

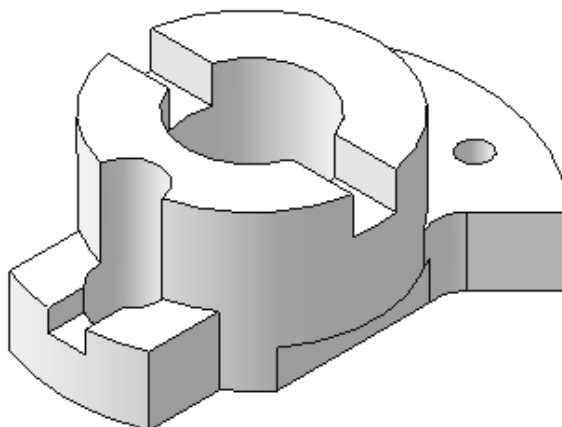
Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический
университет»

О.А. Маркова

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ЧАСТЬ I

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Нижекамск

2012

УДК 744

М 25

Печатается по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Рецензенты:

Закиров М.А., кандидат технических наук, доцент;

Матушанский Г.У., доктор педагогических наук, профессор.

Маркова, О.А.

М 25 Инженерная графика. Часть I : учебное пособие / О.А. Маркова. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2012. - 83 с.

Настоящее учебное пособие содержит теоретический и практический материал, необходимый для выполнения контрольной работы по инженерной графике (раздел - начертательная геометрия). Все рекомендации подкреплены теоретическими положениями, конкретными примерами и образцами выполнения заданий (эпюров).

Учебное пособие предназначено для студентов технического направления, обучающихся в учреждениях высшего профессионального образования по программам бакалавриата.

Подготовлено на кафедре «Техника и физика низких температур» НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

УДК 744

© Маркова О.А., 2012

© Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2012

Введение

Классический курс инженерной графики включает элементы начертательной геометрии и технического черчения и служит основой для дальнейшего изучения компьютерной графики, прикладной механики. Первая часть учебного пособия содержит индивидуальные варианты контрольных заданий по начертательной геометрии, теоретические положения, рекомендации по их выполнению и примеры оформления заданий.

Предметом начертательной геометрии является изложение и обоснование способов задания изображений геометрических образов на плоскости (чертеже). Под геометрическими образами понимают точки, линии (прямые и кривые), плоскости. Совокупность этих образов дает любую пространственную форму (деталь, конструкцию, сооружение).

Чертежи, выполнение которых основано на способах начертательной геометрии, обладают точностью, простотой исполнения, наглядностью и обратимостью. При этом, способы служат не только целям изображения образов (предметов), они позволяют также решать различные задачи, носящие производственный характер, такие, как определение площадей плоских фигур и кривых поверхностей, построение разверток изделий из листового материала, определение веса предметов по их изображениям, конструирование различных поверхностей и многие другие.

1. Выполнение контрольных работ

Рабочими программами кафедр вузов предусматривается выполнение студентами заочного отделения контрольных работ, обычно на каждую дисциплину по одной работе в семестре. Текущий контроль преподавателя за работой заочника производится именно по этим контрольным работам. Контрольные работы представляются на рецензию (в сброшюрованном виде

и оформляются титульным листом) в сроки, указанные в учебном графике, в полном объеме (все эшюры и пояснения к ним). Работу вместе с рецензией возвращают студенту и она хранится у него до зачета или экзамена. Замечания преподавателя должны быть приняты обучающимся к исполнению. Если работа не зачтена или зачтена не полностью, то на повторную рецензию надо представить снова всю работу. *При сдаче зачета или экзамена студент представляет все задания и рецензии к ним.*

Организация выполнения контрольных работ:

1. Изучение теоретического материала по начертательной геометрии по учебным пособиям, конспектам лекций, учебникам.
2. Ознакомление с данным учебным пособием и образцами выполнения эшюров.
3. Задания на контрольные работы представлены в вариантах. *Номер варианта соответствует порядковому номеру студента в списке группы.*
4. Решение задач на черновиках, после этого оформление заданий чертежами.

Требования к выполнению контрольных работ:

1. Графическое оформление контрольных работ должно соответствовать требованиям стандартов ЕСКД.
2. Образец титульного листа выдается деканатом. Выполняют его на чертежной бумаге (ватмане) и заполняют чертежным шрифтом.
3. Формат листов чертежной бумаги для данной контрольной работы обычно выбирают А3.
4. В основной надписи чертежей записывается наименование темы - название задания. Шифр (обозначение) учебных чертежей выглядит так: НГ 01 ХХ 00 (или ИГ 01 ХХ 00), где НГ - начертательная геометрия (ИГ - инженерная графика); 01 - номер контрольной работы; ХХ (01 ... 30) - номер варианта; 00 - если чертеж не является рабочим чертежом детали.

5. Пояснения к эшюрам необходимо выполнять на обычной бумаге в клетку и прикреплять к соответствующему чертежу.

2. Основные правила оформления чертежей

2.1. Формат. Основная надпись

Все чертежи должны выполняться на листах бумаги стандартного формата. *Форматом чертежа называется размер листа, определяемый размерами внешней рамки.*

ГОСТ 2.301-68 установил следующие основные форматы листов чертежей, их обозначения и размеры (табл. 1).

Таблица 1 - Основные форматы

Обозначение формата	A0	A1	A2	A3	A4
Размер формата в мм	841x1189	594x841	420x594	297x420	210x297

К основным форматам относится и формат A5 - 148 x 210 мм. Формат A4 располагается только вертикально, а форматы с A3 по A0 и вертикально и горизонтально.

При необходимости используют дополнительные форматы. Дополнительные форматы образуются увеличением коротких сторон основных форматов в n раз, где n - целое число: $A \times n$.

Внутри внешней рамки проводят внутреннюю рамку сплошной основной линией. Сверху, справа и снизу расстояние между линиями ограничивающими внутреннюю и внешнюю рамки принимают равными 5мм. С левой стороны для подшивки чертежей оставляют полосу шириной 20 мм. В правом нижнем углу формата располагают основную надпись; в левом верхнем углу формата чертится дополнительная графа габаритами 70 x 14, в которой пишется обозначение чертежа (шифр) с поворотом на 180° (рис.1).

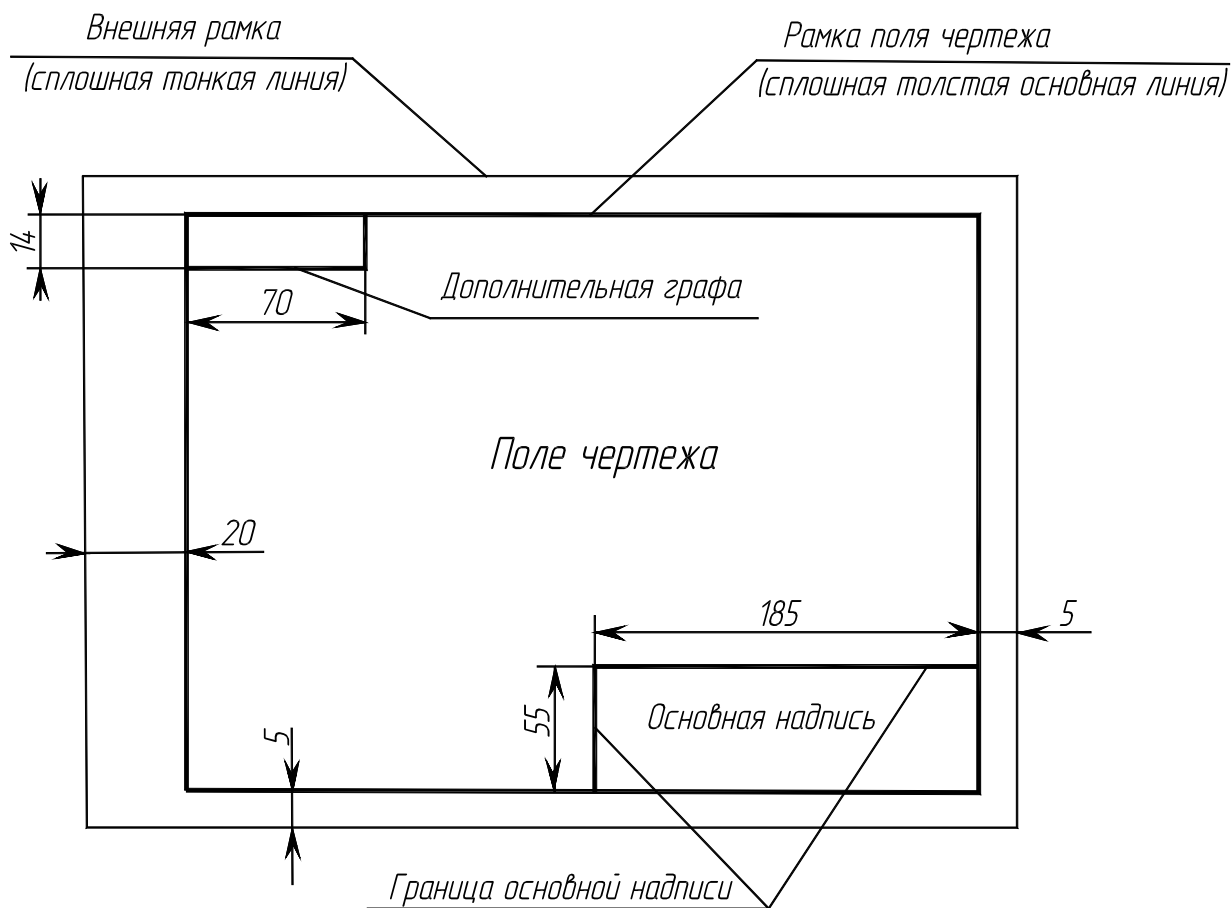


Рисунок 1 - Оформление листа формата А3

Рекомендуемая основная надпись для листов приведена на рисунке 2.

Содержание ее граф следующее:

- (1) - наименование задания или изделия;
- (2) - обозначение (шифр) чертежа по ГОСТ 2.201-80;
- (3) - обозначение материала детали (заполняется только на чертежах деталей);
- (4) - литера, присвоенная данному документу по ГОСТ 2.103-68 (в нашем случае учебная - У);
- (5) - масса изделия по ГОСТ 2.109-73 (в чертежах по начертательной геометрии графа не заполняется);
- (6) - масштаб по ГОСТ 2.302-68;
- (7) - порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, не заполняется);
- (8) - число листов документа одного задания (заполняется только на первом листе);
- (9) - наименование или различительный индекс предприятия

(изготовителя), выпускающего документ (чертеж);

(10) - характер работы, выполняемой лицом, подписавшим документ (на учебных чертежах порядок заполнения строк следующий: «Разработал», «Проверил», «Утвердил»);

(11) - фамилии лиц, подписавших документ;

(12) - подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11;

(13) - дата подписания документа.

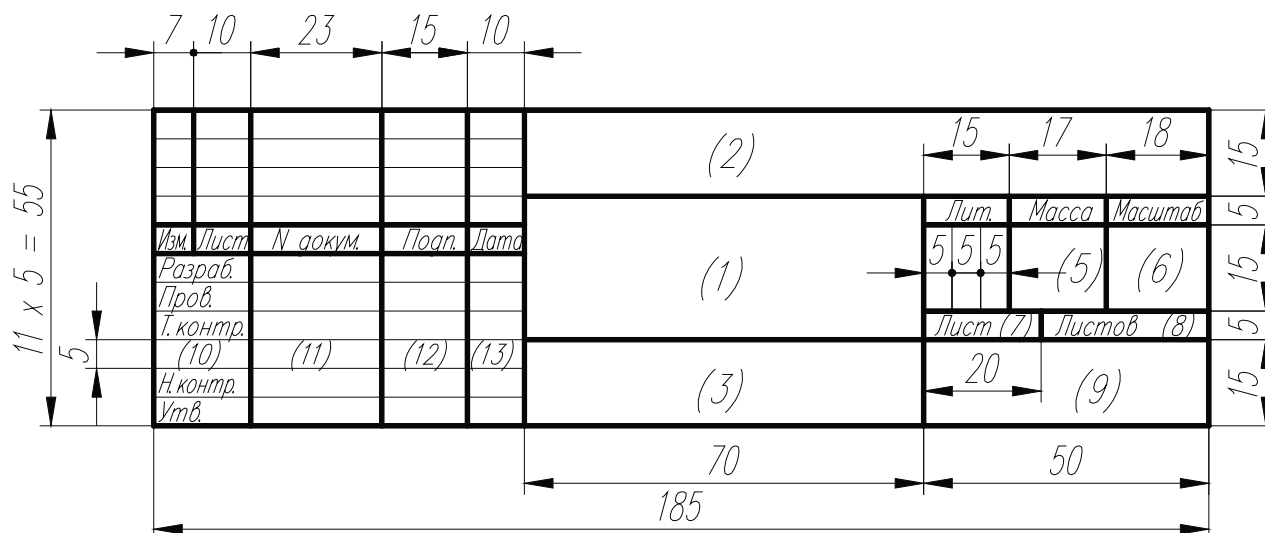


Рисунок 2 - Форма 1 - основная надпись, выполняемая на первом листе чертежей и схем

2.2. Масштаб чертежа

Масштабом пользуются для изображения слишком больших или слишком мелких изделий, он показывает, во сколько раз каждая линия, нанесенная на чертёж, меньше или больше её действительных размеров.

Масштабом чертежа называется отношение линейных размеров изображения изделия к действительным размерам изделия.

Масштабы установлены ГОСТ 2.302-68 и должны выбираться из соответствующего ряда (табл. 2). Масштаб, указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа, должен обозначаться по типу 1:1; 1:2; 2:1 и т. д., а в остальных случаях (на поле чертежа) - (1:1); (1:2); (5:1) и т. д.

Таблица 2 - Группы масштабов

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

Произвольные масштабы при выполнении чертежей использовать нельзя. Следует помнить, что независимо от выбранного стандартного масштаба размерные числа на чертеже должны соответствовать натуральным размерам изображенного изделия.

2.3. Линии чертежа по ГОСТ 2.303 – 68

Контрольную работу выполняют карандашом с применением чертежных инструментов. Но в работах по начертательной геометрии приветствуется и обводка результатов выполненных построений цветными гелевыми ручками.

По правилам выполнения и оформления графических документов на одном чертеже за исходную принимают *сплошную толстую основную линию*, линию видимого контура изображения. Толщина этой линии S должна выбираться в пределах от 0,6 до 1,5 мм. Целесообразнее всего на чертежах эту толщину выдерживать 0,8...1 мм.

Толщину остальных линий чертежа устанавливают в зависимости от выбора толщины основной линии. Толщина линий каждого типа должна быть одинакова для всех изображений одного масштаба на данном чертеже.

Названия, изображения, толщины и основное назначение всех типов линий, используемых при выполнении графических построений (чертежей) приведены в таблице 3. Практическое применение различных типов линий показано на рисунке 3.

Таблица 3 - *Линии чертежа*

Наименование	Начертание	Толщина	Основное назначение
Сплошная толстая основная		S	Линии видимого контура, линии контура вынесенного сечения
Сплошная тонкая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения, размерные и выносные линии, штриховка
Сплошная волнистая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линии обрыва, линии разграничения вида и разреза
Штриховая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линии невидимого контура
Штрихпунктирная тонкая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линии осевые и центровые
Штрихпунктирная утолщенная		$\frac{s}{2} \dots \frac{2}{3}s$	Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью
Разомкнутая		s ... 1,5s	Линии сечений
Сплошная тонкая с изломами		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках, линии для изображения развертки, совмещенной с видом

Толщина линий S/3 допускается только для чертежей, выполненных тушью, на форматах с А4 по А2.

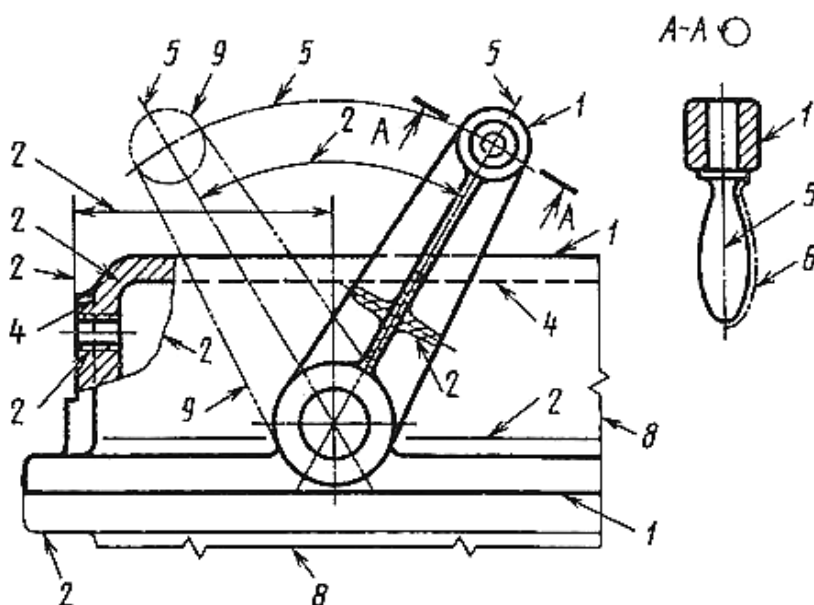


Рисунок 3 - *Применение типов линий на чертеже*

2.4. Шрифты по ГОСТ 2.304-81

Все надписи на чертежах должны быть выполнены чертёжным шрифтом. Начертание букв и цифр чертёжного шрифта устанавливается стандартом. Существуют русский, латинский и греческий алфавиты, а также арабские и римские цифры и знаки.

ГОСТ 2.304-81 установил 2 типа шрифтов: тип А и тип Б, каждый из которых можно выполнить без наклона или с наклоном 75 градусов к основанию строки. Основным параметром шрифта является его размер h - высота прописных букв в миллиметрах, измеренная по перпендикуляру к основанию строки. *Высота h определяет размер шрифта.* Он может быть равен 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40 мм. *Рекомендуемые размеры шрифта 3,5; 5; 7 и 10.*

Написание букв и цифр и основные параметры шрифта типа А с наклоном около 75° ($d = \frac{1}{14}h$) приведены на рисунке 4 и в таблице 4.

Таблица 4 - Параметры шрифты типа А с наклоном около 75° ($d = \frac{1}{14}h$)

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер	Размер, мм							
			2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
Высота прописных букв	h	$(\frac{14}{14})h$	14d	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Высота строчных букв	c	$(\frac{10}{14})h$	10d	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Расстояние между буквами	a	$(\frac{2}{14})h$	2d	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Минимальный шаг строк	b	$(\frac{22}{14})h$	22d	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Минимальное расстояние между словами	e	$(\frac{6}{14})h$	6d	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Толщина линий шрифта	d	$(\frac{1}{14})h$	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4



Рисунок 4 - *Написание букв и цифр русского алфавита
типа А ($d = h/14$)*

Необходимо внимательно изучить формы букв и цифр, соотношения между высотой и остальными их размерами. Ширина букв и цифр колеблется от $0,3h$ до $0,8h$, в этом - одна из трудностей усвоения стандартного шрифта. Необходимо развивать глазомер и помнить, что ширина любого знака не может быть равной или быть больше, чем номер шрифта. Недопустимо неправильное начертание семерки, когда ее легко спутать с единицей; шестерки, когда ее легко принять за ноль и т. п.

На рисунке 5 приведен пример процесса написания нескольких букв шрифта.



Рисунок 5 - Начертание букв шрифта

3. Контрольная работа по начертательной геометрии

Цели контрольной работы: развитие пространственного мышления, ознакомление с основами геометрических построений, отработка умений решения графических задач на плоскости.

Контрольная работа состоит из четырех графических заданий по основным темам курса.

3.1. Теоретические положения к выполнению эюра 1

3.1.1. Задание на чертеже точки, прямой, плоскости

Любое отображение пространственных объектов на плоскость осуществляется посредством проецирования. Все чертежи строят при помощи способа проецирования, поэтому их и называют *проекционными*. Рассмотрение способа проекций начинается с построения проекций точки, так как при создании плоского изображения *любая пространственная форма рассматривается как множество принадлежащих ей точек*. Способ проецирования заключается в том, что любая точка пространства может быть спроецирована с помощью проецирующих лучей (прямых) на любую плоскость.

Для примера возьмем в пространстве произвольную плоскость π и геометрические объекты - точки M и N , способом параллельного

прямоугольного (ортогонального) проецирования отобразим эти точки на плоскость (рис. 6). S - направление проецирования.

Любую прямую определяют две точки. И поэтому на чертежах прямые часто задают отрезком. Чтобы спроецировать прямую на плоскость, достаточно отобразить на плоскость две ее точки. Проекция прямой в общем случае есть прямая: $[A_{\pi} B_{\pi}]$.

Если прямая располагается перпендикулярно какой-либо плоскости проекций, то на эту плоскость она проецируется в виде точки (частный случай): $M_{\pi} \equiv N_{\pi}$ (Рис. 7).

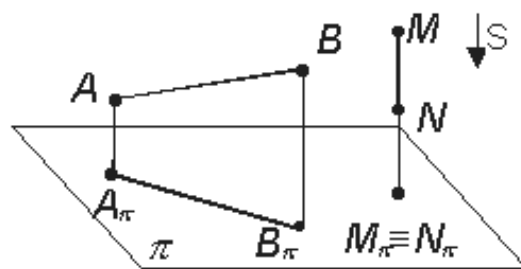
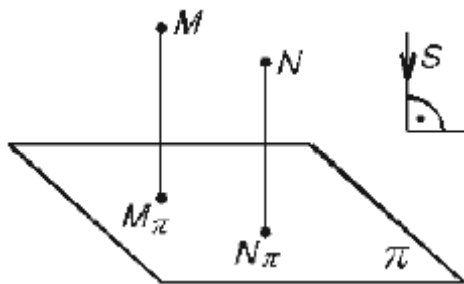


Рисунок 6 - Проецирование точек

Рисунок 7 - Проецирование прямых

Для определения положения геометрического предмета в пространстве и получения дополнительных сведений об образе может возникнуть необходимость в построении трех проекций предмета. Образ проецируют на три взаимно-перпендикулярные плоскости π_1 , π_2 и π_3 . В начертательной геометрии графические задачи решаются на наглядных (рис. 8а), комплексных (рис. 8б) чертежах и эшюрах (рис. 8в).

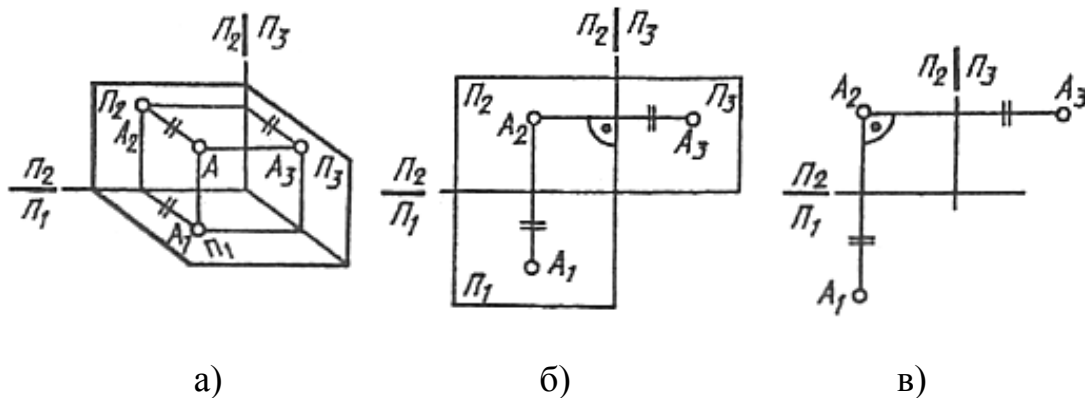


Рисунок 8 - Проецирование точки A на три плоскости проекций

На рисунке 8 показано, как точка A спроецирована на три плоскости, в результате чего получены:

- A_1 - горизонтальная проекция точки A (прямоугольная проекция точки на горизонтальную плоскость проекции π_1 (Π_1));
- A_2 - фронтальная проекция точки A (прямоугольная проекция точки на фронтальную плоскость проекции π_2 (Π_2));
- A_3 - профильная проекция точки A (прямоугольная проекция точки на профильную плоскость проекции π_3 (Π_3)).

На рисунке 9 показано построение эюра для точки A (40; 25; 50).

