нужно построить на поверхности вспомогательную линию, конкурирующую с данной прямой, и найти точки пересечения этой линии с прямой.

При этом, строя вспомогательную линию, следует для определения ее отдельных точек пользоваться графически простыми линиями поверхности. Так, в случае поверхности вращения такими простыми линиями будут параллели (окружности), а в случае линейчатой поверхности – образующие (прямые).

На рисунке 10.1 показано нахождение точек пересечения прямой общего положения AB с поверхностью пирамиды $SCDE$ [5].

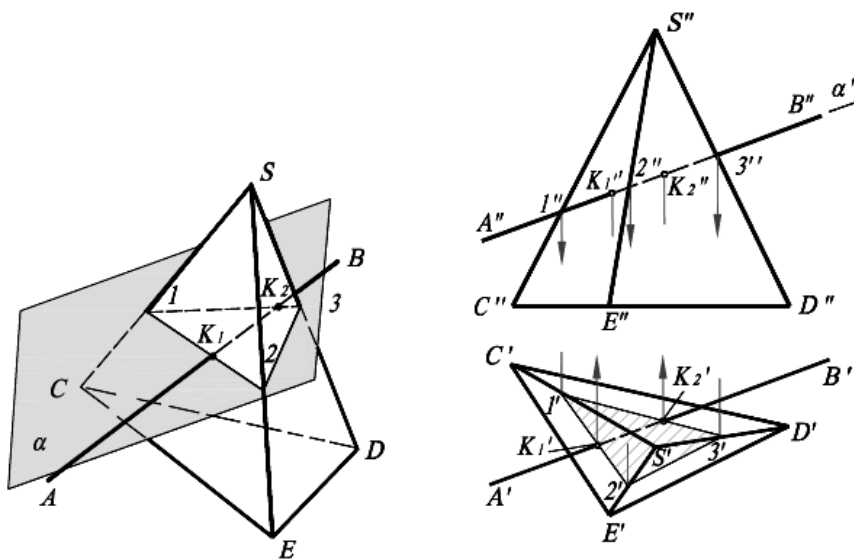
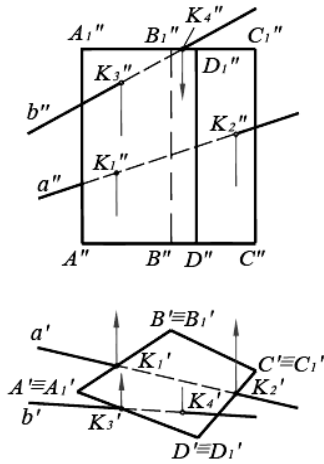


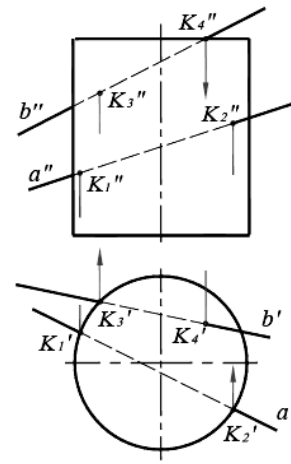
Рисунок 10.1 – Пересечение прямой общего положения с поверхностью пирамиды

На рисунке 10.2 показано построение точек пересечения прямых линий общего положения a и b с поверхностями: четырехугольной прямой призмы, цилиндра вращения.