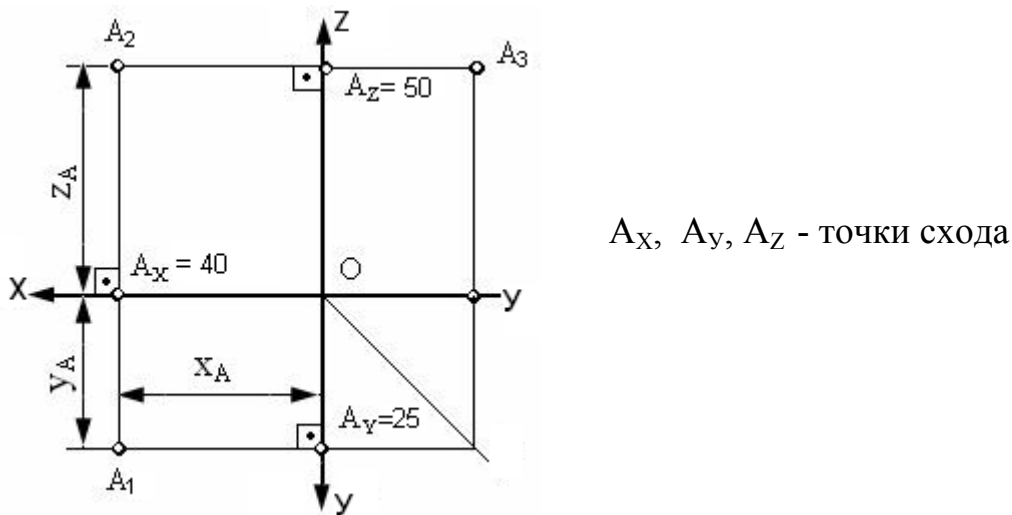


Рисунок 9 - Построение эюра точки

Плоскость - это двумерный геометрический образ, имеющий длину и ширину. Любая плоскость считается бесконечной, не имеющей толщины и непрозрачной.

Из школьного курса геометрии (стереометрия) известно, что плоскость в пространстве можно задать:

- тремя точками, не лежащими на одной прямой (рис. 10а);
- прямой и точкой, не принадлежащей этой прямой (рис. 10б);
- двумя параллельными прямыми (рис. 10в); двумя пересекающимися прямыми (рис. 10г);
- какой-либо плоской фигурой - треугольником, четырехугольником, окружностью (рис. 10д).

В начертательной геометрии пользуются еще одним способом задания плоскостей - следами (рис. 10е). Следом плоскости называют линию пересечения плоскости с плоскостью проекций.

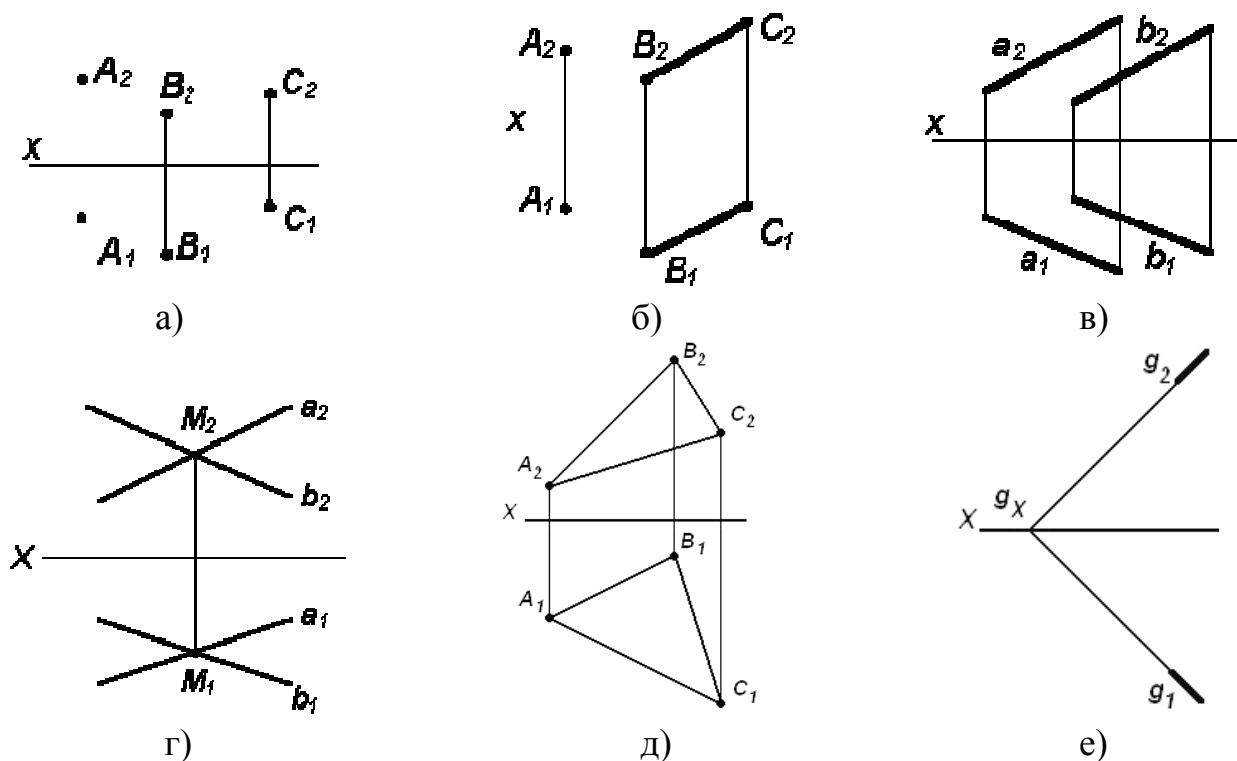


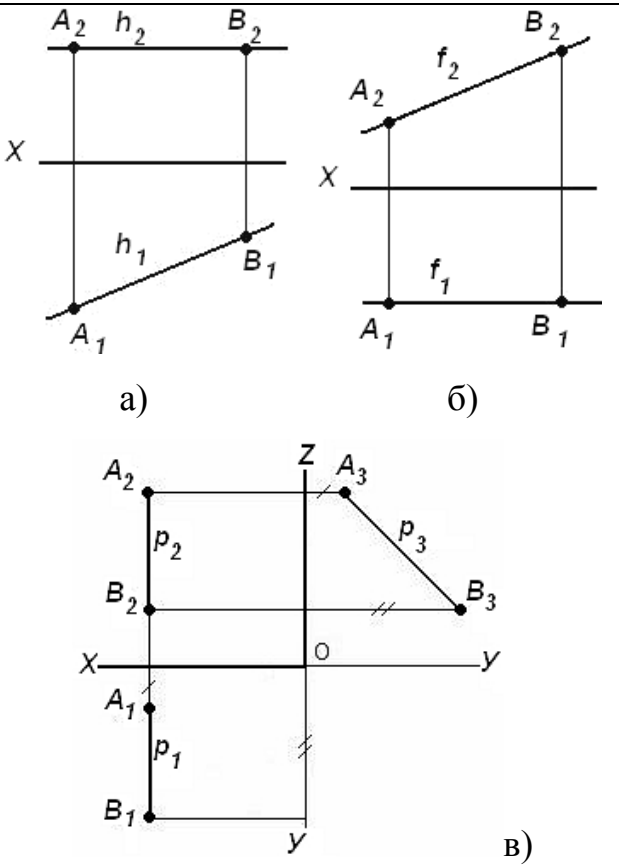
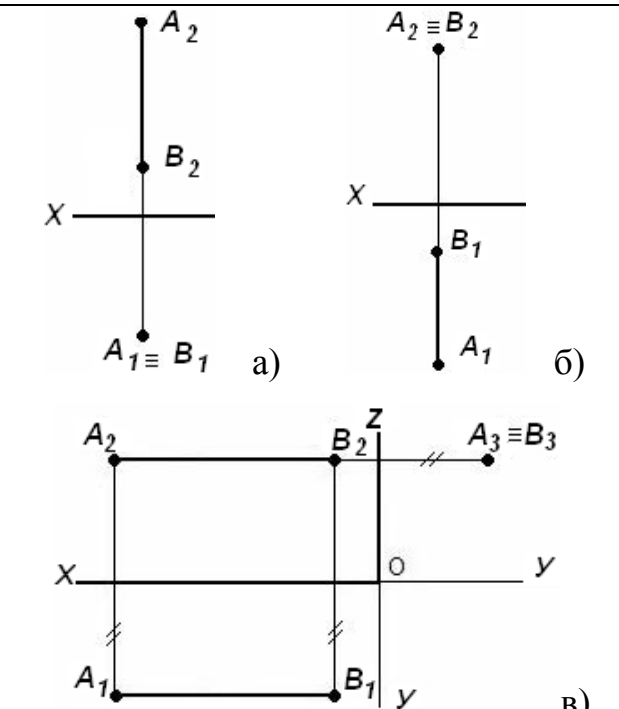
Рисунок 10 - Задание плоскостей

Прямые и плоскости в пространстве занимают различные положения: общие и частные (табл. 5).

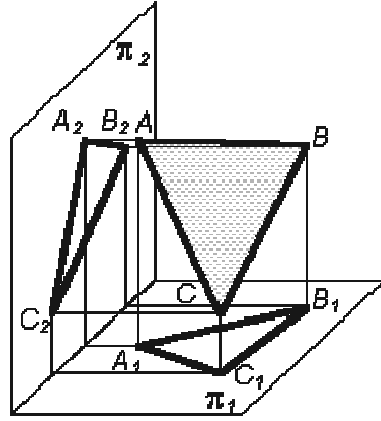
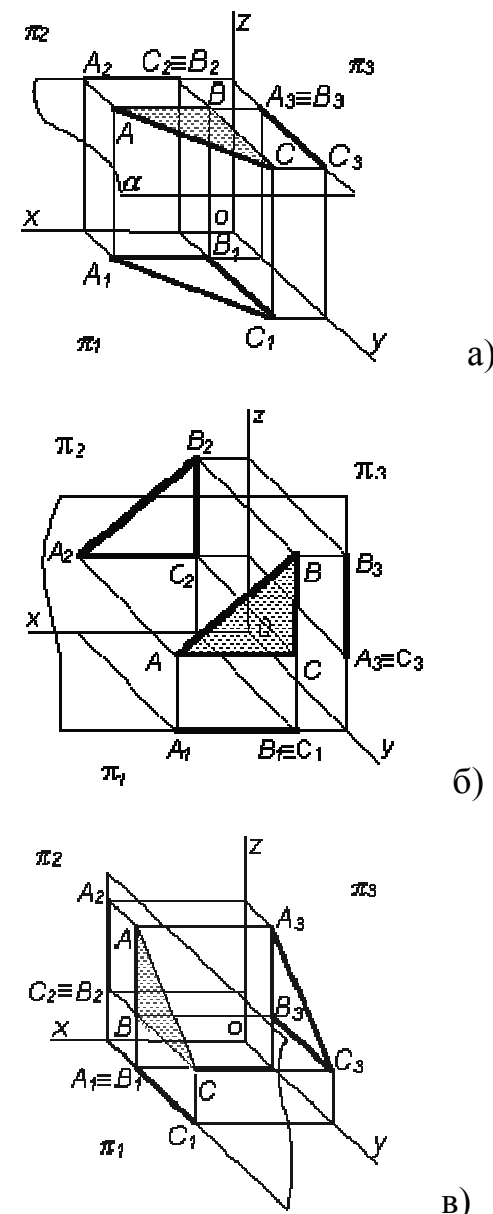
Таблица 5 - Положение прямых и плоскостей

Положение в пространстве	Начертание положения
1	2
<p>Прямая, не параллельная и не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций, называется прямой общего положения. На наглядном чертеже (Рис. 11) прямая общего положения задана отрезком AB:</p> <p>A_1B_1 - горизонтальная проекция прямой; A_2B_2 - фронтальная проекция прямой; A_3B_3 - профильная проекция прямой.</p>	<p>Рис. 11 Прямая общего положения</p>

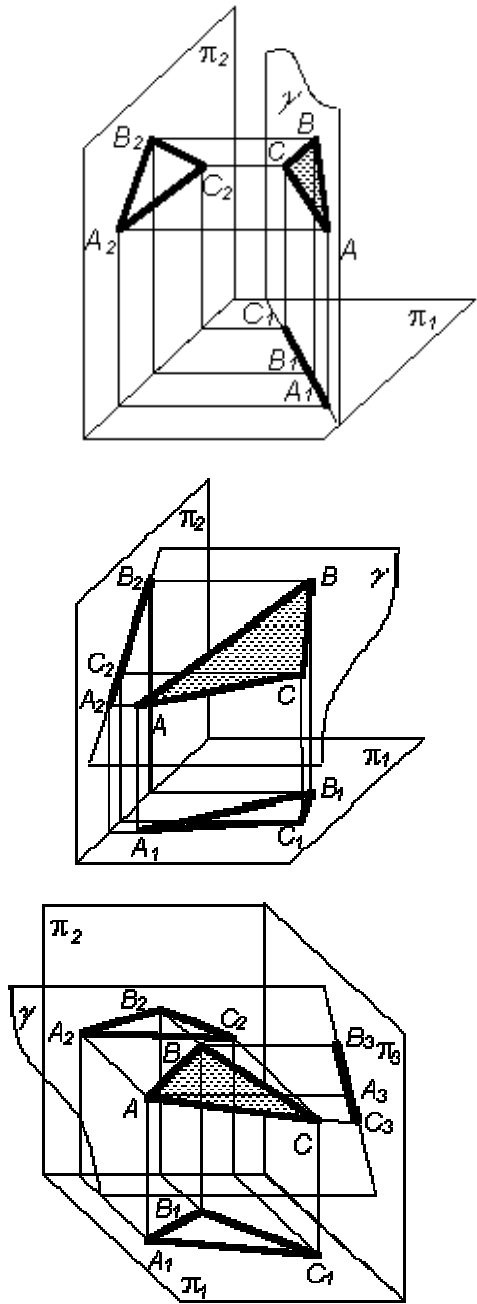
Продолжение таблицы 5.

1	2
<p>Прямая, параллельная одной плоскости проекций, называется <i>прямой уровня</i>. Прямая, параллельная плоскости проекций π_1, называется <i>горизонтальной прямой (горизонталью)</i> и обозначается H (рис. 12а). Прямая, параллельная плоскости π_2, называется <i>фронтальной прямой (фронталью)</i> и обозначается F (рис. 12б). Прямая, параллельная плоскости π_3, называется <i>профильной прямой</i> и обозначается P (рис. 12в).</p>	 <p>Рис. 12. Прямые уровня</p>
<p>Прямая, параллельная двум плоскостям проекций и перпендикулярная третьей, называется <i>проецирующей прямой</i>. Прямые, перпендикулярные плоскости проекций π_1, π_2 и π_3 называются <i>горизонтально-проецирующей</i> (рис. 13а), <i>фронтально-проецирующей</i> (рис. 13б) и <i>профильно-проецирующей</i> (рис. 13в) прямыми.</p>	 <p>Рис. 13. Проецирующие прямые</p>

Продолжение таблицы 5.

1	2
<p><i>Плоскость, не перпендикулярную и не параллельную ни к одной из плоскостей проекций, называют плоскостью общего положения.</i></p> <p>$\Delta A_1 B_1 C_1$ - горизонтальная проекция ΔABC (на π_1);</p> <p>$\Delta A_2 B_2 C_2$ - фронтальная проекция ΔABC (на π_2) (рис. 14).</p>	 <p>Рис. 14. Плоскость общего положения</p>
<p><i>Плоскости, параллельные плоскостям проекций π_1, π_2, π_3, называют плоскостями уровня.</i></p> <p>Плоскость, параллельная π_1, называется <i>горизонтальной</i> (рис. 15а). Проекция $\Delta A_1 B_1 C_1$ является натуральной величиной треугольника ABC.</p> <p>Плоскость, параллельная π_2, называется <i>фронтальной</i> (рис. 15б). Проекция $\Delta A_2 B_2 C_2$ является натуральной величиной ΔABC.</p> <p>Плоскость, параллельная π_3, называется <i>профильной</i> (рис. 15в). Проекция $\Delta A_3 B_3 C_3$ является натуральной величиной ΔABC.</p>	 <p>Рис. 15. Плоскости уровня</p>

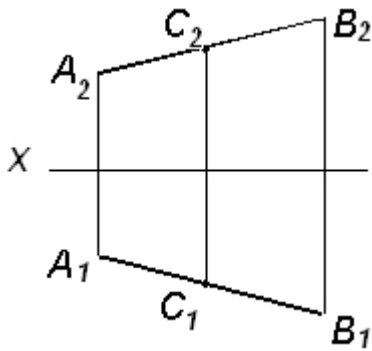
Окончание таблицы 5.

1	2
<p>Плоскости, перпендикулярные плоскостям проекций π_1, π_2, π_3, называют проецирующими плоскостями.</p> <p>Плоскость, перпендикулярная π_1, называется горизонтально-проецирующей (рис. 16а). Проекция $\Delta A_1 B_1 C_1$ треугольника ΔABC вырождается в прямую линию.</p> <p>Плоскость, перпендикулярная π_2, называется фронтально-проецирующей (рис. 16б). Проекция $\Delta A_2 B_2 C_2$ ΔABC вырождается в прямую линию.</p> <p>Плоскость, перпендикулярная π_3, называется профильно-проецирующей (рис. 16в). Проекция $\Delta A_3 B_3 C_3$ ΔABC вырождается в прямую линию.</p>	 <p style="text-align: right;">а)</p> <p style="text-align: right;">б)</p> <p style="text-align: right;">в)</p> <p style="text-align: center;">Рис. 16. Проецирующие плоскости</p>

3.1.2. Принадлежность и взаимное расположение точек, прямых, плоскостей

Некоторые теоретические положения из обозначенных тем:

1).



Точка принадлежит прямой, если их одноименные проекции совпадают (рис. 17).

Точка C принадлежит отрезку AB , так как проекция C_2 принадлежит фронтальной проекции отрезка, а проекция C_1 - горизонтальной проекции отрезка.

Рисунок 17 - Принадлежность точки прямой

2). Для определения видимости объектов относительно плоскостей проекции используют *конкурирующие точки*. Рассмотрим видимость на примерах комплексных чертежей скрещивающихся прямых a и b . Из рисунка 18 следует, что относительно плоскости π_1 при взгляде сверху по указанной стрелке проекция C_2 выше проекции D_2 . Следовательно, точка C , принадлежащая прямой a , будет видима, а точка D , принадлежащая прямой b , будет не видима. Из двух конкурирующих точек M и N , принадлежащих скрещивающимся прямым a и b (рис. 19), относительно плоскости π_2 , видимой будет точка M , так как проекция M_1 расположена ближе к наблюдателю, что видно при взгляде по стрелке, а точка N будет не видима.

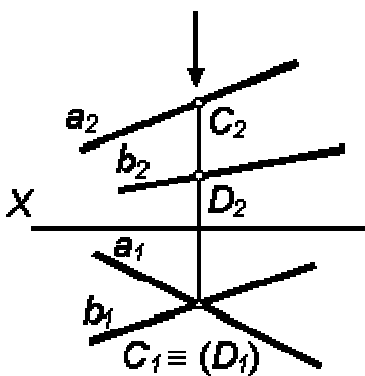


Рисунок 18 - Видимость на π_1

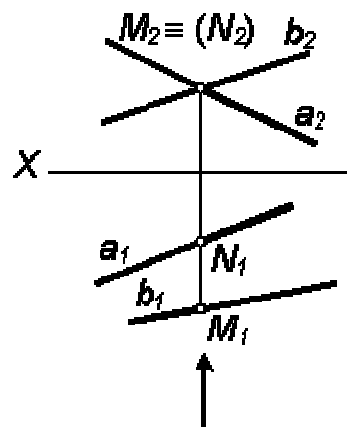


Рисунок 19 - Видимость на π_2

3).

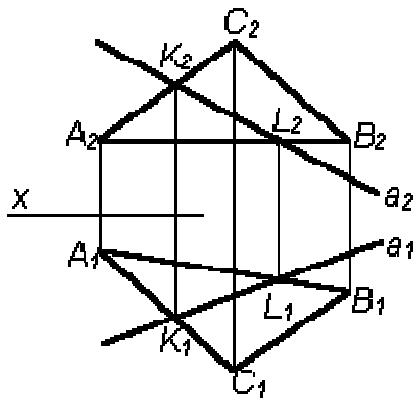


Рисунок 20 - Принадлежность прямой плоскости

Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки плоскости (рис. 20).

4).

Точка принадлежит плоскости, если она принадлежит какой-либо прямой, лежащей в этой плоскости (рис. 21).

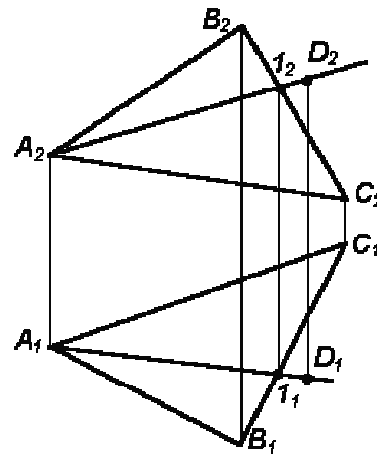
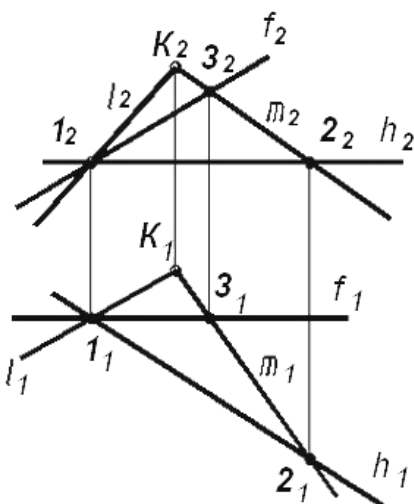


Рисунок 21 - Принадлежность точки плоскости

5).

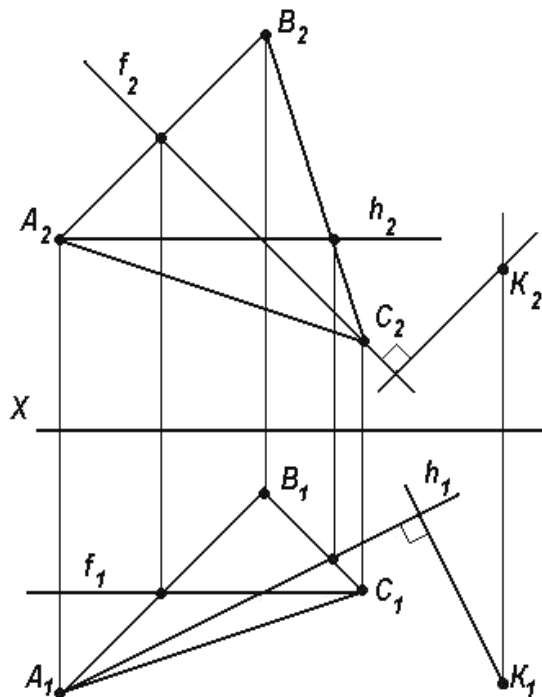


Горизонталь H - это прямая, лежащая в данной плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций π_1 .

Фронталь F - это прямая, лежащая в данной плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций π_2 (рис. 22).

Рисунок 22 - Частные линии плоскости

6)



Прямая, перпендикулярна к плоскости, если она перпендикулярна двум пересекающимся прямым, принадлежащим этой плоскости.

Перпендикуляр через точку K к плоскости, заданной треугольником ABC (рис. 23): фронтальная проекция прямой направлена перпендикулярно к фронтальной проекции фронтали F , а горизонтальная - перпендикулярно к горизонтальной проекции горизонтали H .

Рисунок 23 - Перпендикуляр к плоскости

7)

Перпендикулярные плоскости - это частный случай пересекающихся плоскостей.

Перпендикулярные плоскости (рис. 24): $P (l \cap n) \perp Q (\Delta ABC)$.

Стороны плоскости $Q (\Delta ABC)$ являются прямыми уровня:

$AB (A_1B_1; A_2B_2)$ - фронталь (F),
 $AC (A_1C_1; A_2C_2)$ - горизонталь (H).

Проводим прямую n , перпендикулярную плоскости Q . Прямая $n \perp Q$, так как $n_1 \perp A_1C_1$ и $n_2 \perp A_2B_2$.

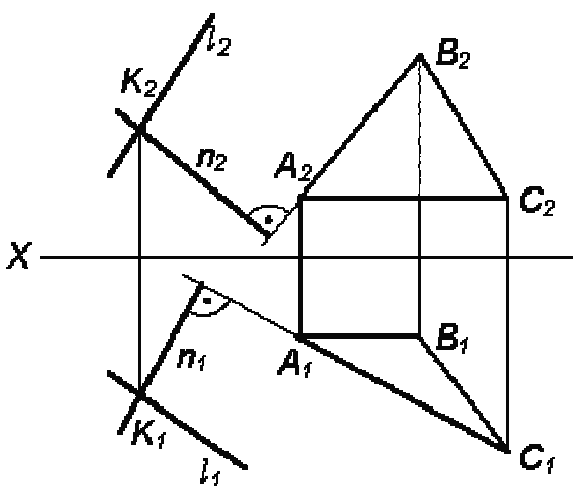


Рисунок 24 - Перпендикулярные плоскости

8). Для построения *линии пересечения* двух плоскостей достаточно определить две точки, общие для обеих плоскостей.