а)



б)

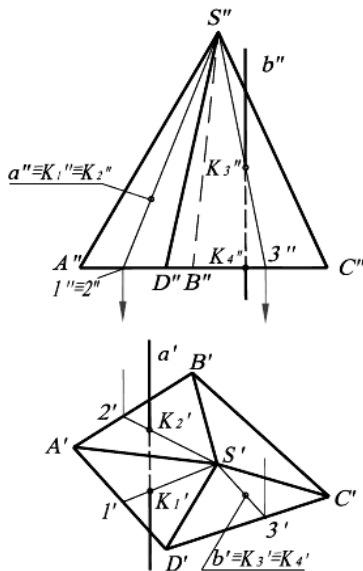


a – пересечение прямых линий общего положения a и b с поверхностью призмы;
 \bar{b} – пересечение прямых линий общего положения a и b с поверхностью цилиндра

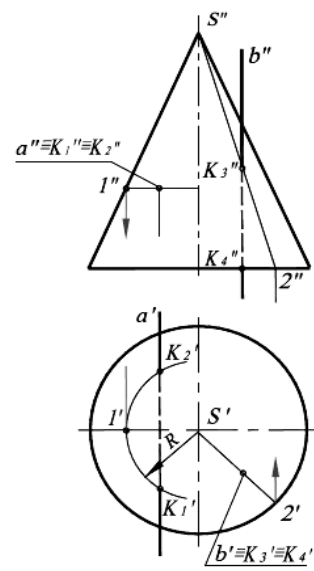
Рисунок 10.2 – Пересечение прямых линий общего положения a и b с поверхностями четырехугольной прямой призмы и цилиндра вращения

На рисунке 10.3 показано построение точек пересечения проецирующих прямых a и b с поверхностями: пирамиды, конуса вращения.

а)



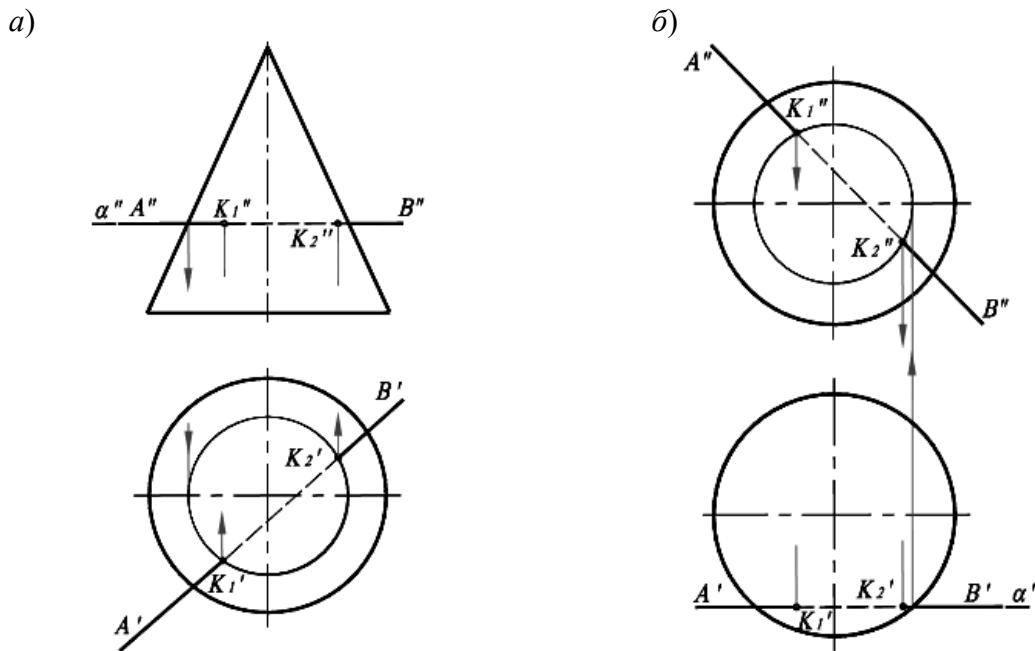
б)



a – пересечение проецирующих прямых a , b с поверхностью пирамиды; \bar{b} – пересечение проецирующих прямых a и b с поверхностью конуса вращения

Рисунок 10.3 – Точки пересечения проецирующих прямых линий a и b с поверхностями пирамиды и конуса вращения

На рисунке 10.4 показано построение точек пересечения прямой уровня с поверхностью конуса вращения и поверхностью сферы.



a – пересечение прямой уровня с поверхностью конуса вращения; *б* – пересечение прямой уровня с поверхностью сферы

Рисунок 10.4 – Нахождение точек пересечения прямой уровня с поверхностью конуса вращения и сферы

Вопросы и задания для самоконтроля

- 1 Перечислите этапы построения пересечения прямой линии с поверхностью.
- 2 Какую плоскость обычно выбирают в качестве вспомогательной?
- 3 С помощью каких точек определяют видимость линии пересечения?