3.2. Задание на выполнение эюра 1

Пример выполнения эюра 1 на рисунке 25.

Целью задания является закрепление знаний студентов по темам о взаимном расположении и принадлежности точек, прямых и плоскостей в пространстве.

Эюр 1: *Построение плоскости, перпендикулярной плоскости, заданной треугольником ABC.* Условие задачи в том, что плоскость должна проходить через точку В и быть перпендикулярной стороне АС заданной плоскости.

Необходимо:

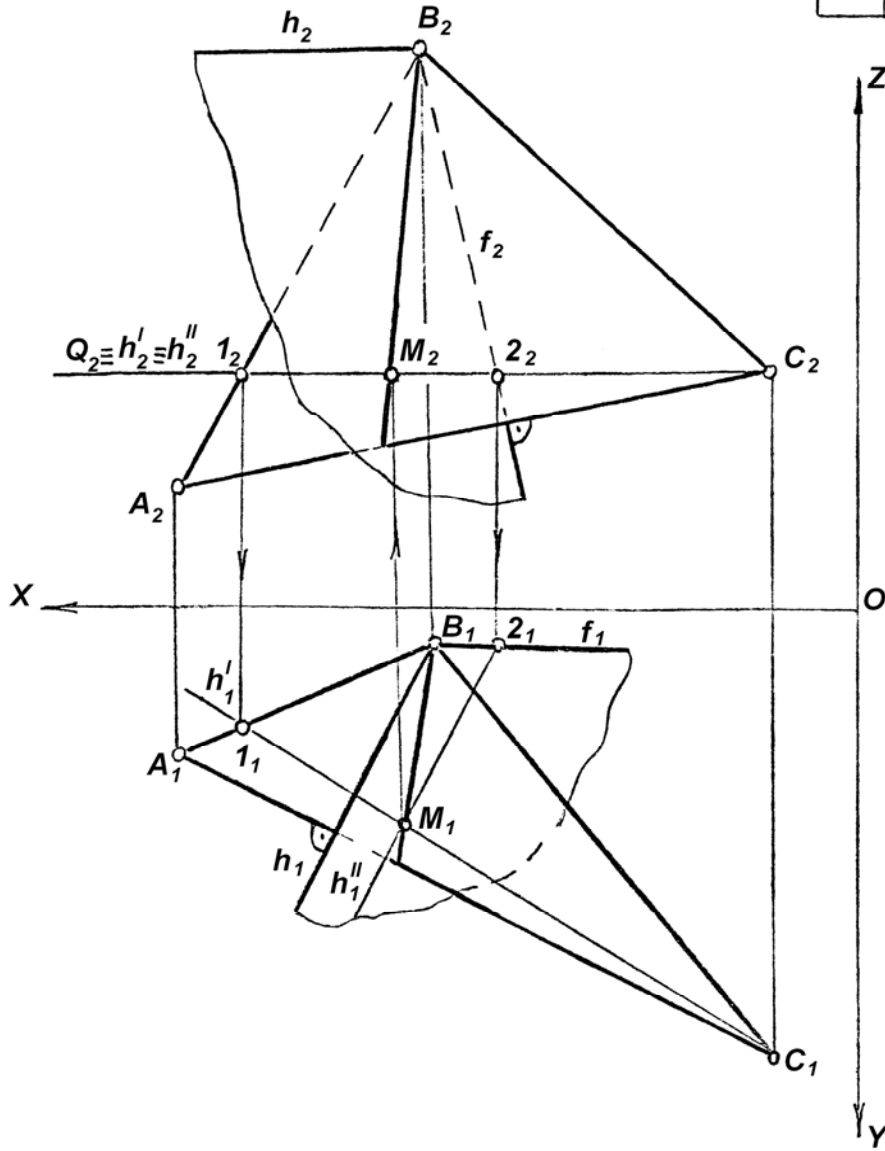
1. Изучить теоретический материал.
2. По заданным координатам (табл. 6) построить проекции треугольника ABC.
3. Через точку В задать плоскость, перпендикулярную стороне АС.
4. Построить линию пересечения плоскости треугольника с перпендикулярной плоскостью.
5. Определить видимость частей плоскостей.

3.3. Рекомендации к выполнению эюра 1

Плоскости перпендикулярны, если одна плоскость проходит через перпендикуляр другой плоскости.

Значит, чтобы построить плоскость, перпендикулярную другой плоскости, надо провести её через перпендикуляр к этой плоскости. Кроме того, в нашем случае перпендикуляр должен проходить через точку В.

	X	Y	Z
A	90	20	15
B	65	5	75
C	10	60	30



				НГ 01 XX 00			
Изм. лист	№ докум.	Подпись	Дата	Построение перпендикулярных плоскостей	Литер.	Масса	Масшт.
Разраб.	Маркова				у		
Провер.					Лист	Листов 1	
Т. контр.					НХТИ гр.		
Н. контр.							
Утв.							

Таблица 6 - Задание к этюру 1

Номер варианта	А			В			С		
	х	у	z	х	у	z	х	у	z
1	5	50	10	45	5	25	70	20	0
2	70	0	20	45	30	5	5	10	50
3	75	0	18	55	30	50	5	15	10
4	0	25	5	45	55	15	60	10	60
5	65	20	0	10	0	10	0	60	50
6	80	10	45	45	70	10	0	40	45
7	60	20	65	45	60	10	5	20	10
8	5	10	25	35	35	60	60	5	30
9	0	10	50	40	20	5	65	0	20
10	75	50	25	35	0	10	10	20	45
11	75	30	10	20	20	10	0	70	30
12	10	20	35	45	35	70	70	15	40
13	0	20	10	45	60	30	60	30	65
14	75	0	25	30	50	15	10	20	50
15	70	30	75	55	70	20	15	50	30
16	70	20	73	55	75	35	10	30	20
17	60	10	35	40	60	25	20	30	70
18	80	20	30	55	80	0	0	50	55
19	70	20	60	60	65	25	10	35	15
20	70	0	30	50	55	15	0	20	60
21	0	10	25	10	70	65	60	35	55
22	80	55	20	40	0	5	15	25	45
23	10	55	15	50	10	35	70	25	5
24	0	60	60	10	20	0	35	70	5
25	20	20	30	65	20	10	90	70	30
26	45	50	10	20	50	55	0	20	20
27	0	20	70	30	45	0	70	35	65
28	0	45	10	40	0	55	65	15	0
29	0	25	10	50	30	50	60	55	0
30	0	25	0	35	55	65	65	45	10

Искомую плоскость, перпендикулярную к АС, целесообразно задать

главными линиями плоскости - горизонталью $H (h_1, h_2)$ и фронталью $F (f_1, f_2)$, перпендикулярных к AC . Секторы плоскости на π_2 и π_1 ограничить волнистой линией. Точка B - общая для обеих плоскостей. Другую точку, принадлежащую обеим плоскостям, определить с помощью вспомогательной плоскости уровня $Q (Q_2) // \pi_1$, которая пересекает обе плоскости по горизонталям H' и H'' . На пересечении этих горизонталей находится вторая точка - точка M . BM - линия пересечения двух плоскостей. Видимость определить методом конкурирующих точек, которые должны принадлежать AC и H , AC и F .

При обводке чертежа необходимо соблюдать следующие цвета: то, что дано по условию задачи выполнить черным цветом, вспомогательные построения - синим или зеленым цветом, искомые величины (ответ) - красным цветом. Все линии построения и обозначения на чертеже сохранить.

Формат чертежа А3. Масштаб выполнения эюра - 1:1 или 2:1.

3.4. Теоретические положения к выполнению эюра 2

Целью данного задания является решение метрических задач способом замены плоскостей. При решении метрических задач определяют расстояния и углы между различными объектами, а также действительные величины плоских фигур.

Некоторые положения:

1). Сущность способа замены (перемены) плоскостей проекций заключается в следующем: положения точек, линий, плоскостей, поверхностей в пространстве не изменяются, а привычная система $\Pi_1 \Pi_2$ ($\pi_1 \pi_2$) дополняется плоскостями, образующими с Π_1 или Π_2 (или между собой) новые системы плоскостей проекций. Дополнительные плоскости проекций вводятся таким образом, чтобы на них интересующие объекты изображались в наиболее удобном для конкретной задачи положении.

2). На рисунке 26а показаны точка A и ее проекции - горизонтальная A_1 и фронтальная A_2 . По условиям задачи необходимо произвести замену плоскости Π_2 . Новую плоскость проекции обозначим Π_4 и расположим перпендикулярно Π_1 . На пересечении плоскостей Π_1 и Π_4 получим новую ось Π_1/Π_4 . Новая проекция точки A_4 будет расположена на линии связи, проходящей через точку A_1 и перпендикулярно оси Π_1/Π_4 . Поскольку новая плоскость Π_4 заменяет фронтальную плоскость проекции Π_2 , высота точки A изображается одинаково в натуральную величину и на плоскости Π_2 , и на плоскости Π_4 .

Это обстоятельство позволяет определить положение проекции A_4 , в системе плоскостей $\Pi_1 \perp \Pi_4$ (рис. 26б) на эюре. Для этого достаточно, измерив высоту точки на заменяемой плоскости проекции Π_2 , отложить ее на новой линии связи от новой оси проекций - и новая проекция точки A_4 будет построена.

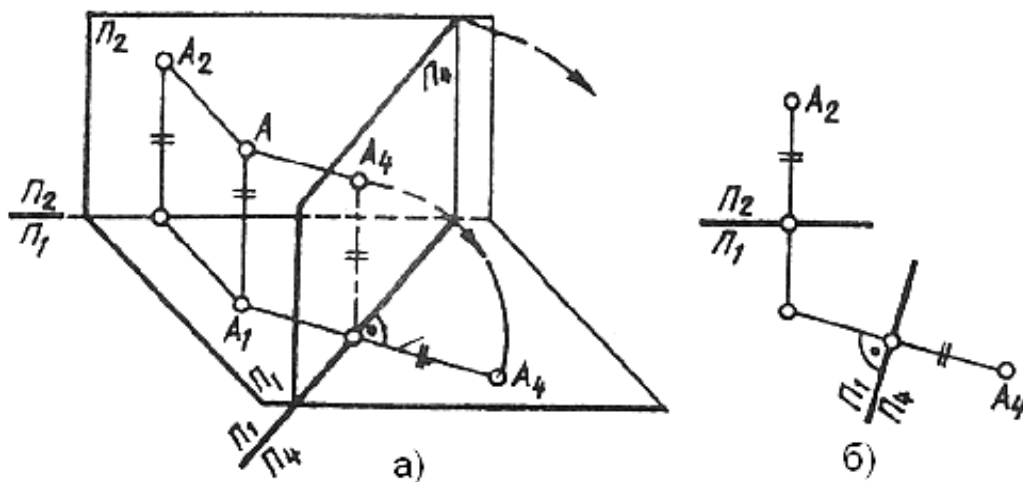


Рисунок 26 - Замена плоскости Π_2

3). Если новую плоскость проекций ввести взамен горизонтальной плоскости проекций, т. е. $\Pi_4 \perp \Pi_2$ (рис. 27а), тогда в новой системе плоскостей новая проекция точки будет находиться на одной линии связи с фронтальной проекцией, причем $A_2A_4 \perp \Pi_2/\Pi_4$. В этом случае глубина точки одинакова и на плоскости Π_1 , и на плоскости Π_4 .

Проекцию A_4 (рис. 27б) строят на линии связи A_2A_4 на таком расстоянии от новой оси Π_2/Π_4 на каком A_1 находится от оси Π_2/Π_1 .

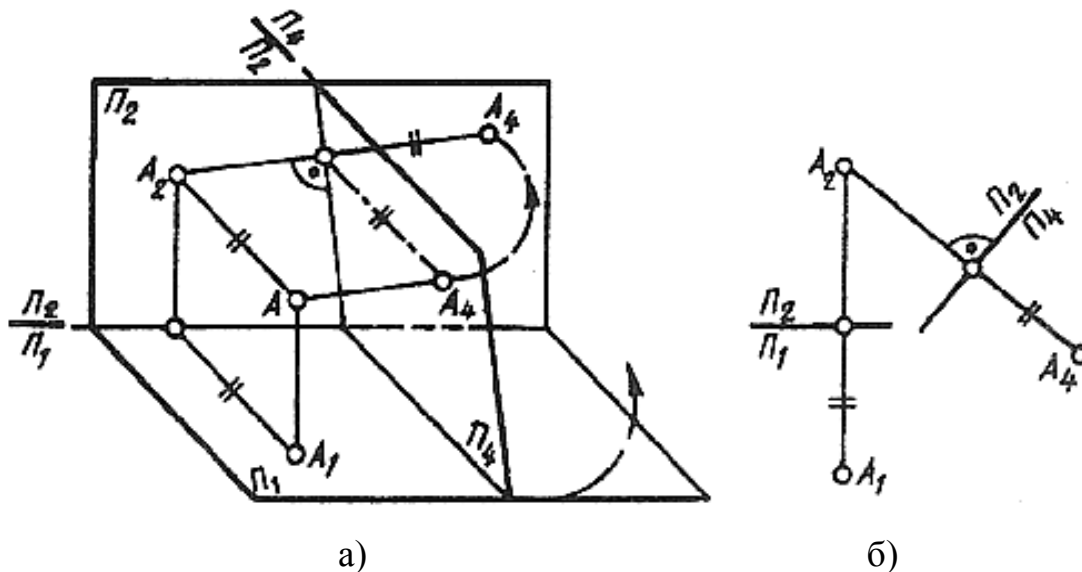


Рисунок 27 - Замена плоскости Π_1

4). На эюре (рис. 28) задана прямая общего положения l (AB). Для того чтобы эта прямая в новой системе плоскостей проекций заняла положение прямой уровня, необходимо на чертеже новую ось проекций провести параллельно одной из проекций прямой. Дополнительная плоскость Π_4 проведена перпендикулярно Π_1 , причем $\Pi_4 \parallel l$. Новые линии связи A_1A_4 и B_1B_4 проведены перпендикулярно новой оси - Π_1/Π_4 , параллельной горизонтальной проекции прямой l_1 .

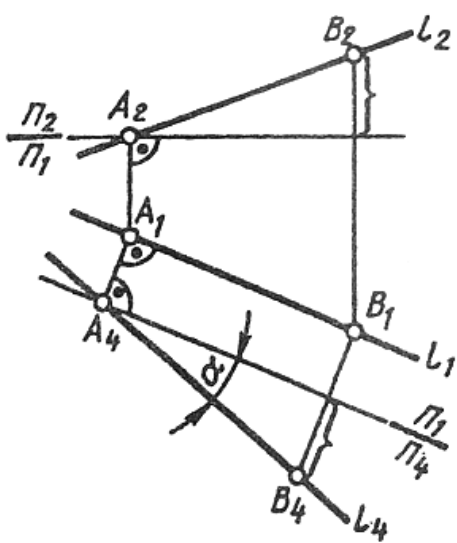


Рисунок 28 - $\Pi_4 \parallel l$

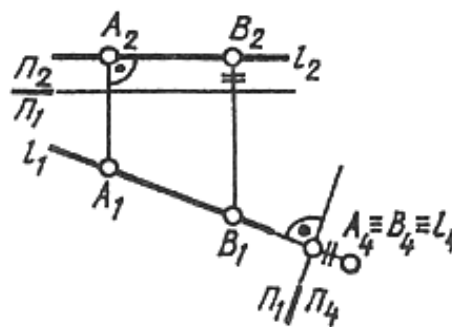


Рисунок 29 - $\Pi_4 \perp l$

5). Допустим необходимо преобразовать чертеж прямой уровня так, чтобы относительно новой плоскости проекций она заняла проецирующее положение. На дополнительной плоскости проекций изображение прямой станет точкой и эту плоскость проекций нужно расположить перпендикулярно данной прямой уровня. На эюре (рис. 29) прямая l (AB) занимает положение горизонтали. Дополнительная плоскость Π_4 выбрана перпендикулярно плоскости проекций Π_1 , и новая ось Π_1/Π_4 проведена перпендикулярно к горизонтальной проекции прямой l_1 .

6). Необходимо преобразовать чертеж плоскости общего положения так, чтобы относительно новой плоскости проекций она заняла проецирующее положение. Новую плоскость проекций нужно расположить перпендикулярно данной плоскости общего положения и перпендикулярно одной из основных плоскостей проекций (рис. 30). Если какая-либо плоскость перпендикулярна плоскости проекции она спроецируется на нее в прямую линию. В плоскости, заданной треугольником ABC, построена горизонталь H (A, 1), и новая плоскость проекций Π_4 расположена перпендикулярно плоскости проекций Π_4 и горизонтали H. Горизонтальная проекция треугольника «вырождается» в прямую на дополнительной плоскости Π_4 .

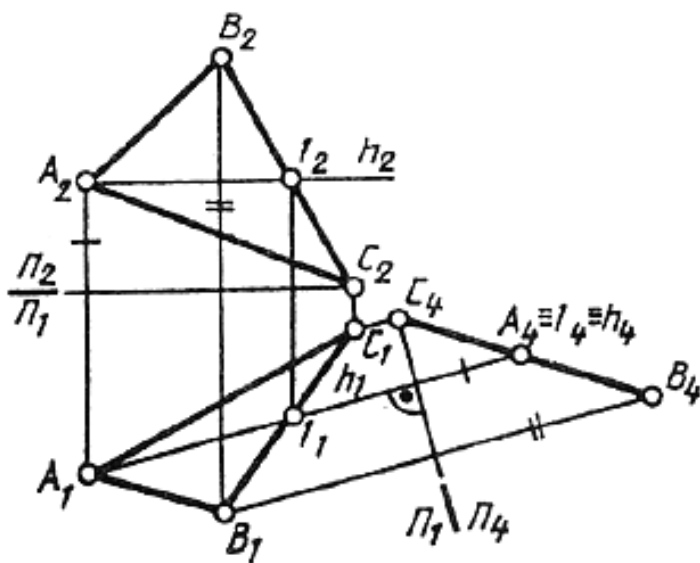


Рисунок 30 - Преобразование чертежа

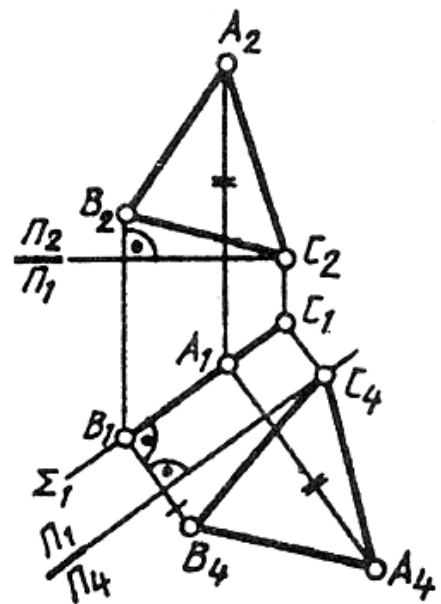


Рисунок 31 - Натуральная величина

7). Необходимо преобразовать чертеж проецирующей плоскости так, чтобы относительно новой плоскости она заняла положение плоскости уровня. Решение этой задачи позволяет определить величину плоских фигур. Новую плоскость проекций нужно расположить параллельно заданной плоскости. Если исходное положение плоскости было фронтально-проецирующим, то новое изображение строят в системе $\Pi_2 \perp \Pi_4$, а если горизонтально-проецирующим, то в системе $\Pi_1 \perp \Pi_4$. На рисунке 31 построена новая проекция $A_4B_4C_4$ горизонтально-проецирующей плоскости ($\triangle ABC$) на плоскости $\Pi_4 \perp \Pi_1$.

8). Решение и этой задачи (рис. 32) позволяет определить величину плоской фигуры. Если в исходном положении плоскость занимает общее положение, а нужно получить изображение ее как плоскости уровня, то прибегают к двойной замене плоскостей проекций, решая последовательно задачу. При первой замене плоскость становится проецирующей, а при второй - плоскостью уровня.

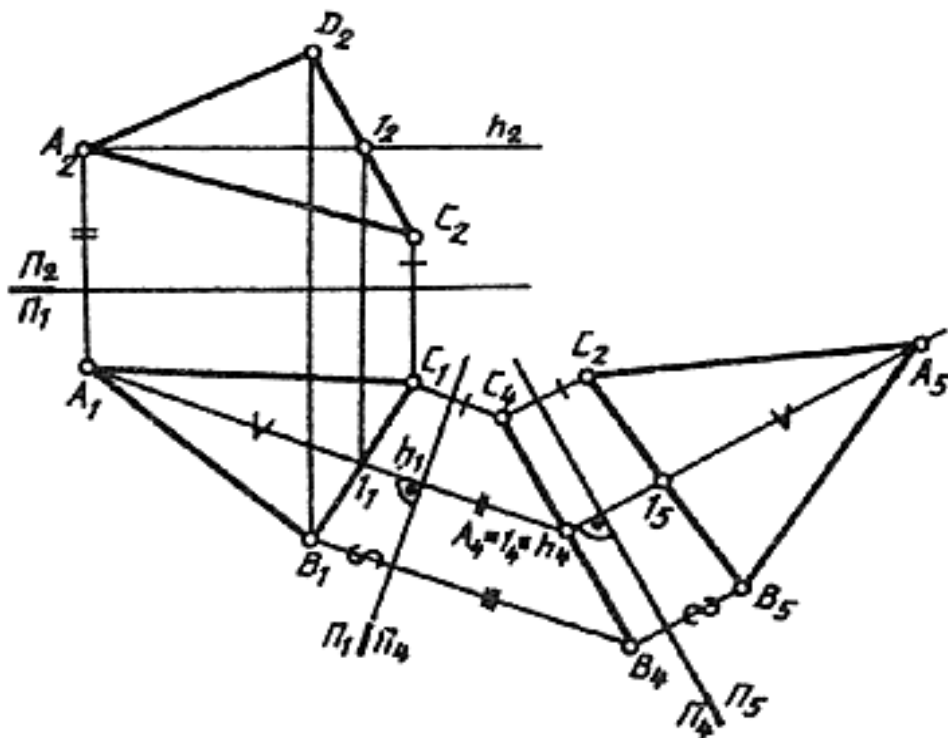


Рисунок 32 - Определение величины треугольника

3.5. Задание к выполнению эпюра 2

Эпюр 2: *Определение истинных величин элементов пирамиды SABC:* основания ABC, высоты SK, двугранного угла при ребре AB. Координаты точек S, A, B и C даны в таблице 7. Пример выполнения эпюра 2 показан на рисунке 33. Необходимо изучить теоретический материал по лекциям, пособиям, учебникам.

3.6. Рекомендации к выполнению эпюра 2

Для определения истинных величин геометрических элементов пирамиды располагают эти элементы параллельно какой-либо плоскости проекций с помощью способа замены плоскостей проекций. Вводить новые плоскости проекций надо так, чтобы на чертеже не было наложения проекций.