По итогам практического занятия оценивается способность студентов решать комплексные задачи в тетради-клише по курсу начертательной геометрии.

11 Пересечение поверхностей

В общем случае линия пересечения двух поверхностей представляет собой пространственную кривую, которая может распадаться на несколько частей.

Линию пересечения поверхностей обычно строят по ее отдельным точкам, принадлежащих одновременно заданным поверхностям. Форма линий пересечения зависит от формы и взаимного расположения поверхностей.

Прежде чем приступить к построению линии пересечения поверхностей, необходимо внимательно изучить задачи, т. е. выяснить какие поверхности пересекаются.

Если одна из поверхностей является проецирующей, то решение задачи упрощается, т. к. на одной из проекций линия пересечения совпадает с проекцией поверхности. И задача сводится к нахождению 2-й проекции линии.

При решении задачи следует отметить в первую очередь характерные точки: точки на крайних образующих, точки, делящие линию на видимую и невидимую часть, верхние и нижние точки и др.

Они позволяют определить границы линии пересечения, между которыми и следует определять промежуточные точки. Для нахождения промежуточных точек вводятся вспомогательные секущие посредники. Количество промежуточных точек должно быть достаточным для определения линии пересечения поверхностей. Построенные точки соединяют плавной кривой линией с учетом их видимости. На рисунке 11.1 приведен пример решения задачи.