При решении каждой конкретной задачи необходимо изображать только те элементы, которые указаны в условии задачи. Чтобы определить натуральную величину основания ABC, необходимо с помощью горизонтали Н и дополнительной плоскости Π_4 преобразовать плоскость ABC

в проецирующую плоскость (ось $\frac{\Pi_1}{\Pi_4} \perp h_1$). Затем, вводя новую плоскость Π_5 ,

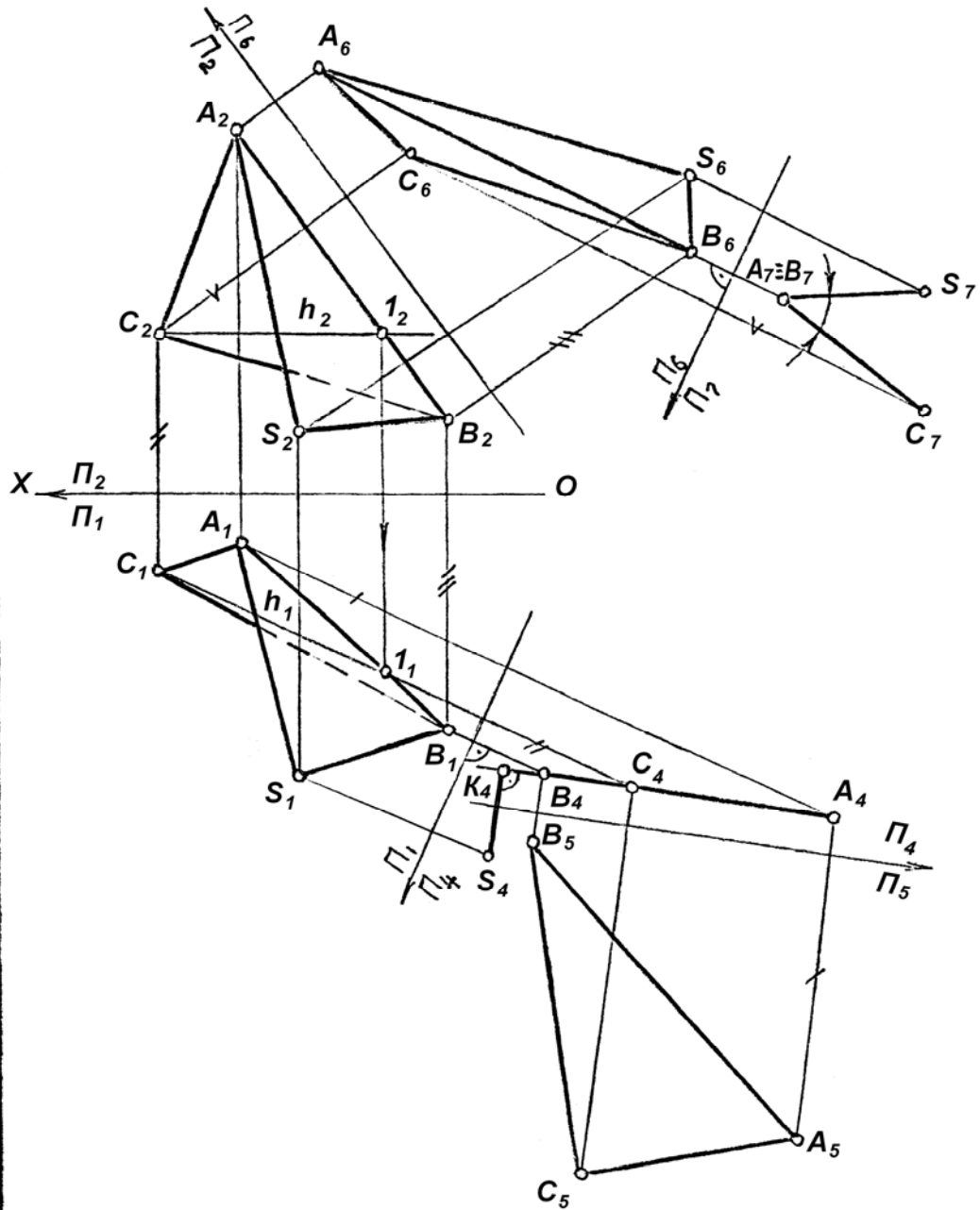
(ось $\frac{\Pi_4}{\Pi_5} // A_4B_4C_4$), преобразуем плоскость ABC в плоскость уровня – это

натуральная величина основания пирамиды. На плоскости Π_4 определяем высоту пирамиды (S_4K_4), опустив перпендикуляр из точки S_4 на $A_4B_4C_4$ (или на продолжение). Для определения двугранного угла при ребре AB необходимо

выполнить два преобразования: ось $\frac{\Pi_6}{\Pi_2} // A_2B_2$; ось $\frac{\Pi_6}{\Pi_7} \perp A_6B_6$, тогда на

новой плоскости Π_7 прямая AB спроецируется в точку и угол при ребре AB отобразится в натуральную величину.

Формат чертежа А3. Масштаб выполнения эпюра - 1:1 или 1:2.



				НГ 02 XX 00			
				Определение истинных величин элементов пирамиды			
				НХТИ, гр.			

Таблица 7 - Задание к эссе 2

Номер варианта	S			A			B			C		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	70	72	5	10	55	20	55	10	65	80	25	10
2	45	70	25	75	10	30	20	20	0	10	60	70
3	65	20	40	10	35	20	45	70	45	70	40	15
4	20	0	25	90	30	20	55	10	70	75	30	10
5	80	75	65	0	60	20	50	15	65	75	30	10
6	30	60	55	20	30	20	55	50	15	70	0	50
7	80	60	15	85	25	60	45	10	0	20	55	25
8	70	55	65	75	25	0	40	25	40	20	60	30
9	75	20	25	0	20	30	55	15	55	65	60	20
10	75	35	35	60	55	20	40	20	50	5	20	30
11	60	30	30	5	0	25	45	15	55	50	50	5
12	65	65	40	5	45	10	45	5	55	70	15	0
13	55	0	30	65	15	0	30	40	45	5	20	25
14	65	45	55	0	20	40	35	45	0	55	10	10
15	60	35	0	70	0	10	30	30	50	10	5	20
16	55	40	55	5	10	45	35	45	0	65	0	5
17	75	25	45	60	65	20	45	10	60	5	10	20
18	10	0	15	80	20	10	45	0	70	0	45	45
19	60	45	55	75	25	0	30	15	50	10	50	20
20	35	60	20	65	0	20	10	10	0	0	50	60
21	75	20	50	0	10	20	45	20	60	60	65	30
22	55	10	40	5	25	10	35	60	35	60	30	5
23	70	50	5	75	15	50	35	0	10	10	45	20
24	65	0	40	75	20	0	55	50	30	5	10	15
25	60	10	40	0	5	25	45	15	55	60	60	10
26	70	65	55	0	50	10	40	5	45	65	20	0
27	20	50	45	10	20	10	55	50	25	80	0	60
28	70	45	0	80	0	20	60	30	50	10	15	10
29	10	45	50	20	10	20	55	10	30	80	60	0
30	65	50	65	5	10	45	45	55	5	70	0	15

3.7. Теоретические положения к выполнению эюра 3

Целью задания является отработка умения строить сечения поверхности проецирующей плоскостью, так как многие детали приборов имеют отдельные участки поверхности, представляющие собой плоские фигуры сечений, которые необходимо выполнять по правилам начертательной геометрии.

3.7.1. Поверхности гранные и вращения

К гранным относятся поверхности, образованные перемещением прямолинейной образующей l по ломаной направляющей m . При этом, если одна точка S образующей неподвижна, создается пирамидальная поверхность (рис. 34а). Если образующая при перемещении параллельна заданному направлению S , то создается призматическая поверхность (рис. 34б).

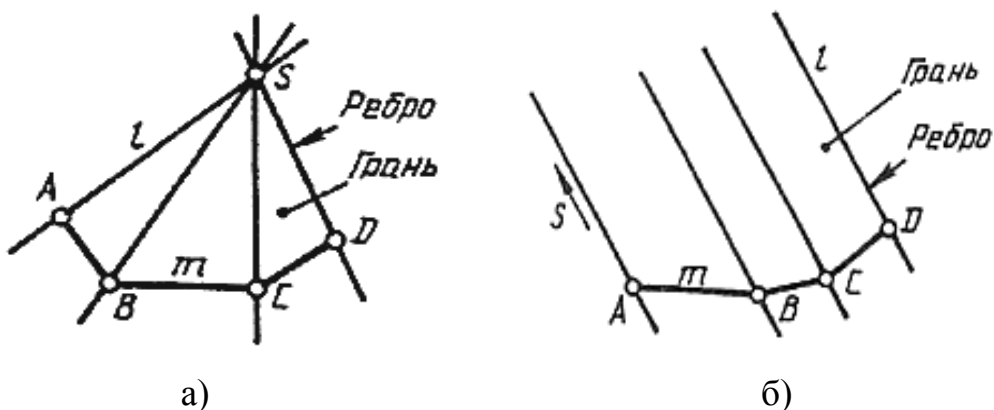


Рисунок 34 - Образование гранных поверхностей

Замкнутые *гранные поверхности*, образованные некоторым числом (не менее четырех) граней, называются многогранниками. Из числа многогранников выделяют группу правильных многогранников, у которых все грани правильные и конгруэнтные многоугольники, а многогранные

углы при вершинах выпуклые и содержат одинаковое число граней. Форму различных многогранников имеют кристаллы.

Например, на рисунке 35 изображены: гексаэдр (куб) - а), тетраэдр (правильный четырехугольник) - б) октаэдр - в).

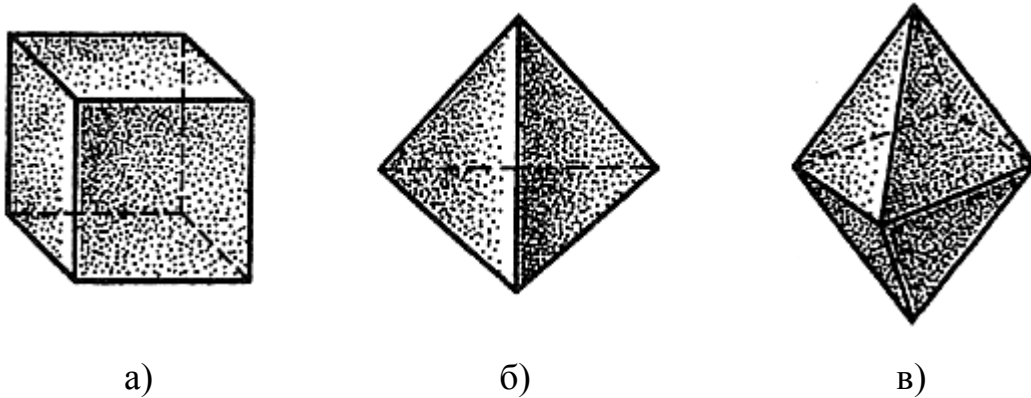


Рисунок 35 - Многогранники

Пирамида - многогранник, в основании которого лежит произвольный многоугольник, а боковые грани - треугольники с общей вершиной.

Призма - многогранник, у которого основание - два одинаковых и взаимно параллельных многоугольника, а боковые грани - параллелограммы. Если ребра призмы перпендикулярны плоскости основания, такую призму называют прямой.

К поверхностям вращения относятся все поверхности, образующиеся вращением линии l вокруг прямой i , представляющей собой ось вращения. Они могут быть линейчатыми: конус (рис. 36а), цилиндр вращения (рис. 36б), и нелинейчатыми (криволинейными): сфера (рис. 36в), тор (рис. 36г). Более конкретно, поверхности вращения образуются:

сфера - вращением окружности вокруг её диаметра;

тор - при вращении окружности вокруг оси, не проходящей через центр окружности;

конус - движением прямой линии из неподвижной точки по окружности;

цилиндр - вращением прямой вокруг оси, ей параллельной.

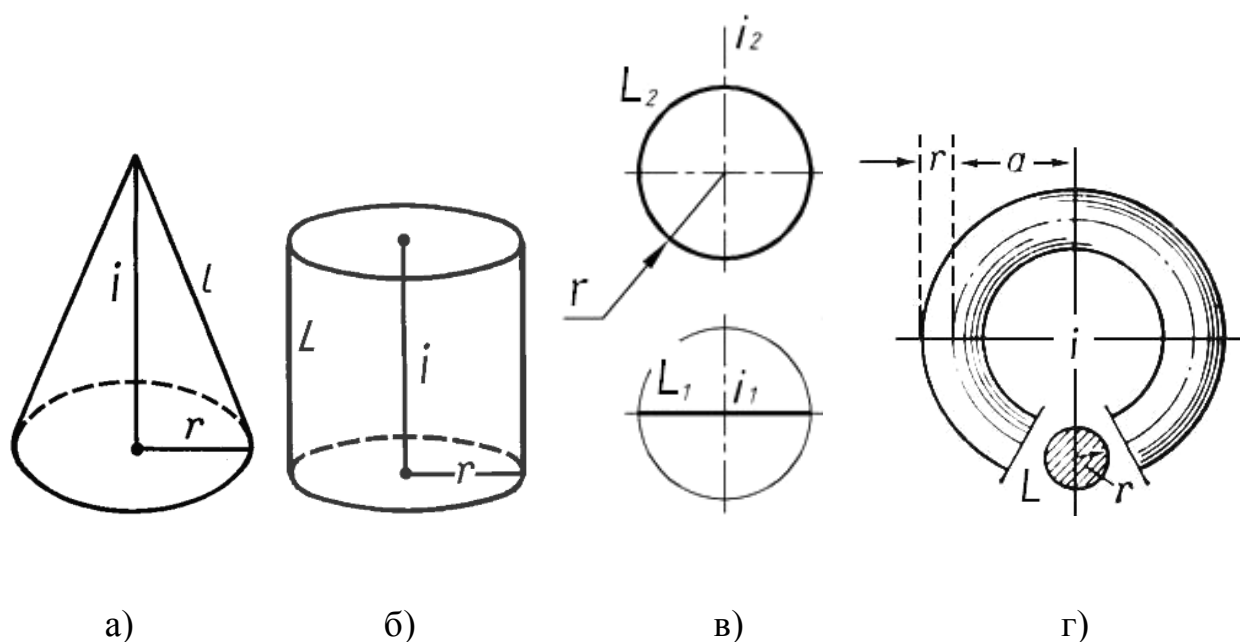


Рисунок 36 - Поверхности вращения

3.7.2. Взаимное расположение точек, прямых, плоскостей и поверхностей

Некоторые теоретические положения:

1). *Точка принадлежит поверхности, если она принадлежит какой-нибудь линии этой поверхности.*

Линия принадлежит поверхности, если все ее точки принадлежат поверхности.

Следовательно, если точка принадлежит поверхности, то ее проекции принадлежат одноименным проекциям некоторой линии этой поверхности. Для построения точек, лежащих на поверхностях, пользуются графически простыми линиями этой поверхности - прямыми (рис. 37а) или окружностями (рис. 37б).

2). *Линия пересечения поверхности с плоскостью представляет собой линию, называемую сечением.* Точки этой линии можно рассматривать как точки пересечения линий поверхности с плоскостью или прямых плоскости с поверхностью (рис. 37в).

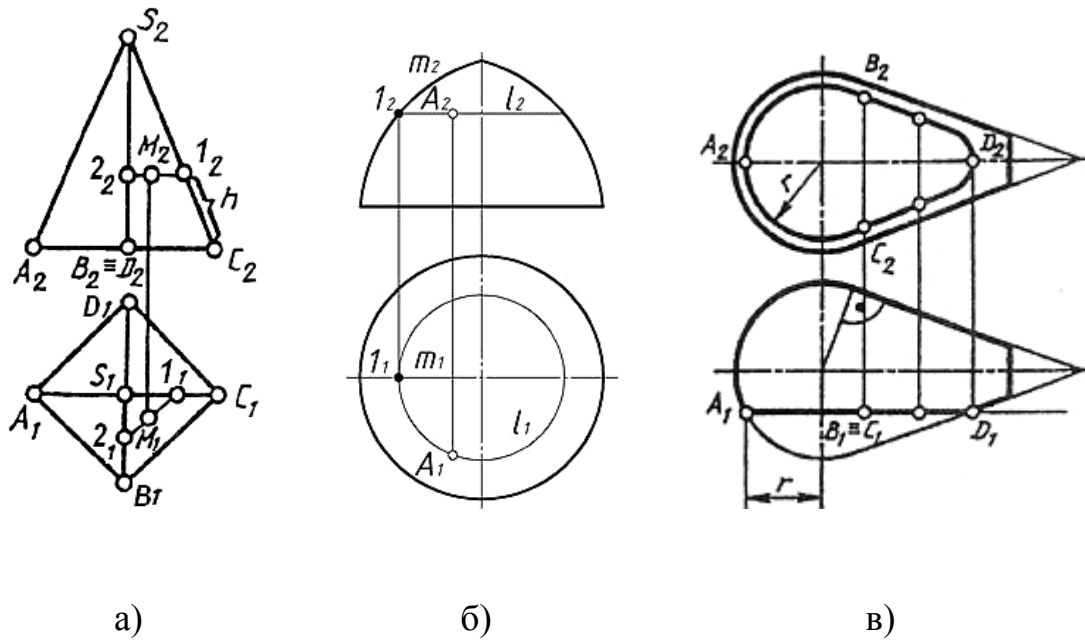


Рисунок 37 - Точки и линии на поверхностях

3). На рисунке 38 показаны наглядные изображения вариантов пересечений плоскостями конических поверхностей вращения.

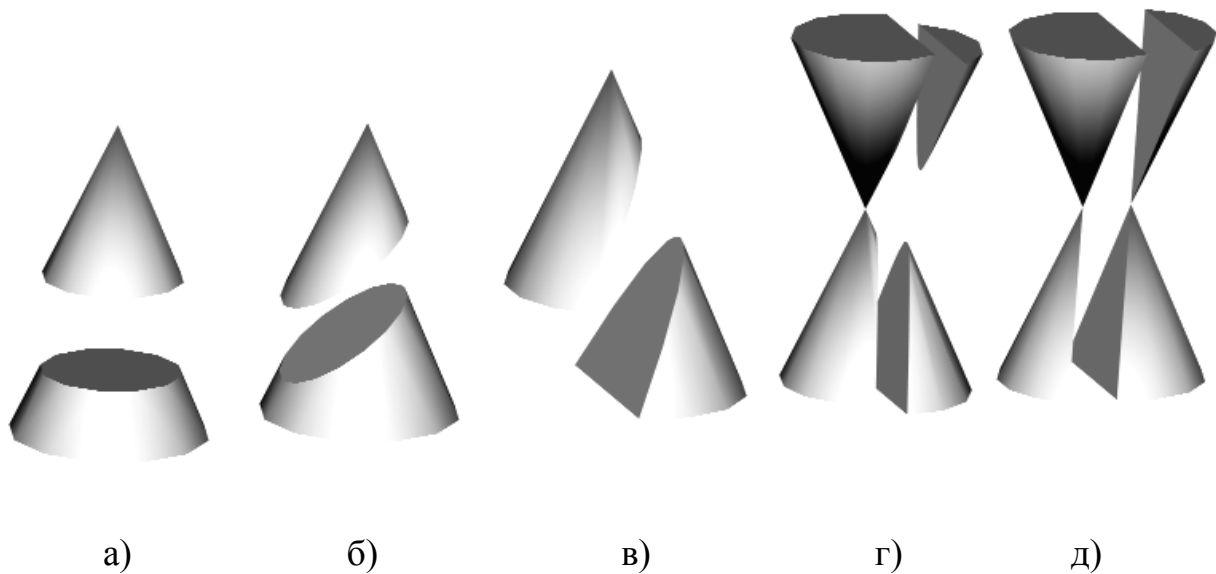


Рисунок 38 - Сечения конуса плоскостями

В результате пересечения конуса плоскостью, перпендикулярной оси конуса, получается окружность - а). Эллипс получается в том случае, если секущая плоскость пересекает все образующие поверхности, но не перпендикулярна оси конуса - б). Плоскость, параллельная одной из

образующих конуса, пересекает его по параболе - в). Плоскость, параллельная двум образующим, пересекает обе половины конической поверхности и в сечении видна гипербола - г). Плоскость проходит через вершину конической поверхности, в сечении получаются две пересекающиеся прямые - д).

4). При пересечении сферы плоскостью всегда получается окружность. Если секущая плоскость параллельна какой-либо плоскости проекций, то на эту плоскость окружность сечения проецируется без искажения (рис. 39а).

Если секущая плоскость занимает проецирующее положение, то на плоскости проекций, которой эта плоскость перпендикулярна, окружность сечения изображается отрезком прямой $1_2 4_2$, длина которого равна диаметру окружности, а на другой плоскости проекций - эллипсом. Этот эллипс строим обычным способом по точкам. Точки видимости 2 и 3 лежат на экваторе сферы (рис. 39б).

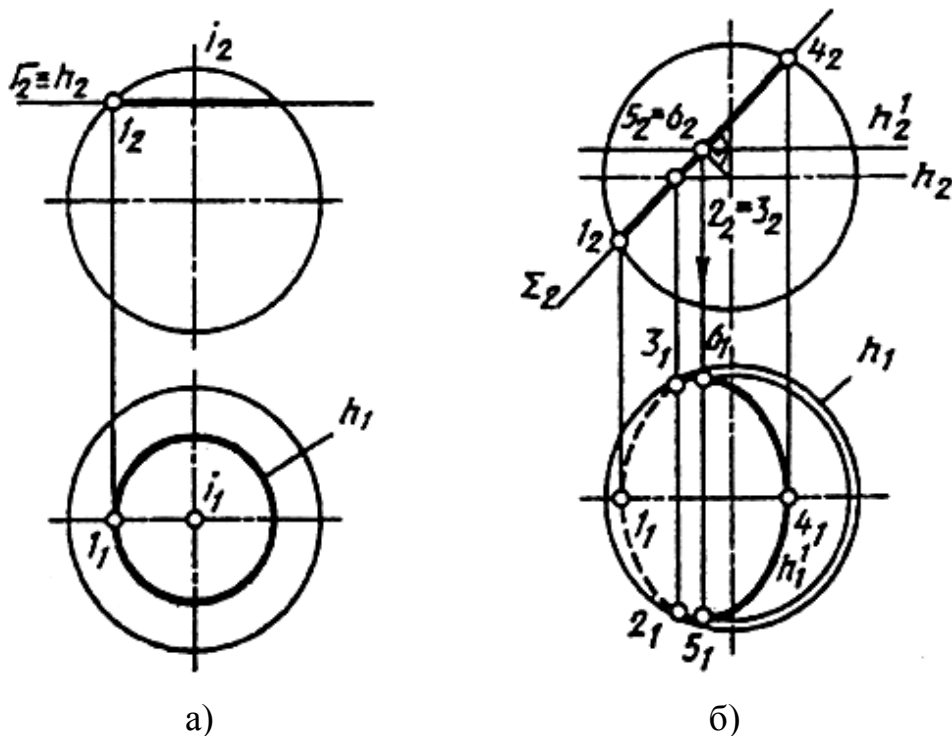


Рисунок 39 - Пересечение сферы плоскостью

5). В случае пересечения гранной поверхности плоскостью получается плоская ломаная линия. Чтобы построить эту линию, достаточно определить

точки пересечения плоскостью ребер (или сторон основания, если имеет место пересечение основания). Далее соединяем построенные точки с учетом их видимости (рис. 40а). Так как секущая плоскость Σ занимает фронтально-проецирующее положение, то точки пересечения ребер определяются без дополнительных построений. Грань ACS относительно плоскости Π_1 (π_1) невидима, и линия 1_13_1 тоже невидима.

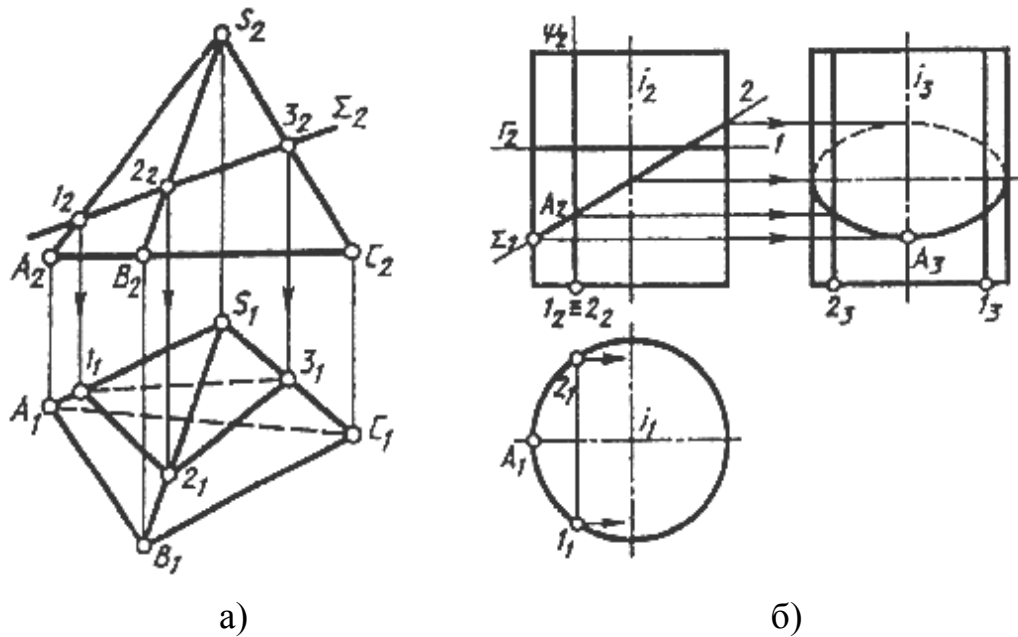


Рисунок 40 - Пересечение плоскостью поверхности

В случае пересечения цилиндрической поверхности вращения плоскостью могут быть получены следующие линии (рис. 40б): окружность, если секущая плоскость Γ перпендикулярна оси вращения поверхности; эллипс, если секущая плоскость Σ не перпендикулярна и не параллельна оси вращения; две образующие прямые, если секущая плоскость Ψ параллельна оси поверхности цилиндра. На плоскость проекций Π_1 , перпендикулярную оси вращения поверхности, окружность и эллипс проецируются в окружность, совпадающую с горизонтальной проекцией цилиндра.