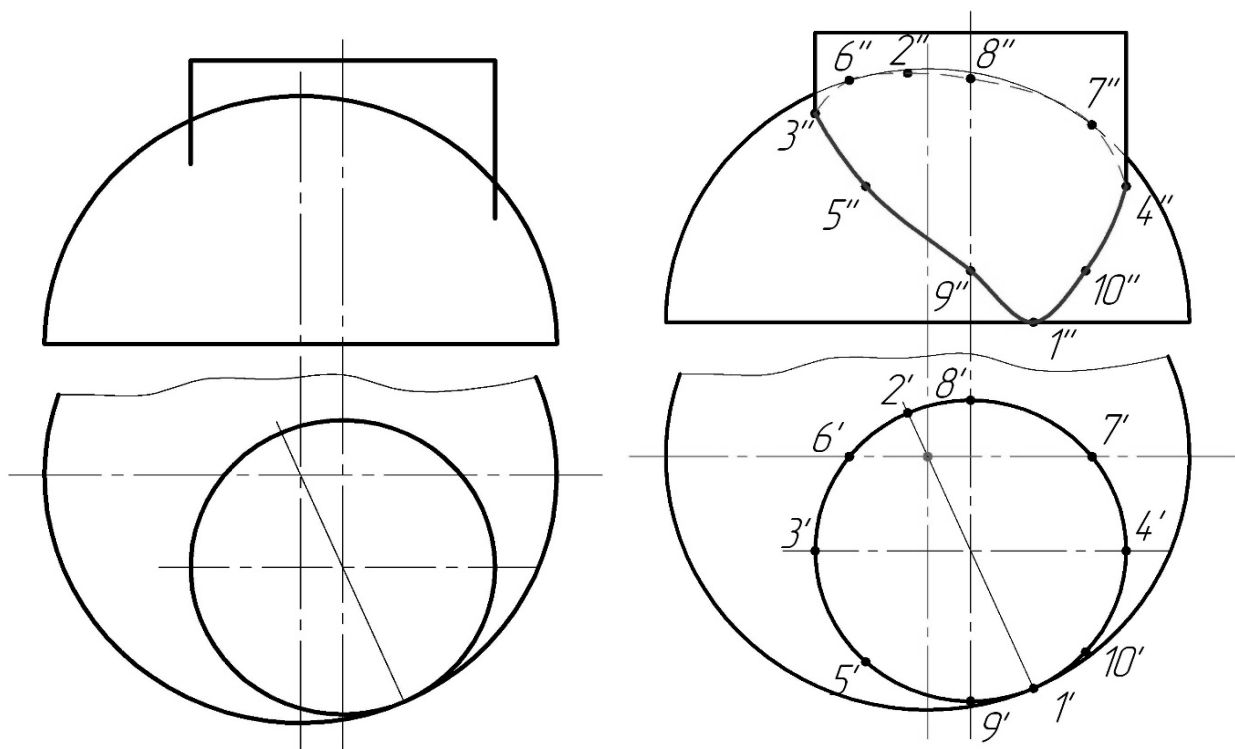


Рисунок 11.1 – Условие и решение задачи

Пусть требуется определить линию пересечения поверхности сферы с поверхностью тора (рисунок 11.2). 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. Такими плоскостями в данном случае являются горизонтальные плоскости (α , β , γ , σ), которые пересекают заданные поверхности по окружностям, проецирующимся на горизонтальную плоскость проекций без искажения. Взаимное пересечение горизонтальных проекций ука-

занных окружностей определяет горизонтальные проекции точек, принадлежащих линии пересечения.

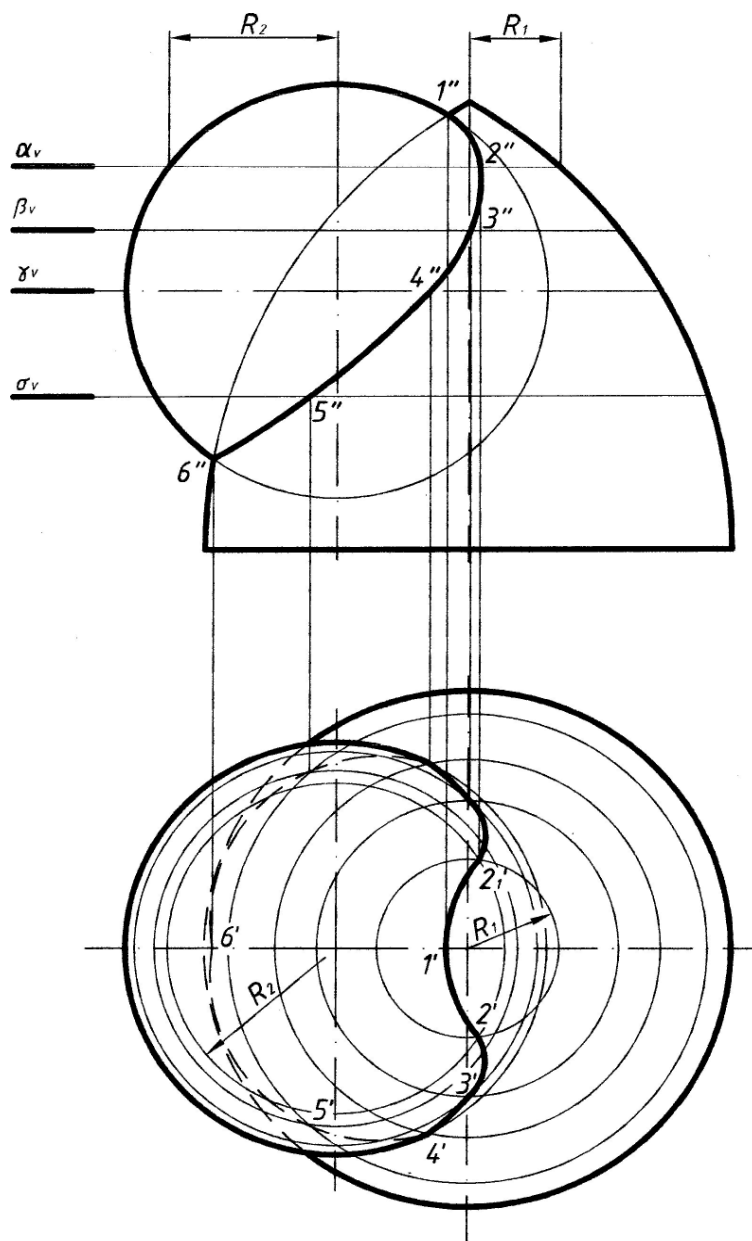


Рисунок 11.2 – Пересечение сферы и тора

Сначала находим точки 1 и 6. Это так называемые «опорные» или «характерные» точки линии пересечения.

Эти точки определяют сразу на фронтальной проекции без дополнительных построений как результат пересечения очерковых образующих заданных поверхностей (можно представить, что мы рассекаем обе поверхности так называемой «осевой» плоскостью ω , 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 α 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 α_V .

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

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

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

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.

Применение в указанном случае сферических поверхностей удобно потому, что сферическая поверхность, центр которой расположен на оси любого тела вращения, пересекается с последним по окружности.

Эта окружность проецируется на плоскость проекций, параллельно которой расположена ось тела вращения в виде прямой линии L (рисунок 11.3), потому что точка A – точка пересечения образующих обоих тел вращения – при вращении образующих опишет дугу окружности, общую обоим поверхностям и расположенную в плоскости, перпендикулярной оси вращения.

Для того чтобы сферические поверхности использовать в качестве вспомогательных поверхностей при определении линии пересечения поверхностей двух тел вращения, за центр вспомогательных сферических поверхностей следует принимать точку пересечения осей заданных поверхностей.

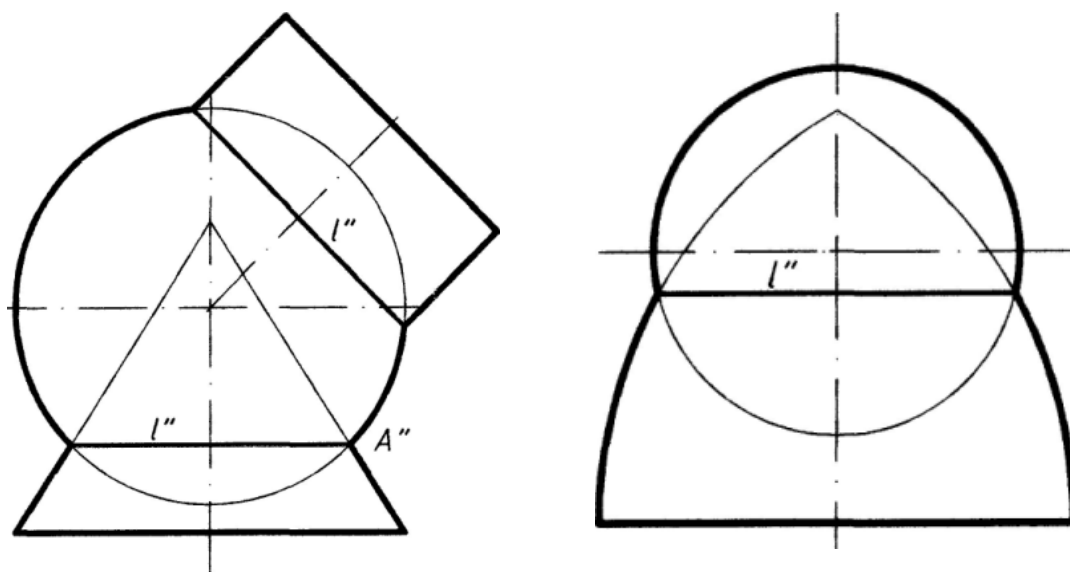


Рисунок 11.3 – Частные случаи пересечения поверхностей вращения

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

В практике решения задач на построение линии пересечения поверхностей вращения встречаются случаи, когда ось поверхности наклонена к одной из плоскостей проекций. В этом случае основание поверхности вращения проецируется на эту плоскость в виде эллипса, а также возникает вопрос построения очерковых образующих.