б). Сечения пирамиды плоскостями, проходящими через ее вершину, представляют собой треугольники (рис. 41а). В частности, треугольниками являются и диагональные сечения (рис. 41б).

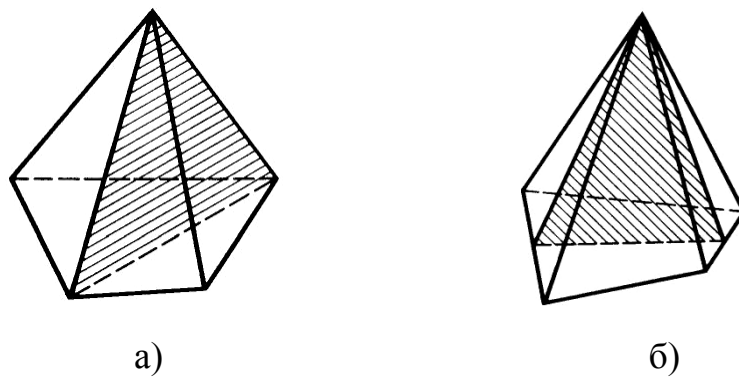
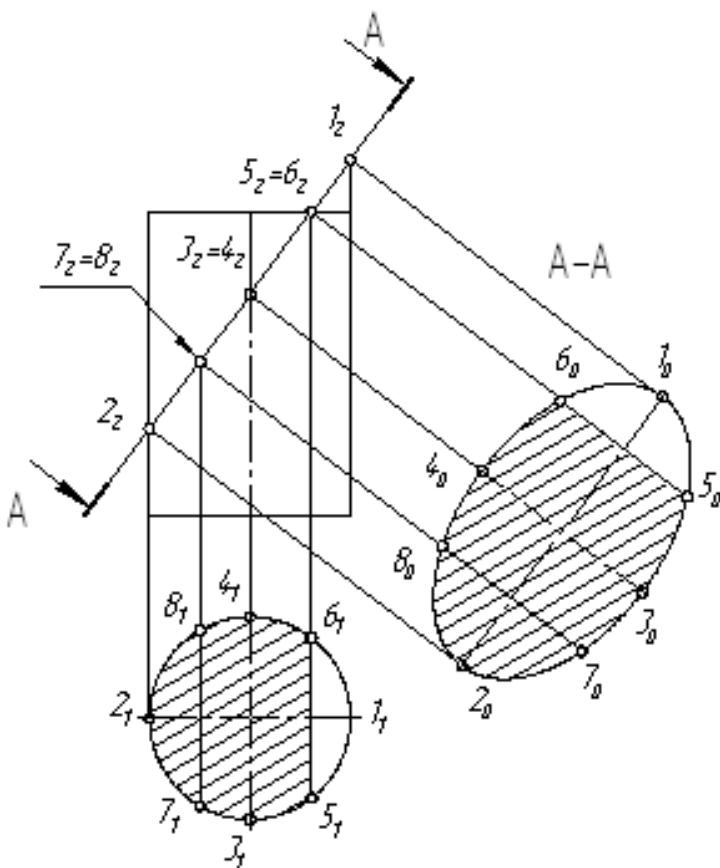


Рисунок 41 - Сечения пирамиды

7). Построение натуральной величины сечения цилиндра фронтально-проецирующей плоскостью А-А показано на рисунке 42. Секущая плоскость пересекает цилиндр по эллипсу, а эллипс - фигура симметричная. Если в сечении намечается симметричная фигура, то базой для её построения может служить ось симметрии, которую располагаем параллельно заданной секущей плоскости А-А. Решение задачи основывается на способе замены плоскостей, новая ось мысленно проходит через секущую плоскость.



Большая ось натуральной величины эллипса равна отрезку 1_22_2 , малая - отрезку 3_14_1 . Отрезок 3_14_1 проходит через середину большой оси эллипса и перпендикулярно к ней. Малая ось сечения цилиндра всегда равна диаметру его оснований.

Рисунок 42 - Натуральная величина сечения

3.8. Задание к выполнению эюра 3

Эпюр 3: 1). *Построение сечения поверхности проецирующей плоскостью.*
2). *Определение натуральной величины сечения.*

Варианты заданий размещены на страницах 42-44 данного учебного пособия. Образец выполнения эюра 3 показан на рисунке 43.

Необходимо по двум заданным проекциям поверхности построить третью - профильную проекцию.

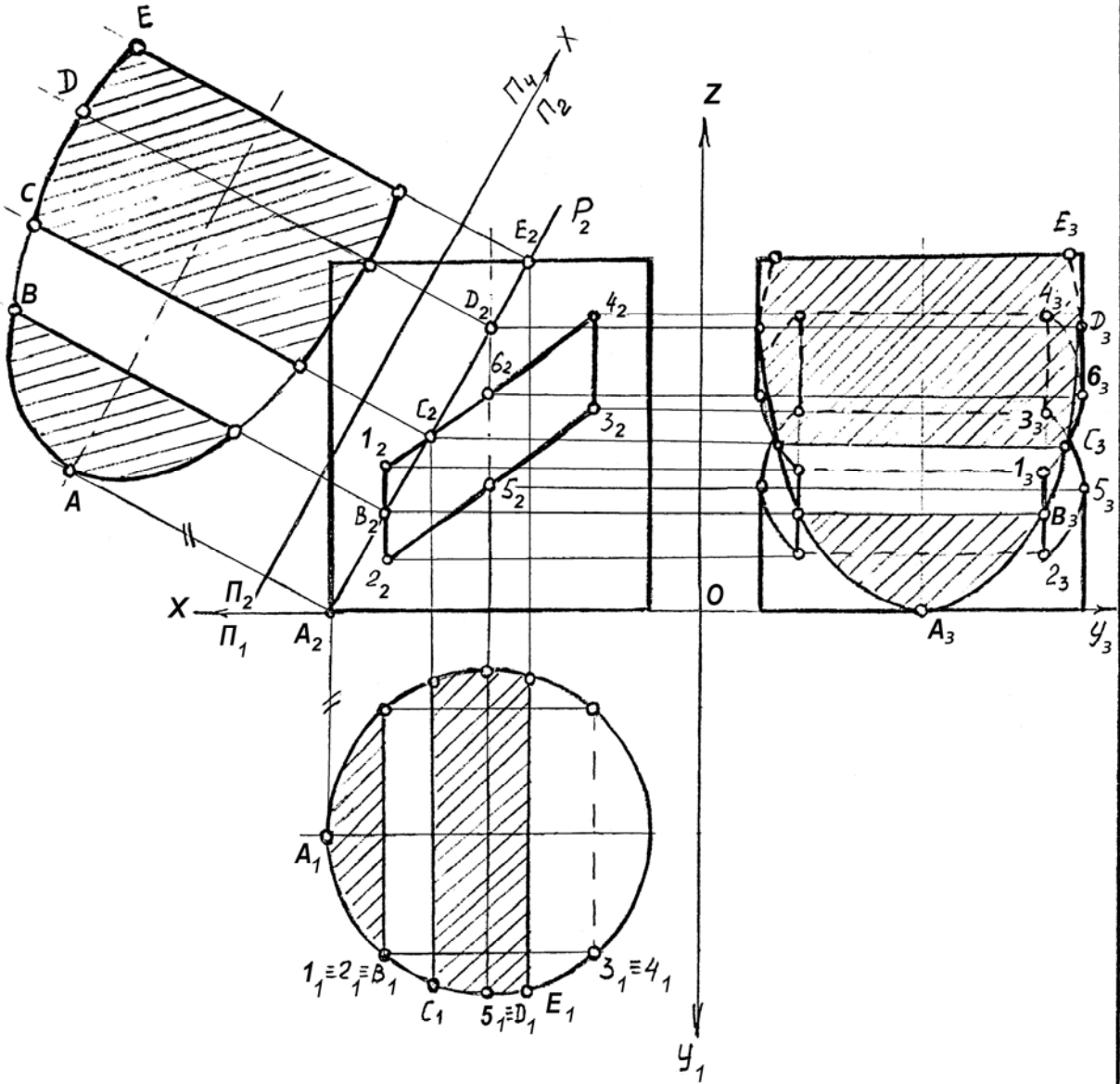
3.9. Рекомендации к выполнению эюра 3

По контуру сквозного отверстия в поверхности на фронтальной проекции наметить характерные точки - высшую, низшую, точки смены видимости, промежуточные точки. По линиям проекционной связи построить проекции этих точек на всех проекциях заданной поверхности. Полученные проекции точек соединить по образующим и кривым линиям, определить видимость, как это показано на рисунке 43.

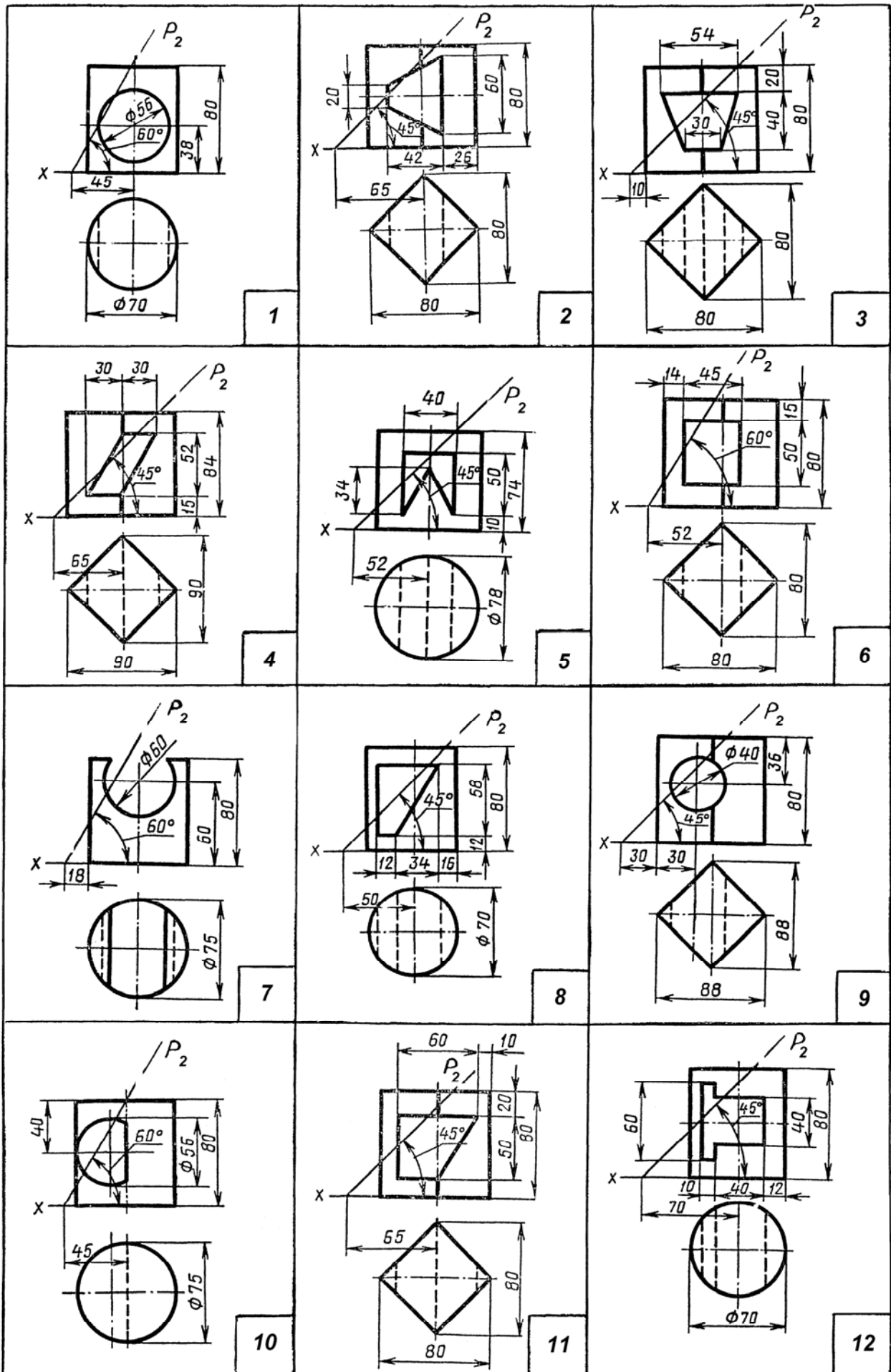
На этом рисунке секущая плоскость P (P_2) пересекает цилиндрическую поверхность по эллиптической кривой. Построение сечения следует начать с характерных точек на фронтальном следе этой плоскости: точки A (A_2), B (B_2), C (C_2), D (D_2) и E (E_2). Определить проекции этих точек на плоскостях Π_1, Π_3 и соединить их красным цветом (гелевой ручкой) линией толщиной $S/3$.

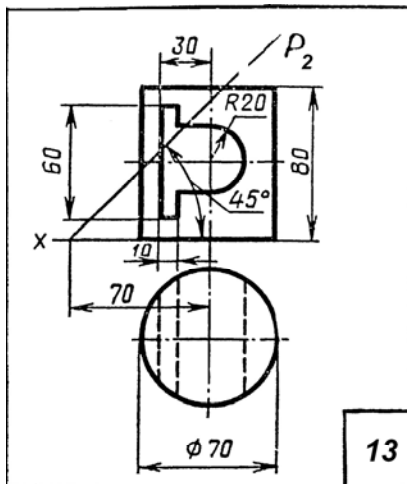
Выбрать новую ось $\frac{\Pi_4}{\Pi_2} // P_2$ и методом перемены плоскостей проекций определить натуральную величину сечения. Контур сечения обвести красным цветом сплошной основной линией толщиной S . Проекции фигуры сечения и натуральную величину сечения заштриховать под углом 45° красным цветом (гелевой ручкой) линиями толщиной $S/3$.

Формат эюра А3. Масштаб выполнения чертежа - 1:1 или 1:2.

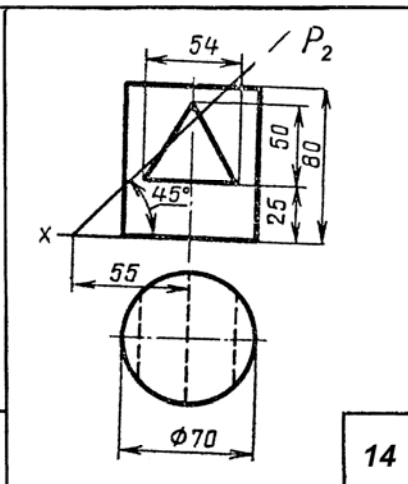


		НГ 03 XX 00	
		Сечение поверхности плоскостью	
		НХТИ, гр.	

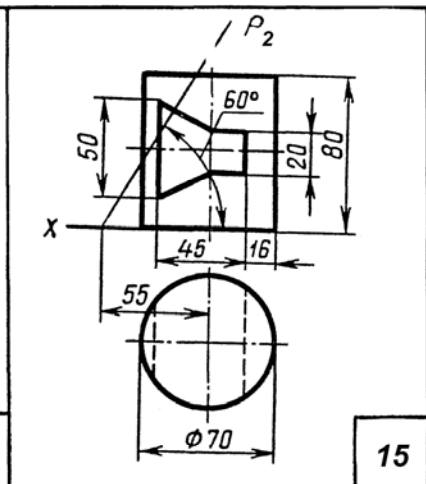




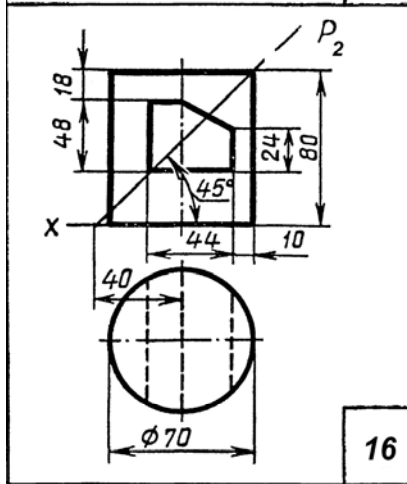
13



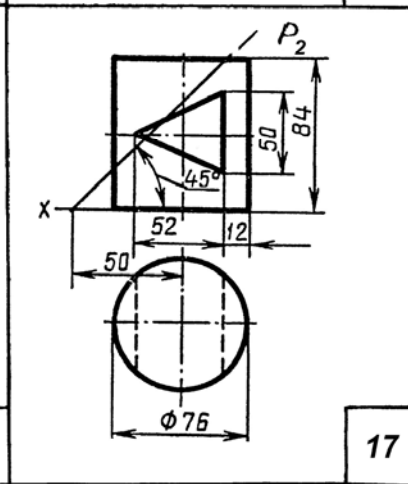
14



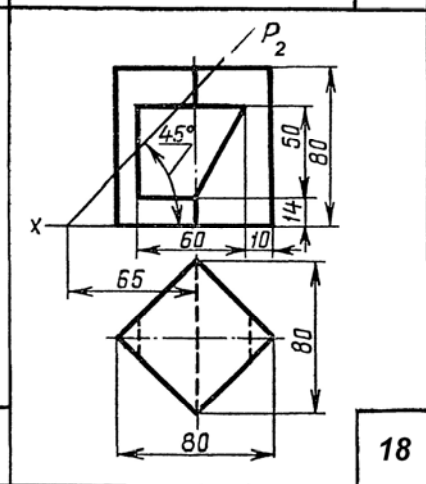
15



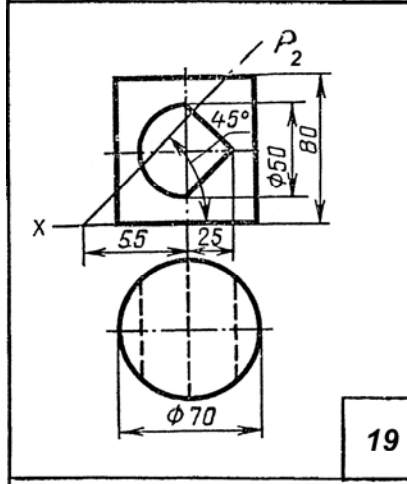
16



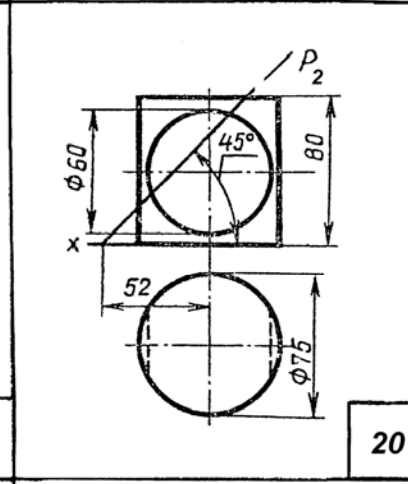
17



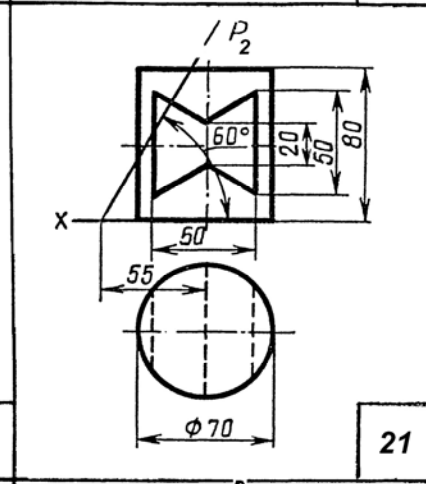
18



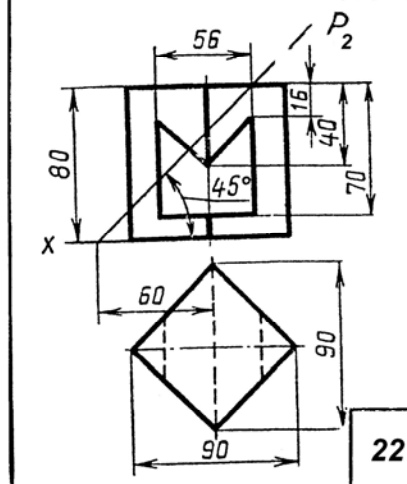
19



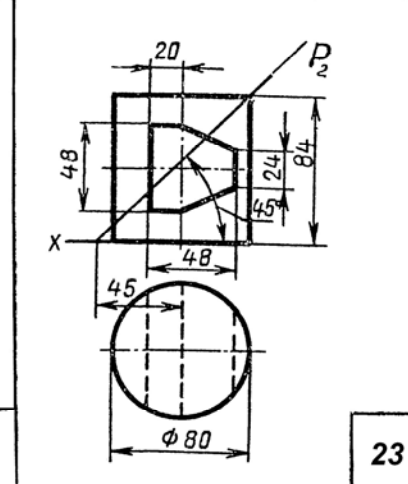
20



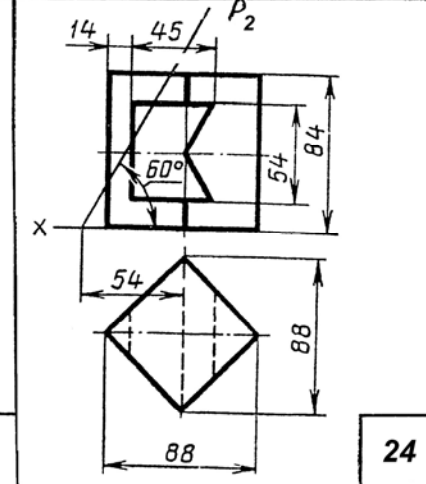
21



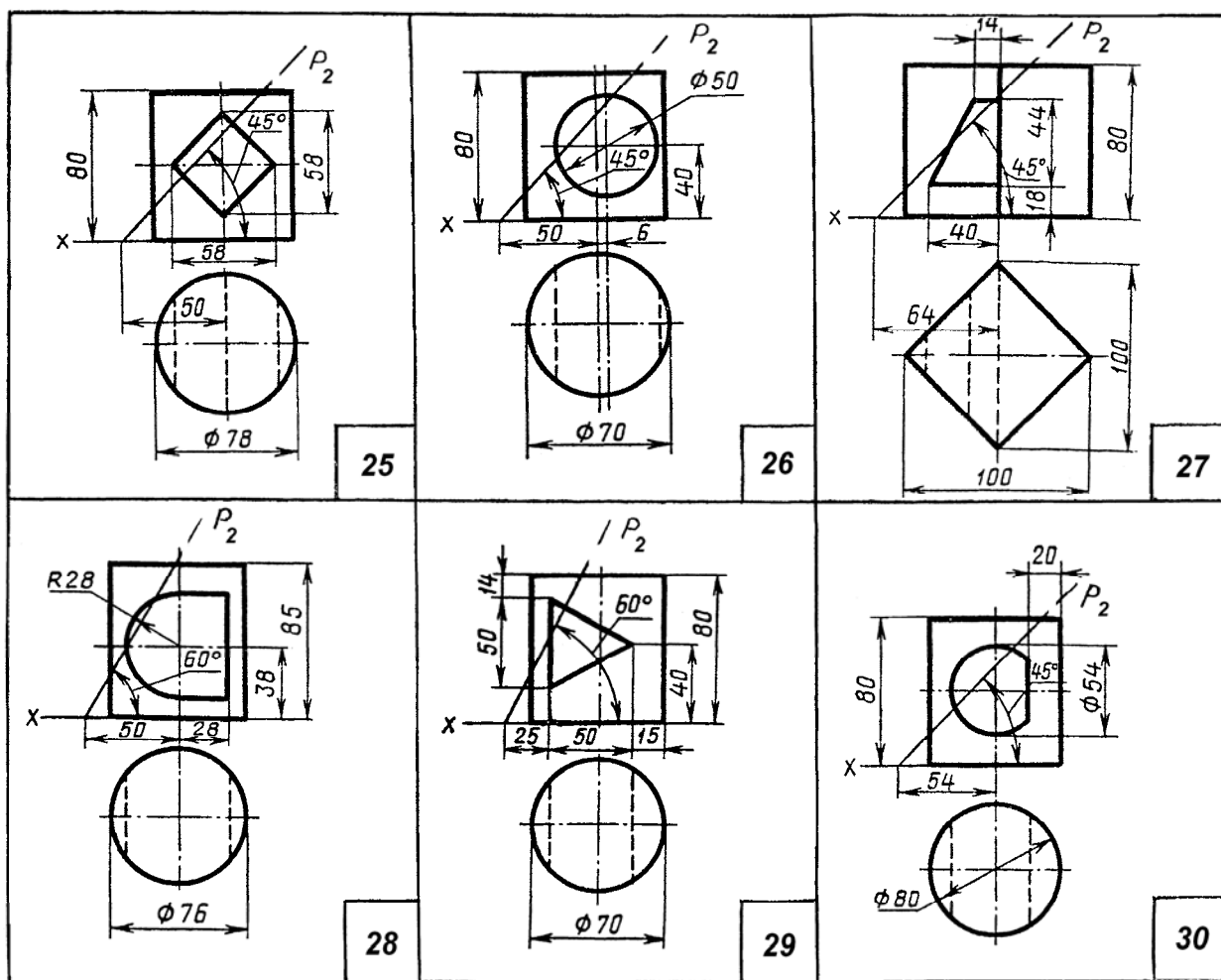
22



23



24



3.10. Теоретические положения к выполнению эюра 4

Цели выполнения эюра 4: 1). Определение на чертежах линий взаимного пересечения поверхностей, характерных, например, для многих корпусов, крышек и других деталей сложной конфигурации. 2). Построение разверток, имеющее большое значение при конструировании различных изделий из листового материала.

3.10.1. Взаимное пересечение поверхностей

Линия пересечения двух поверхностей представляет собой в общем случае пространственную кривую. Любая точка этой линии принадлежит как

первой, так и второй поверхности. Следовательно, *линия пересечения двух поверхностей есть линия, принадлежащая обеим поверхностям*. Иногда ее называют линией перехода и форма этой линии зависит от взаимного расположения поверхностей. Существуют различные способы ее построения.

Примеры построения линий перехода и положения темы:

1). К соосным поверхностям вращения относятся поверхности, имеющие общую ось вращения. На рисунке 44 изображены соосные цилиндр и сфера - а), соосные конус и сфера - б), соосные цилиндр и конус - в).

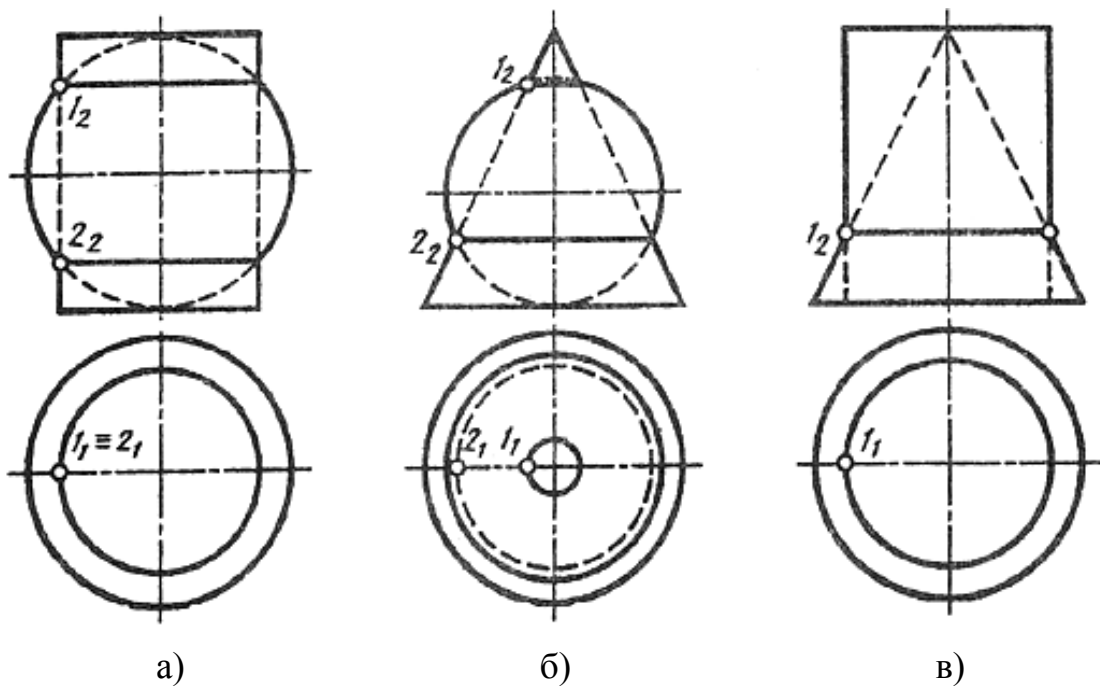


Рисунок 44 - Соосные поверхности вращения

Соосные поверхности вращения всегда пересекаются по окружностям, плоскости которых перпендикулярны оси вращения. Общих для обеих поверхностей окружностей столько, сколько существует точек пересечения очерковых линий поверхностей. Поверхности на данном рисунке пересекаются по окружностям, которые создаются точками 1 и 2.

2). Один из способов построения линии пересечения поверхностей - способ вспомогательных секущих плоскостей (способ посредников). Секущие плоскости, принятые в качестве посредников, могут быть и общего, и

частного положений. Однако более широкое применение находят плоскости частного положения. Последовательность такого построения:

1. Выбрать посредники (плоскости), которые пересекают заданные поверхности по самым простым по форме и построению линиям.
2. Пересечь поверхности посредниками, с помощью которых определяются опорные точки искомой линии (точки, принадлежащие очеркам проекций поверхностей; крайние правые и левые, самые высокие и низкие точки).

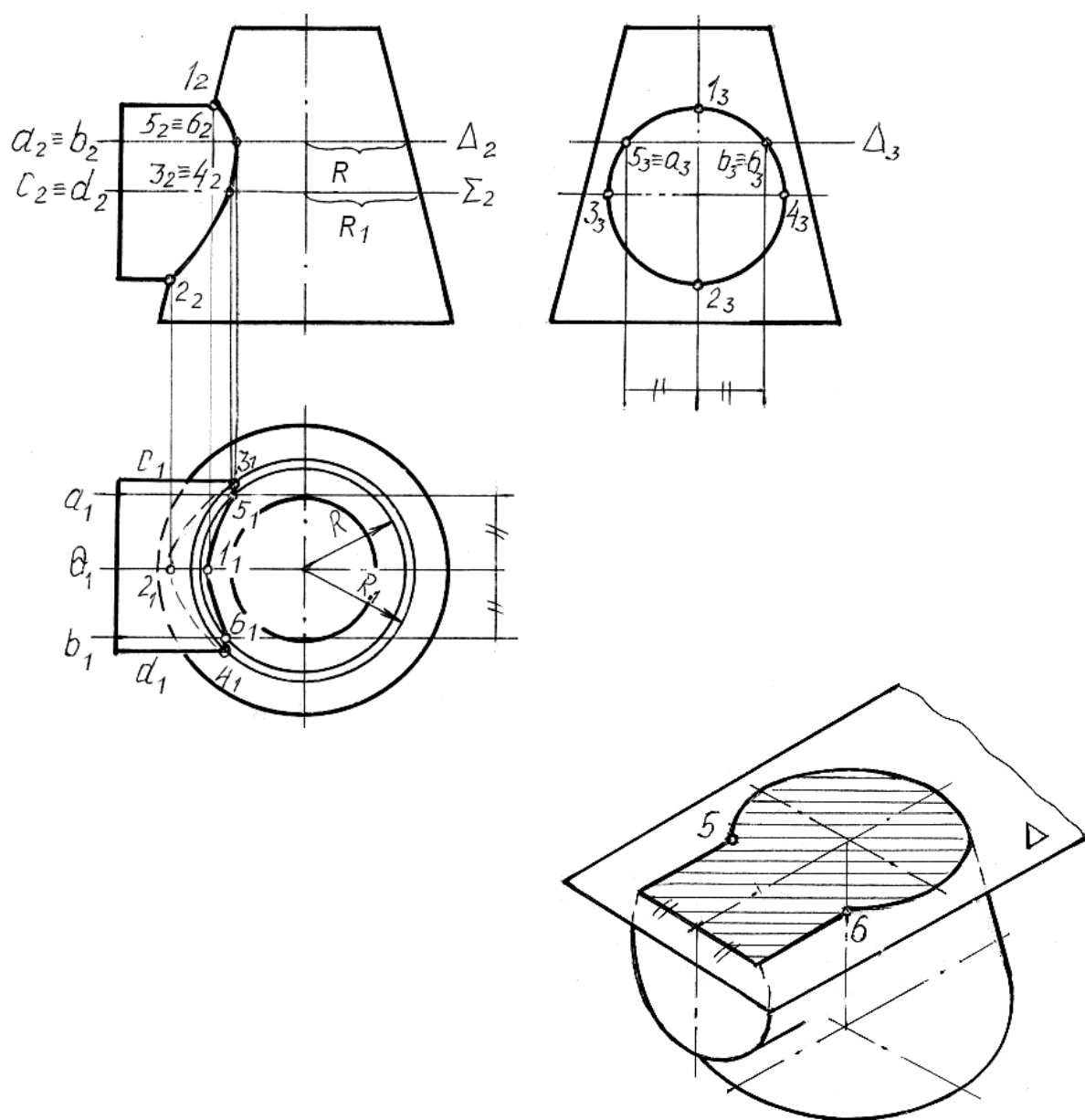


Рисунок 45 - Пересечение цилиндра и усеченного конуса

3. Построить линии пересечения поверхностей указанными посредниками и найти точки пересечения построенных линий в каждом посреднике.

4. Пересечь поверхности посредниками, с помощью которых определяются промежуточные точки, и определить эти точки.

5. Последовательно соединить точки с учётом видимости.

На рисунке 45 приведён пример применения плоскостей частного положения, а именно, горизонтальных плоскостей, в качестве посредников.

3). На рисунке 46 показано построение линии пересечения двух цилиндров разных диаметров, причем оси цилиндров взаимно перпендикулярны и пересекаются. На рисунке 46а) изображены деталь (тройник), предназначенная для соединения труб, и ее упрощенная модель (два пересекающихся цилиндра). Пересекаясь, цилиндрические поверхности образуют пространственную кривую линию. Горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с горизонтальной проекцией вертикально расположенного цилиндра, т. е. с окружностью (рис. 46б). Профильная проекция линии пересечения совпадает с окружностью, являющейся профильной проекцией горизонтально расположенного цилиндра. Отметив на горизонтальной проекции характерные точки 1, 2, 3, находим их профильные проекции 1", 2", 3", которые расположены на дуге окружности. По горизонтальной и профильной проекциям точек 1, 2, 3 строим их фронтальные проекции 1', 2', 3'. Таким образом, находят проекции точек, определяющих линию перехода поверхностей.

В ряде случаев такого количества точек недостаточно, и чтобы получить дополнительные точки, применяют способ вспомогательных секущих плоскостей. Этот способ заключается в том, что поверхность каждого тела пересекают вспомогательной плоскостью, образующей фигуры сечений, контуры которых пересекаются. Точки, полученные при пересечении контуров сечений, являются точками линии пересечения. В данном случае оба цилиндра пересекают вспомогательной горизонтальной секущей плоскостью (рис. 46в). При пересечении вертикально расположенного

цилиндра образуется окружность, а горизонтально расположенного цилиндра - прямоугольник. Точки пересечения 4 и 5 окружности и прямоугольника принадлежат обоим цилиндрам и, следовательно, определяют линию пересечения обеих фигур. Отметив профильные, а затем горизонтальные проекции точек 4 и 5, при помощи линий связи находим фронтальные проекции. Полученные точки соединяем плавной кривой.

При более сложной конфигурации необходимо увеличить число точек, определяющих линию пересечения поверхностей. Для этого проводят еще несколько параллельных вспомогательных секущих плоскостей.

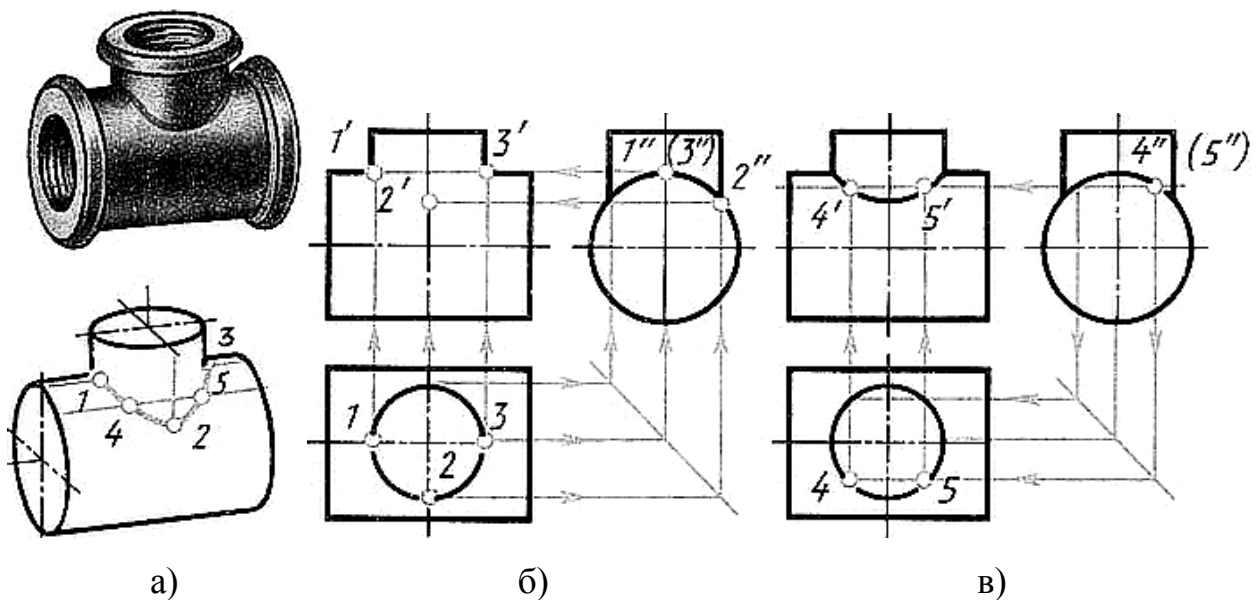


Рисунок 46 - Изображения тройника

4). Задачу определения линии перехода поверхностей на рисунке 47 также решаем путем проведения параллельных плоскостей. Сначала находим характерные точки. Левая грань призмы как плоскость рассекает шар по окружности. Эта окружность спроецируется на фронтальную плоскость проекций в виде эллипса. Находим малую и большую оси эллипса. Точку 1 находим непосредственно по горизонтальной проекции, а точку 2 - после проведения плоскости σ через левую грань призмы.

Для нахождения большой оси эллипса 3-4 опускаем перпендикуляр на плоскость σ из центра шара (сферы) O. Отрезок 3_14_1 есть горизонтальная

проекция большой оси. Фронтальную проекцию находим с помощью фронтальной плоскости λ . Плоскость λ пересечет шар по окружности радиуса ρ_{1O_1} . Этим радиусом из центра шара O_2 делаем засечки для получения точек 3_2 и 4_2 . Иначе точки 3_2 и 4_2 можно найти, откладывая от малой оси эллипса 1_22_2 вверх и вниз отрезки, равные 1_13_1 или 2_13_1 . Очень важно найти точки 5_2 и 6_2 , в которых эллипс касается контура шара. В этих точках видимая часть эллипса переходит в невидимую. Определить их легко, поскольку они лежат на большой окружности, параллельной плоскости Π_2 . Точки 7 и 8 находим с помощью фронтальной плоскости λ' или путем непосредственного проецирования с профильной проекции. С помощью фронтальных плоскостей находим любое количество промежуточных точек. На чертеже получились две отдельные замкнутые линии пересечения: линия, состоящая из двух неполных эллипсов, и невидимая линия в виде окружности, построенной радиусом O_211_2 .

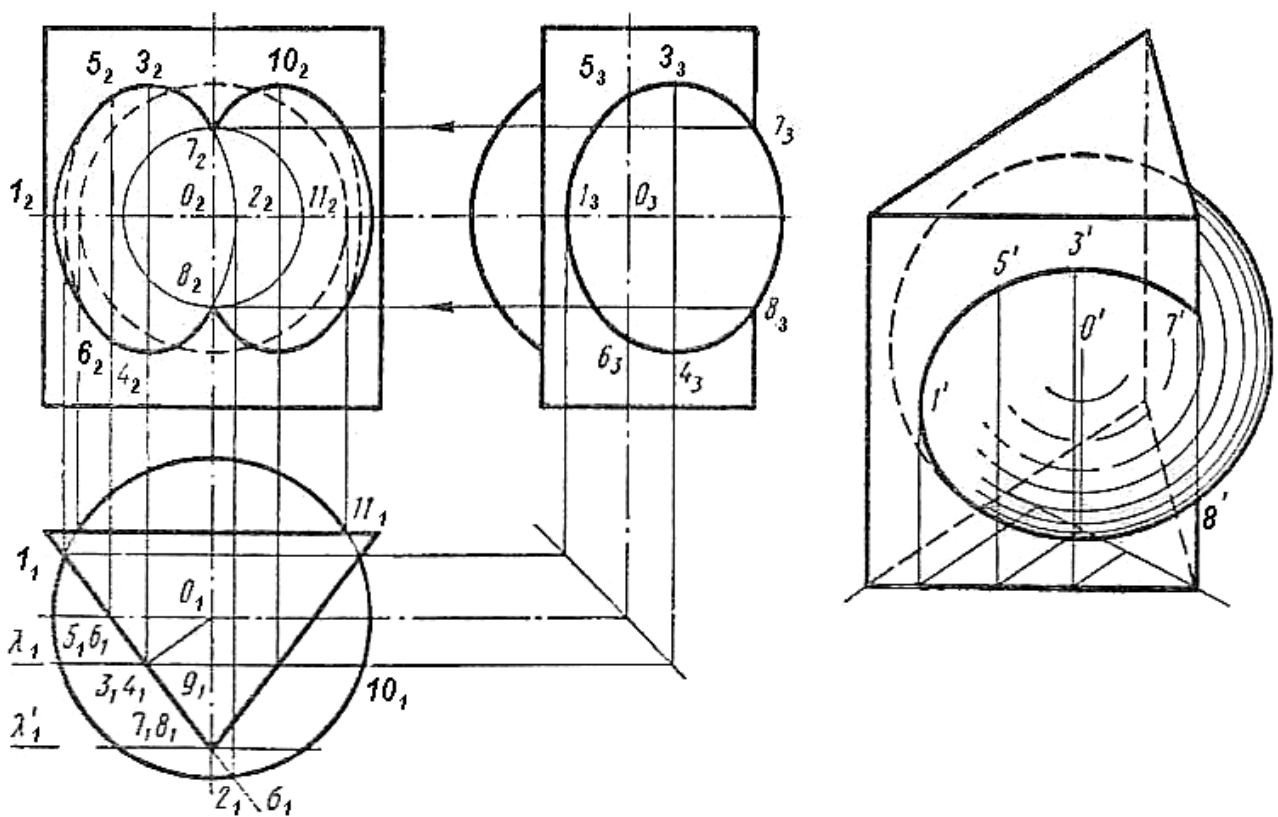


Рисунок 47 - Пересечение сферы и призмы

5). На рисунке 48 приведены три изображения двух пересекающихся призм - четырехугольной и треугольной. Рассматривая горизонтальную и профильную проекции, можно установить, что боковые грани вертикально расположенной призмы перпендикулярны горизонтальной плоскости проекций; проекция линии пересечения на эту плоскость совпадает с проекциями боковых граней, т. е. с отрезками прямых линий. Профильная проекция линии пересечения также совпадает с профильной проекцией треугольной призмы. Никаких дополнительных линий на этих проекциях не требуется. Следовательно, решение задачи сводится к построению фронтальной проекции линии пересечения. Для этого нужно найти точку пересечения ребер одной призмы с гранями другой.

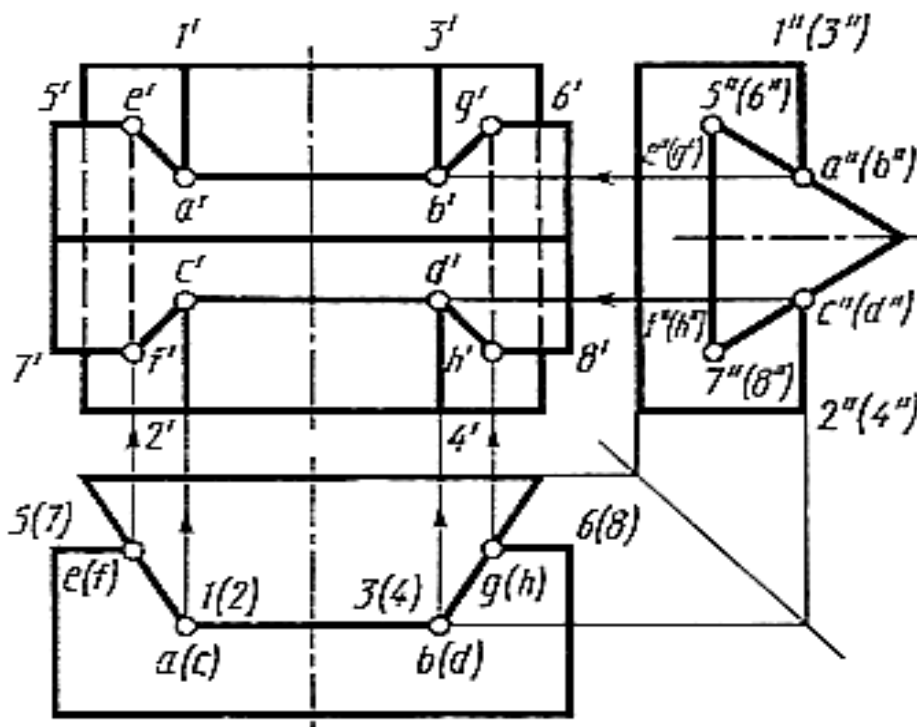


Рисунок 48 - Пересечение двух призм

Рассматривая профильную и горизонтальную проекции, видим, что ребра 1-2 и 3-4 пересекают наклонные грани треугольной призмы. Места пересечения - это точки встречи ребер 1-2 и 3-4 с контуром профильной проекции треугольной призмы, т. е. a'' , b'' , c'' , d'' , которые видны на чертеже. Проекции невидимых точек заключены в скобки.

Горизонтальные проекции ребер 1-2 и 3-4 изображаются в виде точек. Здесь же расположены и горизонтальные проекции точек А, В, С, D - а, б, с, d. Фронтальные проекции точек а', б', с', d' определяют при помощи линий связи. Далее устанавливают, что ребра 5-6 и 7-8 треугольной призмы пересекают грани четырехугольной. Горизонтальные проекции точек пересечения Е, F, G, H - е, f, g, h, проекции видны на чертеже. Фронтальные проекции точек находим, проводя линии связи к проекциям соответствующих ребер. Чтобы получить линию пересечения, нужно соединить полученные точки прямыми линиями. Соединяем те точки, которые находятся на одних и тех же гранях каждой призмы. Затем нужно последовательно соединить точки а', б', g', h', d', с', f', е'. Отрезки е'f' и g'h' - линии пересечения на фронтальной проекции - невидимы, так как закрыты наклонными гранями треугольной призмы, поэтому их обводим штриховой линией.

б). На рисунке 49 показано построение линии пересечения четырехугольной усеченной пирамиды и четырехугольной призмы. Построение выполнено аналогично построению, приведенному на рисунке 48. На фронтальной проекции линия пересечения совпадает с проекцией боковых граней призмы, так как они перпендикулярны фронтальной плоскости проекции. Верхнее и нижнее ребра призмы пересекаются с передним и задним ребрами пирамиды в точках 1, 2, 3, 4, проекции которых 1', 2', 3', 4' находятся в точках пересечения соответствующих ребер. Имея фронтальные и профильные проекции точек 1, 2, 3, 4, находим их горизонтальные проекции при помощи линий связи, как показано стрелками на чертеже. Точки пересечения других двух ребер призмы с гранями пирамиды без дополнительного построения получить нельзя. Чтобы определить эти точки, призму и пирамиду пересекают горизонтальной секущей плоскостью Р. При пересечении плоскости Р с пирамидой образуется ромб, стороны которого будут параллельны

сторонам оснований пирамиды. Ромб легко построить, спроецировав точку a' на горизонтальную плоскость проекций и проведя прямые, параллельные сторонам основания. При пересечении плоскости P с призмой образуется прямоугольник, равный горизонтальной проекции призмы. Точки 5, 6, 7, 8 пересечения контуров ромба и прямоугольника будут искомыми точками линий пересечения обеих геометрических фигур. Профильные проекции $5''$, $6''$, $7''$, $8''$ получены при помощи линий связи. В скобках проставлены проекции невидимых точек. Соединяя прямыми проекции точек, расположенных на одних и тех же гранях пирамиды и призмы, т. е. 1-6-2-5, 3-8-4-7, $1''-5''-2''$ и $3''-7''-4''$, получим недостающие проекции линии пересечения.