На рисунке 11.4 изображены два конуса; ось одного из них параллельна плоскости H и наклонена к плоскости V . Очерк его горизонтальной проекции задан: равнобедренный треугольник $S'D'E'$. Требуется построить очерк фронтальной проекции. Искомый очерк состоит из части эллипса и двух касательных к нему прямых.

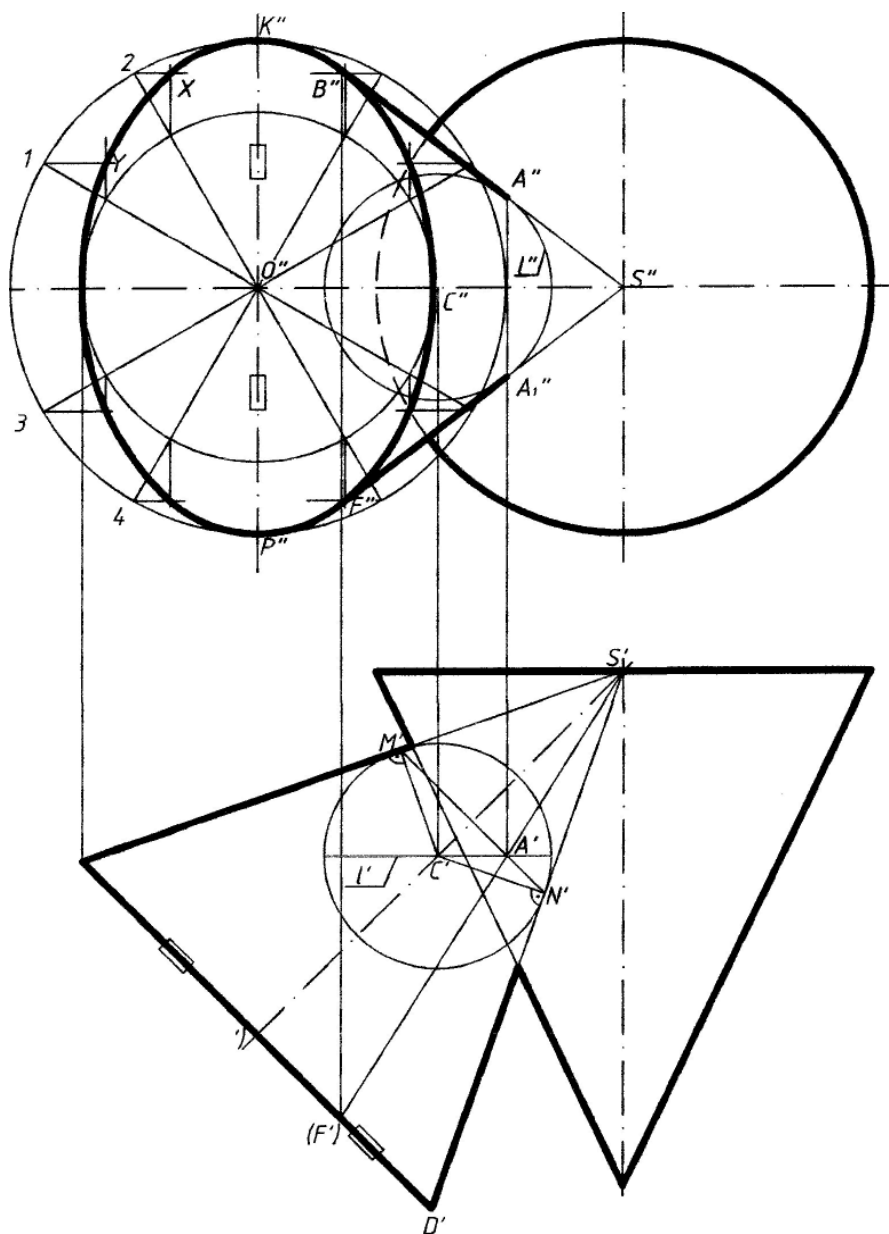


Рисунок 11.4 – Построение очерков проекций поверхности вращения с наклонной осью

Эллипс на фронтальной проекции можно построить по двум его осям: малой $D''E''$ и большой $K''P''$, равной по своей величине $D'E'$ (диаметру окружности основания конуса). Из точки O'' чертим две concentрические окружности, диаметры которых равны заданным осям эллипса. Обе окружности делим на 12 равных частей. Через точки деления 1, 2, 3, 4 и т. д. на большой окружности проводим прямые, параллельные $E''D''$, а через точки деления на малой окружности – прямые, параллельные $K''P''$. От взаимного пересечения этих прямых получим ряд точек: X , Y и т. д.; это и будут искомые точки эллипса, которые соединяем плавной кривой с помощью лекала.

Построение очерковых образующих конуса, касательных к эллипсу, можно выполнить с помощью сферы, вписанной в конус. Из произвольной точки C' , взятой на оси конуса, проводим сферу радиусом $C'N'$ так, чтобы эта сфера была вписана в конус. Далее можно построить линию касания $M'N'$ сферы и конуса. Построение искомой образующей можно начать с отыскания точки A' – горизонтальной проекции одной из точек искомой образующей. Точка A' получается при пересечении горизонтальных проекций окружности касания конуса и сферы (прямая $M'N'$) и экватора сферы (прямая l'). Теперь можно найти проекцию A'' на фронтальной проекции экватора и через точки S'' и A'' провести прямые фронтальные проекции искомых образующих.

Вопросы и задания для самоконтроля

- 1 Назовите этапы построения линии пересечения поверхностей.