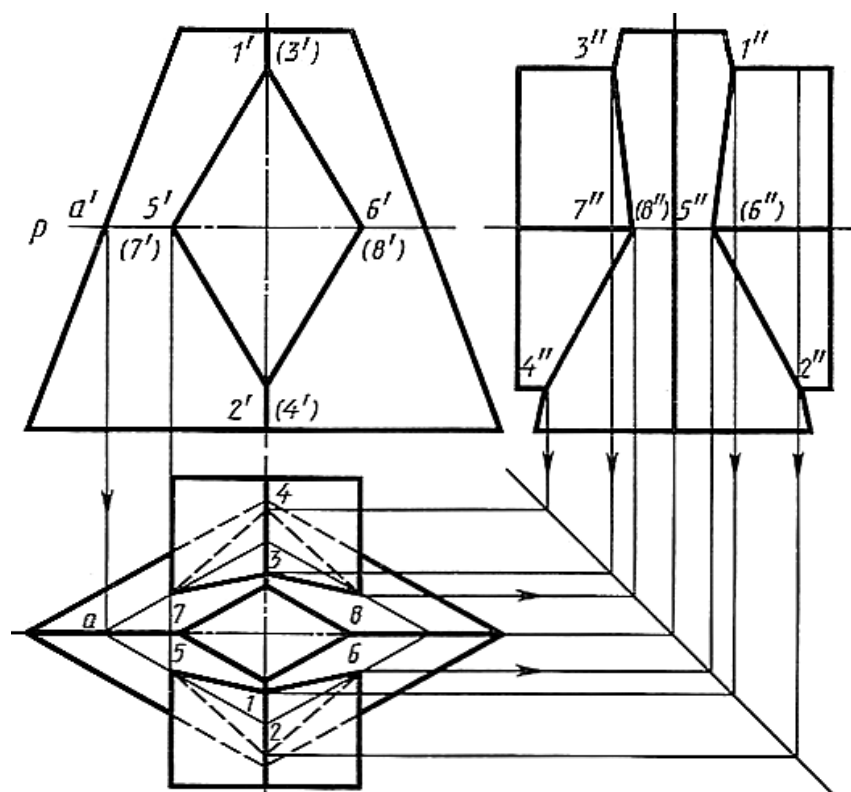


Рисунок 49 - Пересечение пирамиды и призмы

7). На рисунке 50 показано определение линии пересечения цилиндра и конуса, если их оси поверхностей вращения не пересекаются между собой. В приведенном примере проводим вспомогательные секущие горизонтальные плоскости μ , μ' , μ'' и др., не обозначенные на чертеже.

Все эти плоскости параллельны между собой. Такие плоскости рассекают конус по окружности, а цилиндр - по прямоугольникам. Как окружности, так и прямоугольники проецируются на горизонтальную плоскость проекций без искажения. Пересечение линий этих фигур между собой и позволяет определить точки, принадлежащие линии пересечения поверхностей. В первую очередь определяют опорные точки: 1 и 2 на левой образующей конуса, 3 и 4 на верхней образующей цилиндра, 5 и 6 на правой образующей цилиндра, 7 и 8 на нижней образующей цилиндра.

Точки 3 и 4 находим, проводя плоскость μ , касательную к цилиндру. Эта плоскость пересекает правую образующую конуса в точке А. Найдя проекции A_2 и A_1 , из центра S_1 проводим окружность радиусом S_1A_1 , которая пересечет горизонтальную проекцию верхней образующей цилиндра в точках. Для получения точек 5 и 6 используем окружность радиуса S_1B_1 и т. д..

Промежуточные вспомогательные плоскости целесообразно проводить симметрично по отношению к оси цилиндра. При этом точки 9, 10 и 11, 12 находим на одной вертикальной линии связи. Около точек 5 и 6, где линия пересечения резко меняет кривизну, следует найти дополнительные точки.

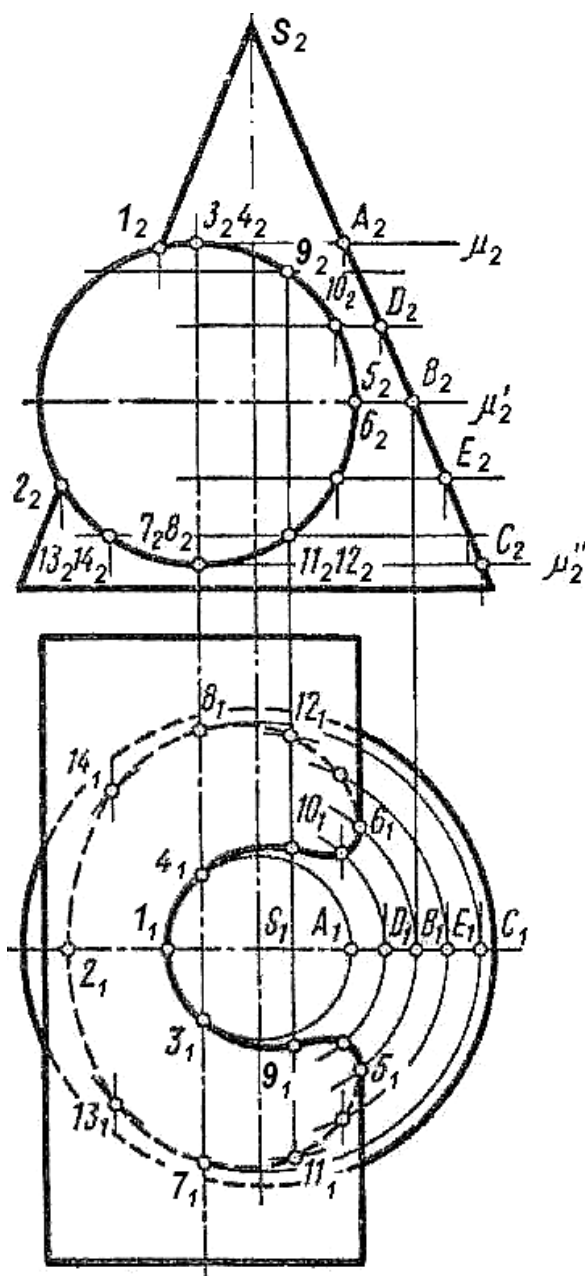
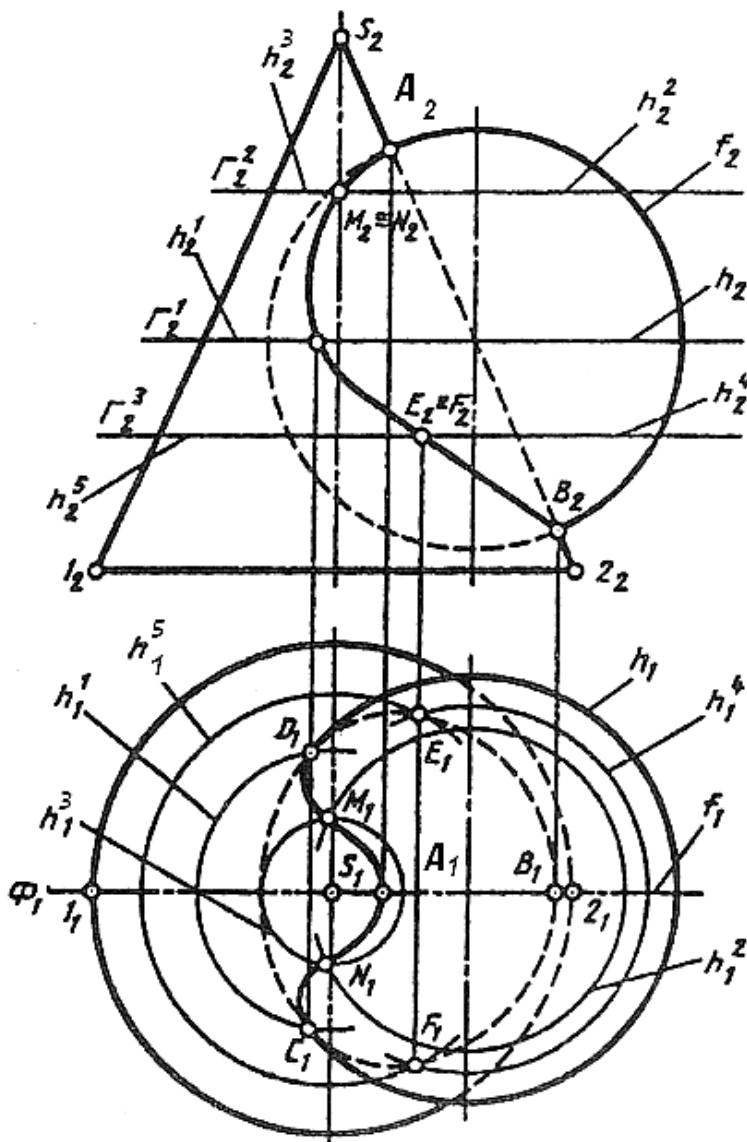


Рисунок 50 - Пересечение цилиндра и конуса

8). Построение линии пересечения двух поверхностей вращения способом вспомогательных секущих плоскостей рассмотрим и на примере пересечения конуса вращения со сферой (рис. 51). В качестве посредников примем плоскости частного положения - горизонтального уровня.

Очевидные общие точки поверхностей в пересечении их главных меридианов f и $1S, S2$ - это A и B , так как поверхности имеют общую фронтальную плоскость симметрии Φ (Φ_1). Эти опорные точки являются наивысшей A и наинизшей B точками линии пересечения, а также точками видимости линии на плоскости Π_2 .



Применять вспомогательные фронтальные плоскости, параллельные Π_2 , неудобно, так как они будут пересекать конус по гиперболам.

Графически простые линии, а именно, окружности параллелей на данных поверхностях получаются от пересечения их горизонтальными плоскостями уровня Γ . Первую такую секущую плоскость Γ^1 берем на уровне экватора сферы (параллель h). Эта плоскость пересекает конус по параллели h^1 .

В пересечении этих параллелей находятся точки видимости линии пересечения относительно плоскости Π_1 : C и D .

Рисунок 51 - Пересечение конуса и сферы

9). При определении линии пересечения поверхностей кроме вспомогательных секущих плоскостей применяют секущие поверхности, например, шаровые.

Условия для использования концентрических сфер в качестве посредников:

1. Обе поверхности должны быть поверхностями вращения.
2. Оси поверхностей должны пересекаться (*точка пересечения - центр сфер*).
3. Оси обеих поверхностей должны быть параллельны одной и той же плоскости проекций (для простоты построения). В этом случае окружности, по которым вспомогательные сферы пересекают поверхности, будут проецироваться на плоскость проекций в виде отрезков прямых.

При этом способе построения линии перехода за центр сфер принимается точка пересечения осей заданных поверхностей вращения. Решение начинают с определения опорных точек и радиусов максимальной и минимальной сфер. Радиус максимальной сферы равен расстоянию от центра сфер до наиболее удаленной точки пересечения линий очерков поверхностей. Радиус минимальной сферы определяется из условия касания этой сферы одной поверхности (вписывается в поверхность) и пересечения второй.

10). Рассмотрим применение способа секущих концентрических сфер на примере построения линий пересечения двух конусов с пересекающимися осями (рис. 52). Отмечаем проекции точки O (O_1, O_2) пересечения осей заданных конусов и принимаем их за проекции общего центра всех секущих сфер. Отмечаем фронтальные проекции верхних 1_2 и $1_2'$ и нижних 2_2 и $2_2'$ точек линий пересечения поверхностей. С помощью линий связи, проведенных из точек $1_2, 2_2, 1_2'$ и $2_2'$, находим горизонтальные проекции $1_1, 2_1, 1_1'$ и $2_1'$. Линии связи проводим до пересечения их с горизонтальными проекциями фронтальных очерковых линий конусов, совпадающих на виде сверху с горизонтальной осевой линией. Максимальный радиус секущей сферы равен отрезку $O_2 2_2$, т.е. расстоянию от центра сфер до наиболее удаленной точки пересечения очерковых образующих. Для определения

минимального радиуса секущей сферы из точки O_2 опускаем перпендикуляры на прямолинейные образующие конусов. Большой из этих перпендикуляров - это R_{\min} . Для построения промежуточных (регулярных) точек линий пересечения обе поверхности пересекаем concentрическими сферами, радиусы которых находятся в диапазоне $R_{\min} < R < R_{\max}$.

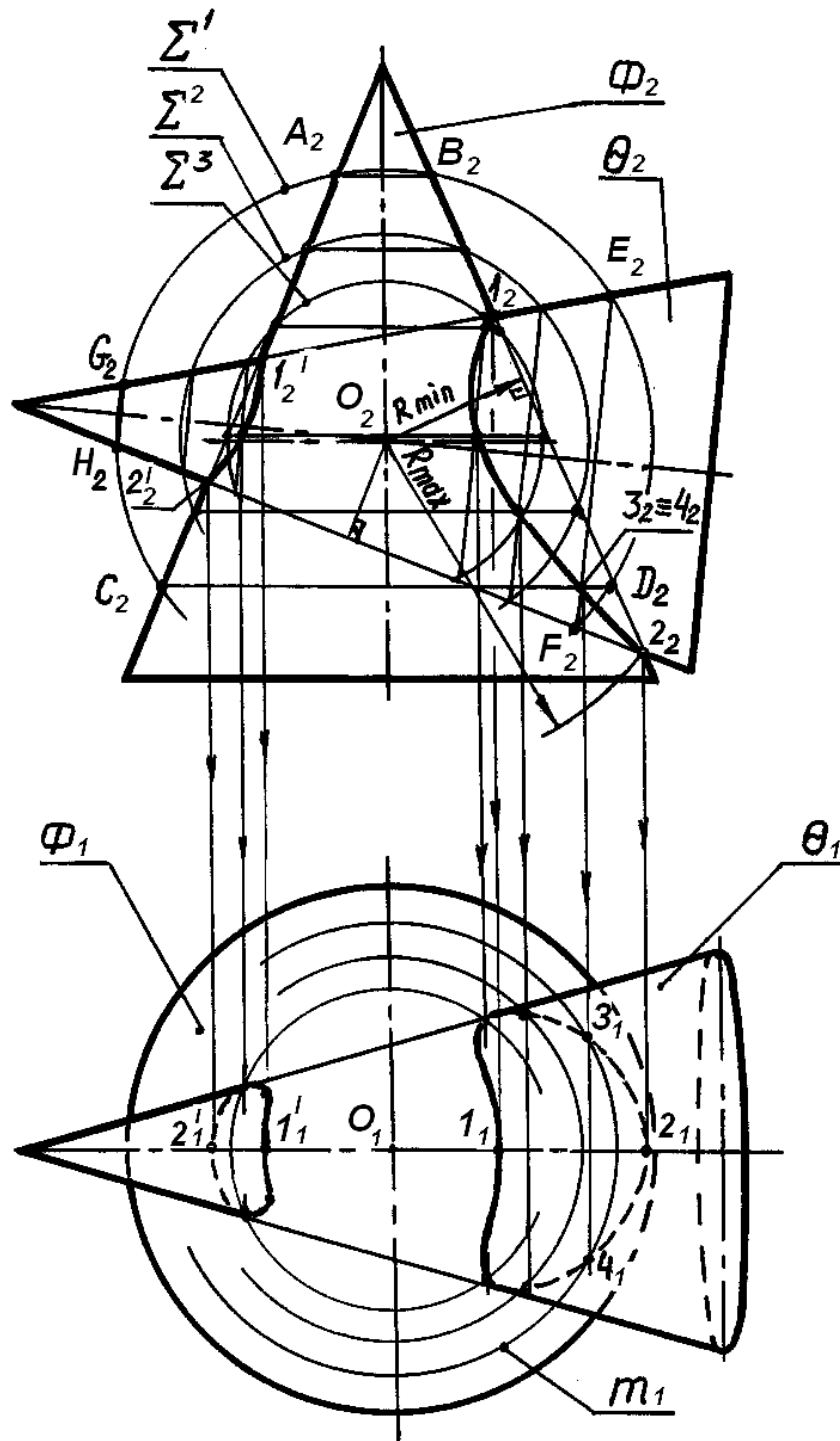


Рисунок 52 - Пересечение двух конусов

Рассечем поверхности максимальной сферой. Окружности, которые проецируются на фронтальную плоскость в виде отрезков - A_2B_2 и C_2D_2 , E_2F_2 и G_2H_2 . Отрезки (окружности) A_2B_2 и G_2H_2 в пределах очерковых линий фигур не пересекаются. Поэтому они не дадут точек линий перехода поверхностей. В пересечении отрезков C_2D_2 и E_2F_2 отмечаем совпадающие точки $3_2 \equiv 4_2$ - это фронтальные проекции точек 3 и 4 правой линии пересечения конусов. Для определения горизонтальных проекций 3_1 и 4_1 точек 3 и 4 линии пересечения из точки $3_2 \equiv 4_2$ проводим линию связи до пересечения ее на горизонтальной проекции с окружностью m_1 , диаметр которой равен отрезку C_2D_2 . Далее, вводя новые секущие сферы и выполняя аналогичные построения, строим проекции других регулярных точек линий пересечения. Все найденные проекции точек линий пересечения поверхностей соединяем плавными лекальными кривыми с учетом условий видимости.

11). Построение линии пересечения цилиндра и конуса, оси которых пересекаются в точке O показано на рисунке 53. Прежде всего отметим фронтальные проекции 1_2 и 2_2 крайних левой и правой точек линии пересечения; затем находим фронтальные проекции 3_1 и 4_2 нижних точек кривой. Для их определения проводят из центра O_2 окружность, являющуюся фронтальной проекцией шара, вписанного в цилиндр. Касание шара к цилиндру произойдет по окружности, фронтальная проекция которой изобразится прямой, проходящей через точку O_2 . С конусом шар пересечется по окружности, параллельной основанию конуса; фронтальная проекция этой окружности спроецируется в прямую, перпендикулярную к первой прямой; их пересечение определит фронтальные проекции $3_2 4_2$ искомых точек. При наличии профильной проекции, проекции точек 3_2 и 4_2 могут быть получены непосредственным проецированием с использованием проекций точек 3_3 и 4_3 . Для построения промежуточных точек 5, 6 и 7, 8 проводим концентрическую шаровую поверхность несколько большего диаметра. Эта сферическая поверхность пересекает конус по окружности несколько меньшего диаметра, а

цилиндр - по двум окружностям равных диаметров. Все три окружности проецируются на фронтальную плоскость проекций Π_2 в виде прямых, пересечение которых определяет фронтальные проекции $5_2 6_2$ и $7_2 8_2$ промежуточных точек 5, 6, 7 и 8. Так как направление проецирования перпендикулярно к фронтальной плоскости, то точки 5 и 6, 7 и 8 проецируются на нее, сливаясь попарно. Построение горизонтальной проекции линии пересечения не вызывает затруднений, поскольку имеются фронтальные и профильные проекции точек. При отсутствии профильной проекции горизонтальные проекции точек находят также достаточно легко в связи с тем, что точки лежат на окружностях, которые проецируются на горизонтальную плоскость проекций Π_1 без искажения.

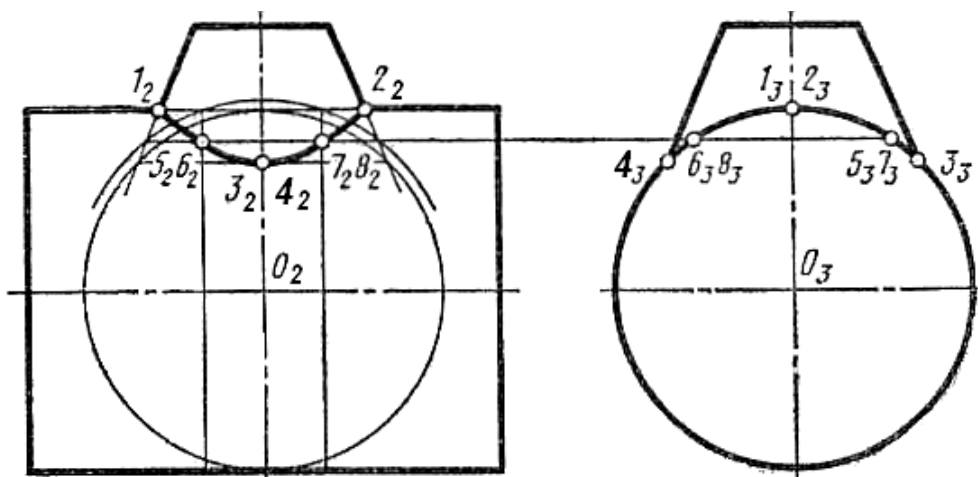


Рисунок 53 - Пересечение цилиндра и усеченного конуса

12). Особенностью способа секущих поверхностей является то, что при его применении требуется повышенная точность построений, так как окружности, изображающие шаровые поверхности, приходится проводить на очень близком расстоянии друг от друга (это является недостатком способа). Заметим, что фронтальная проекция кривой пересечения может быть построена при отсутствии двух других проекций пересекающихся поверхностей (рис. 54).

Оси цилиндров взаимно перпендикулярны, пересекаются в точке O и параллельны плоскости Π_2 . Через точки пересечения контурных образующих

проводим окружность - проекцию вспомогательной сферы. Эта сфера пересекает поверхности цилиндров по окружностям, проекции которых выйдутся отрезками прямых: a_2 - пересечение поверхности малого цилиндра со сферой; b_2 - большого цилиндра со сферой. Пересечения этих отрезков в точках A_2 и B_2 являются проекциями крайних точек линии пересечения. Эта сфера является наибольшей, как проходящая через точки пересечения проекций контурных образующих.

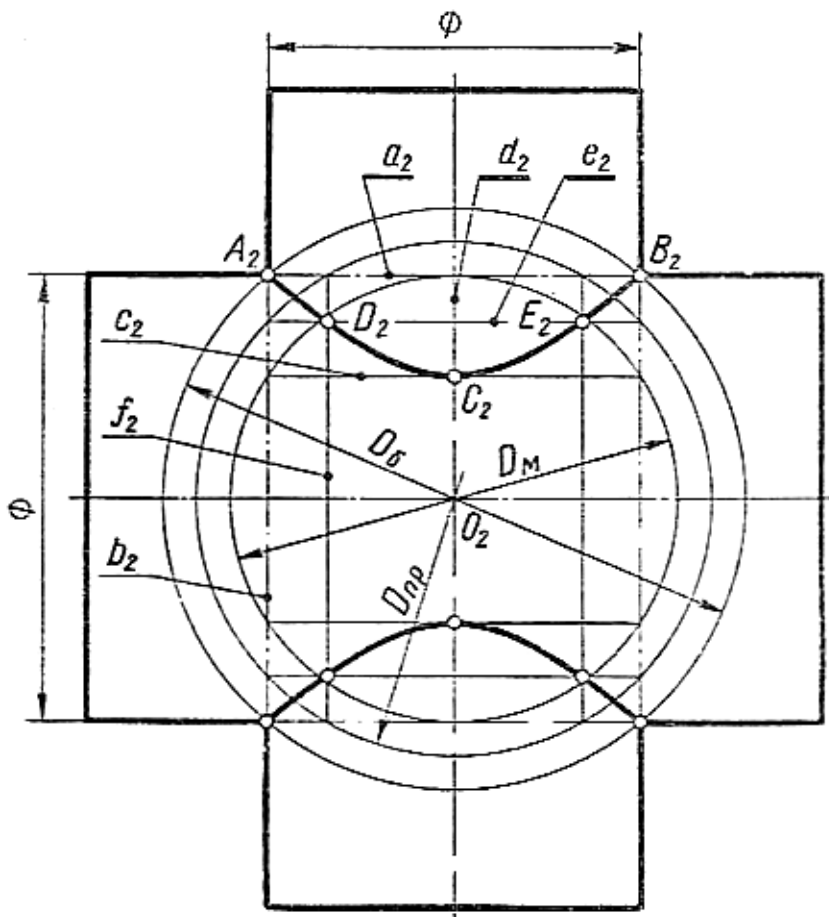


Рисунок 54 - Пересечение двух цилиндров

Пересечения проекций контурных образующих всегда определяют проекции крайних точек линии перехода поверхностей. Проводим вторую окружность (проекцию второй сферы) так, чтобы она касалась проекций образующих одного тела и пересекала проекции образующих другого тела; эта сфера в данном примере является наименьшей. Проекция пересечения наименьшей сферы с поверхностями цилиндров выйдутся отрезками прямых

c_2 и d_2 . Их пересечением будет проекция C_2 точки C , принадлежащая линии пересечения.

Для получения большого количества точек линии пересечения вводим промежуточные сферы. Пересечение проекций e_2 и f_2 дадут точки D_2 и E_2 - проекции промежуточных точек линии пересечения фигур. Соединив плавной кривой найденные точки, получим фронтальную проекцию линии пересечения

13). Еще один пример применения сфер в качестве посредников приведён на рисунке 55.