- 2 В чем сущность метода секущих плоскостей?
- 3 Как определить характерные точки линии пересечения поверхностей по методу секущих плоскостей?
- 4 В чем сущность метода секущих сфер?
- 5 Как определить центр вписанных concentрических сфер?
- 6 Как определить величину радиуса максимальной и минимальной сферы?
- 7 Выполните задание «Пересечение поверхностей». Вариант задания выдает преподаватель.

По итогам практического занятия оценивается способность студентов решать комплексные задачи в тетради-клише по курсу начертательной геометрии.

Список литературы

- 1 Инженерная графика: учебник / под ред. Н. П. Сорокина. – 6-е изд., стер. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2022. – 392 с.
- 2 **Леонова, О. Н.** Начертательная геометрия в примерах и задачах: учеб. пособие / О. Н. Леонова, Е. А. Разумова. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 212 с.
- 3 **Чекмарев, А. А.** Инженерная графика. Машиностроительное черчение: учебник / А. А. Чекмарев. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 396 с.
- 4 **Бударин, О. С.** Начертательная геометрия. Краткий курс / О. С. Бударин. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 361 с.
- 5 Изображения – виды, разрезы, сечения: ГОСТ 2.305–2008. – Мн. : Госстандарт, 2010. – 28 с.
- 6 **Рымкевич, Ж. В.** Инженерная графика: метод. рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки 27.03.05 «Инноватика» очной формы обучения / Ж. В. Рымкевич, О. А. Воробьева, Н. М. Юшкевич. – Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2022. – 47 с.
- 7 **Воробьева, О. А.** Инженерная графика: метод. рекомендации к управляемой самостоятельной работе для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» очной формы обучения / О. А. Воробьева, Н. М. Юшкевич. – Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2022. – 41 с.