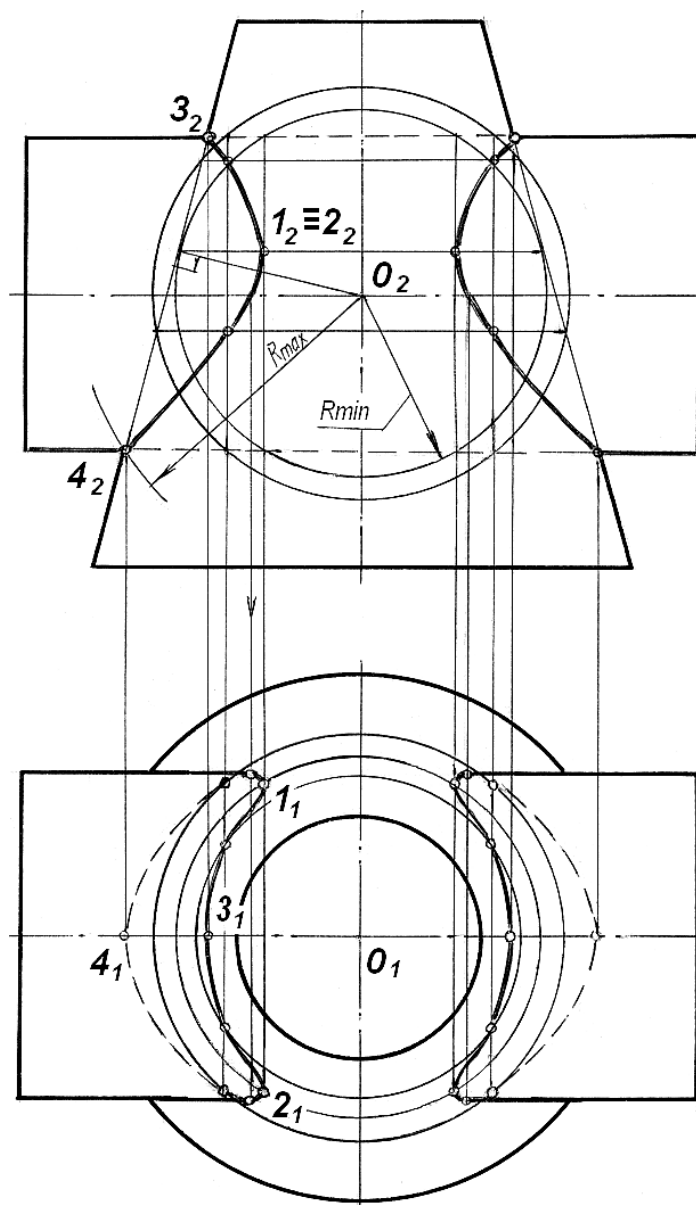


Рисунок 55 - Применение метода сфер

3.10.2. Развертка поверхностей

Развёртка поверхности - это фигура, получающаяся в плоскости при таком совмещении точек данной поверхности с этой плоскостью, при котором длины линий остаются неизменными. При этом каждой точке поверхности соответствует единственная точка на развёртке.

Примеры построения линий перехода и положения темы:

1). При изготовлении различных изделий из листового материала имеет большое значение построение разверток поверхностей. Если представить себе поверхность как гибкую нерастяжимую пленку, то некоторые из них путем изгиба можно совместить с плоскостью без разрывов и деформаций. Такие поверхности относятся к развертываемым. *Полученную в результате развертывания (раскатки) поверхности плоскую фигуру называют разверткой этой фигуры.* Те поверхности, которые нельзя совместить без разрывов и деформаций, относятся к неразвертываемым, но в практике возникает необходимость изготовления из листового железа не только развертывающихся фигур.

Теоретически точно развертываются только гранные поверхности, торсы, конические или цилиндрические поверхности. При развертывании сложных поверхностей их аппроксимируют (заменяют) вписанными гранными поверхностями, и чем больше граней содержит вписанная поверхность, тем точнее ее развертка. Построенные таким образом развертки поверхностей называют *приближенными*. Чтобы построить развертки неразвертывающихся поверхностей, эти поверхности разбивают на части, которые можно приближенно заменить развертывающимися поверхностями. После этого строят развертки этих частей, которые в сумме дают *условную развертку* неразвертывающейся поверхности.

2). *Разверткой поверхности многогранника называют плоскую фигуру, полученную при совмещении с плоскостью чертежа всех граней многогранника в последовательности их расположения на многограннике.*

Чтобы построить развертку поверхности многогранника, нужно определить натуральную величину граней и вычертить на плоскости последовательно все грани. Истинные размеры ребер граней, если они спроецированы не в натуральную величину, находят способами вращения или перемены плоскостей проекций.

3). Развертка поверхности прямой призмы представляет собой плоскую фигуру, составленную из боковых граней - прямоугольников и двух равных между собой многоугольников оснований. Для примера взята правильная прямая шестигранная призма (рис. 56). Все боковые грани призмы - прямоугольники, равные между собой по ширине a и высоте H ; основания призмы - правильные шестиугольники со стороной, равной a .

Так как истинные размеры граней нам известны, нетрудно выполнить построение развертки. Для этого на произвольной горизонтальной прямой последовательно откладываем шесть отрезков, равных стороне основания шестиугольника, т. е. $6a$. Из полученных точек проводим перпендикуляры, равные высоте призмы H , и конечные точки перпендикуляров соединяют второй горизонтальной прямой. Полученный прямоугольник ($H \times 6a$)

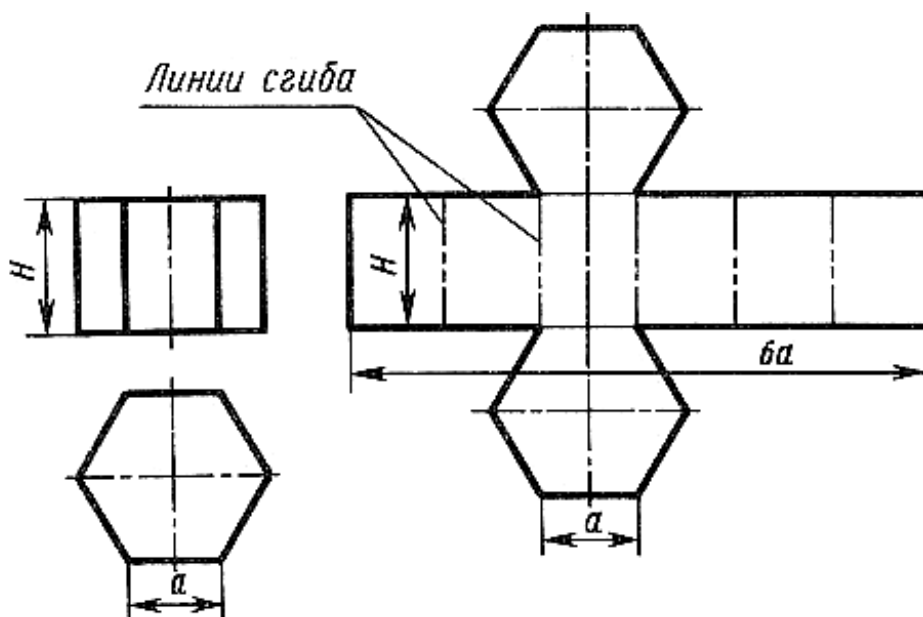


Рисунок 56 - Развертка шестигранной призмы

является разверткой боковой поверхности призмы. Затем пристраиваем фигуры оснований - два шестиугольника со сторонами, равными a .

Контур обводят сплошной основной линией, а линии сгиба - штрихпунктирной с двумя точками. Подобным образом можно построить развертки прямых призм с любым многоугольником в основании.

4). На рисунке 57 изображена развертка трехгранной призмы правильной формы. Ребра ее AA , BB , CC параллельны фронтальной плоскости Π_2 проекций и проецируются на нее в натуральную величину, а нижнее ABC и верхнее $A'B'C'$ основания параллельны горизонтальной плоскости проекций Π_1 и проецируются на нее в натуральную величину. Точка M на развертке трехгранной призмы строится обычным способом.

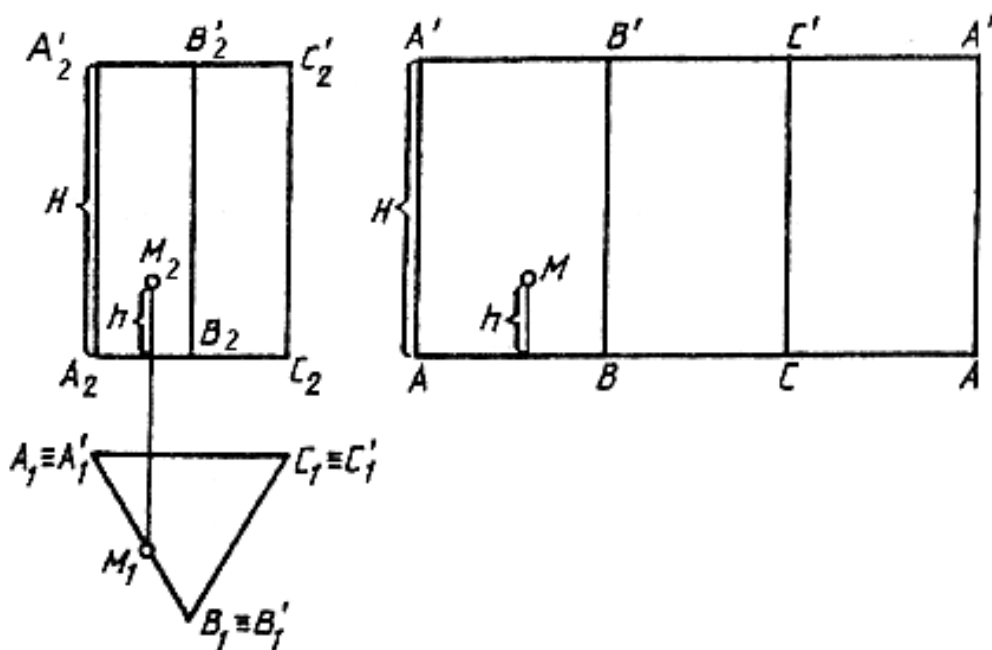


Рисунок 57 - Развертка трехгранной призмы

5). Развертка поверхности правильной пирамиды представляет собой плоскую фигуру, составленную из боковых граней - равнобедренных или равносторонних треугольников и правильного многоугольника основания.

Для примера взята правильная четырехугольная (четырёхгранная) пирамида (рис. 58). Решение задачи осложняется тем, что неизвестна

величина боковых граней пирамиды, так как ребра граней не параллельны ни одной из плоскостей проекций. Поэтому построение начинаем с определения истинной величины наклонного ребра SA. Определив способом вращения истинную длину наклонного ребра SA, равную $s'a_1'$, из произвольной точки O, как из центра, проводим дугу радиусом $s'a_1'$. На дуге откладывают четыре отрезка, равные стороне основания пирамиды, которое спроецировано на чертеже в истинную величину. Полученные точки соединяем прямыми с точкой O. Получив развертку боковой поверхности, к основанию одного из треугольников пристраиваем квадрат, равный основанию пирамиды.

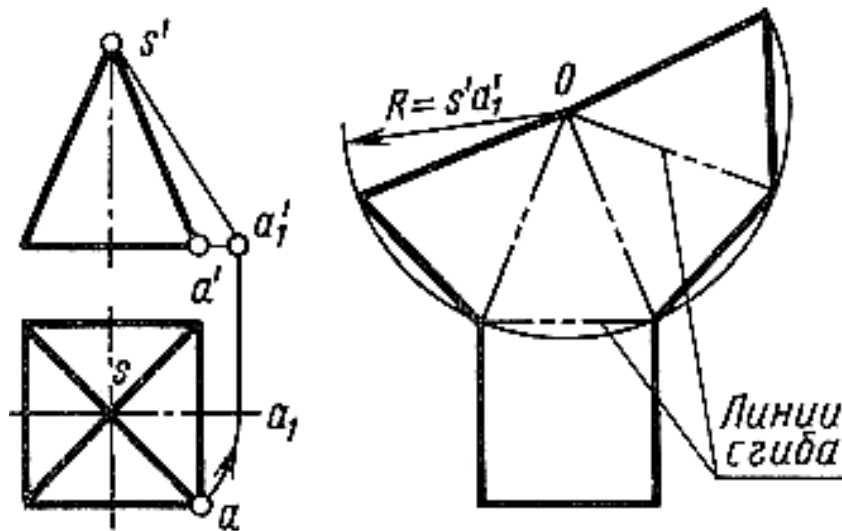


Рисунок 58 - Развертка четырехугольной пирамиды

6). На рисунке 59 приведен еще один вариант построения развертки четырехгранной прямой пирамиды. Построение ее упрощается тем, что образующие пирамиды AS и CS параллельны фронтальной плоскости проекций и на нее спроецировались в натуральную величину. Основание же пирамиды ABCD лежит в плоскости, параллельной горизонтальной плоскости проекций, и на нее проецируется в натуральную величину. Для построения развертки достаточно построить сторону AS и сделать засечки

радиусом дуги, равным BS и AB из точек S и A , соответственно получим точку B и т. д..

Основание же в натуральную величину можно построить на базе одной из его сторон, например, на базе стороны AB . Положение точки на поверхности развертки пирамиды определим в следующем порядке: через фронтальную проекцию точки M (M_2) проведем горизонтальную линию до пересечения с ребрами A_2S_2 и B_2S_2 . Получим фронтальные проекции точек 1 и 2, далее определим их горизонтальные проекции. На линии AS развертки от точки A отложим отрезок h и из полученной точки 1 проведем линию 1, 2 параллельно AD на которой нанесем точку M в том положении, которое она занимает на горизонтальной проекции линии 12.

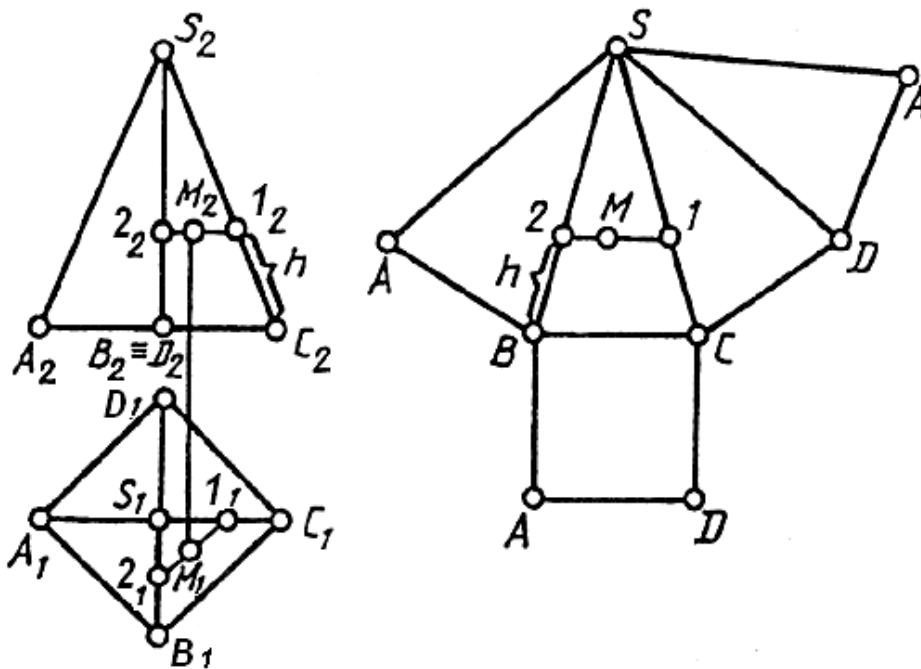


Рисунок 59 - Нахождение точки на развертке

7). Развертка поверхности прямого кругового конуса представляет собой плоскую фигуру, состоящую из кругового сектора и круга (рис. 60). Чтобы ее построить, проводим осевую линию и из точки, взятой на ней, как из центра, радиусом равным образующей конуса, очерчивают дугу

окружности. В данном примере образующая, подсчитанная по теореме Пифагора, равна приблизительно 38 мм ($L = \sqrt{15^2 + 35^2} = \sqrt{1450} \approx 38$ мм).

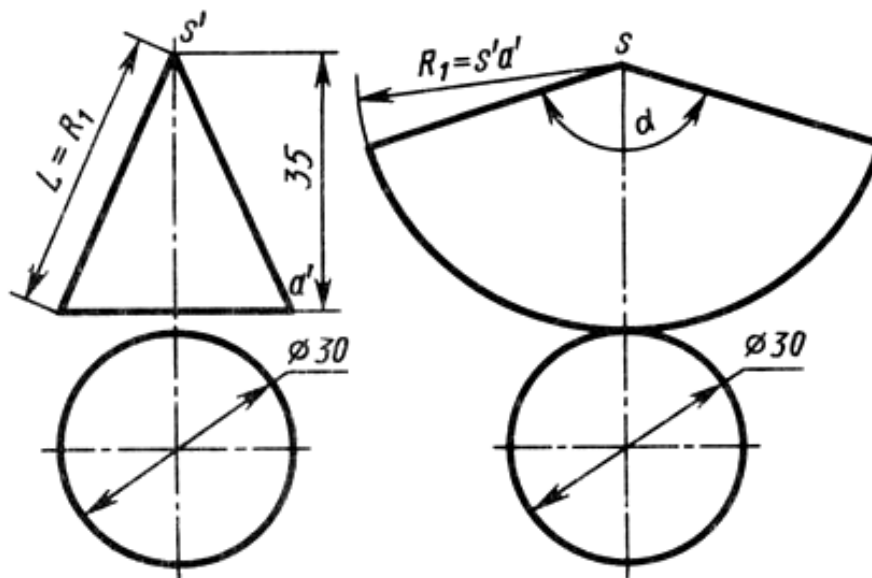


Рисунок 60 - Развертка прямого конуса

$$\alpha = \frac{360^\circ R}{L},$$

Затем подсчитываем угол сектора по формуле: где R - радиус окружности основания конуса; L - длина образующей боковой поверхности конуса. В данном примере $\alpha = 360^\circ \times 15/38 \approx 142,2^\circ$. Этот угол строят симметрично относительно осевой линии с вершиной в точке S . К полученному сектору пристраиваем круг с центром на осевой линии и диаметром, равным диаметру основания конуса.

8). На рисунке 61 приведен еще один вариант построения развертки прямого кругового конуса. Для построения ее используем то, что очерковая образующая конуса на фронтальной плоскости изобразилась в натуральную величину. Выбрав положение вершины развертки - точку S , радиусом, равным величине образующей, проводим дугу и откладываем на ней 12 равных частей, на которые предварительно разделили окружность основания конуса, изображенного на горизонтальной плоскости проекции в натуральную величину. Чем на большее количество равных участков разделим окружность, тем точнее построим развертку.

Положение точки M на развертке поверхности конуса определим следующим образом: через фронтальную проекцию точки проведем образующую и построим горизонтальную ее проекцию. Найдем, что образующая пересекла основание конуса между точками 5 и 6. Точку K переносим на дугу развертки, расположив ее между точками 5 и 6, и соединим с вершиной конуса развертки S . Из проекции точки M_2 проведем горизонтальную линию до пересечения с очерковой образующей и получим новое положение фронтальной проекции точки M . Расстояние от основания конуса до этой проекции по образующей является высотой точки - h , которую откладываем на развертке от точки K на линии KS - это истинное положение точки M на развертке. Таким образом, развертку конической поверхности построим с помощью соседних точек окружности основания, в которую мысленно вписан правильный двенадцатиугольник. Коническая поверхность условно заменена поверхностью, а именно, правильной двенадцатиугольной пирамидой, а для построения развертки применен способ триангуляции.

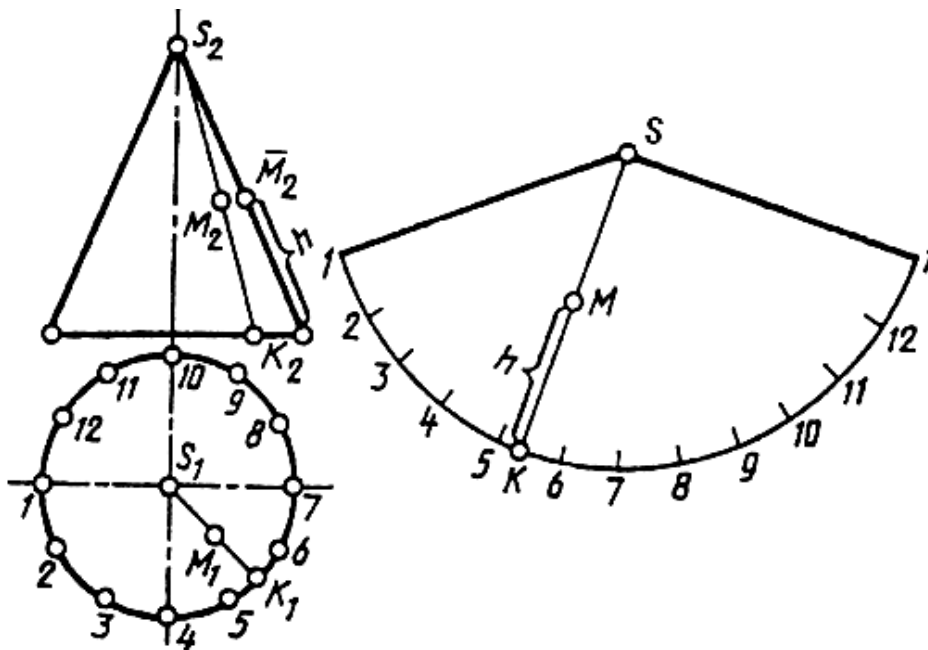


Рисунок 61 - *Нахождение точки на развертке конуса*

9). Построение развертки прямого кругового цилиндра приведено на рисунке 62. Высота цилиндра - H , на фронтальную плоскость проекций Π_2 она проецируется в натуральную величину. Нижнее и верхнее основания параллельны горизонтальной плоскости проекций Π_1 и на нее проецируются в натуральную величину.

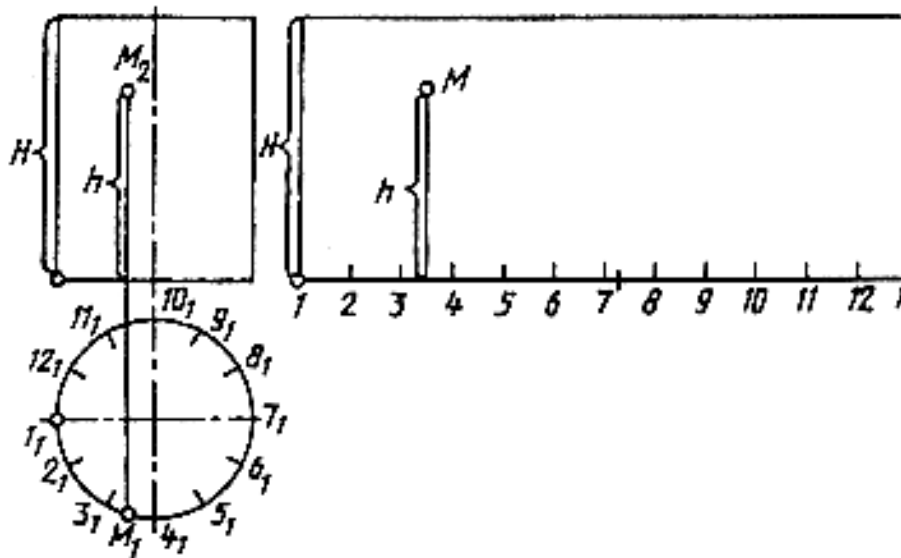


Рисунок 62 - Развертка цилиндра

В этом случае развертку цилиндрической поверхности строим с помощью хорд, соединяющих соседние точки деления окружности оснований, в который вписан правильный двенадцатиугольник. В этом случае цилиндрическая поверхность условно заменена поверхностью вписанной правильной двенадцатигранной призмы, и развертка цилиндрической поверхности построена способом триангуляции.

10). Шар (сфера) относится к геометрическим телам, поверхности которых не могут быть точно развернуты на плоскости без складок и разрывов. Приближенные развертки шара строят различными способами. Способ веретен основан на том, что поверхность шара заменяют поверхностью большого количества полос, суживающихся к полюсам и имеющих наибольшую ширину на экваторе (рис. 63а).

На чертеже поверхность шара разделена на 12 равных частей, одна из которых изображена. Как видно, она расположена симметрично относительно фронтального меридиана. Делим фронтальную проекцию полосы на равные части и определяем длину образующих в точках деления.

Очевидно, что длина образующих проецируется без искажения на плоскость Π_1 . Разворачиваем цилиндрическую полосу (рис. 63б), беря вертикальные размеры с фронтальной проекции шара, а горизонтальные 2_03_0 , 4_05_0 и 6_07_0 с горизонтальной проекции шара.

Аналогично строим нижнюю часть развертки. Полученные точки соединяем плавной кривой. Развертка шара по форме напоминает веретено.

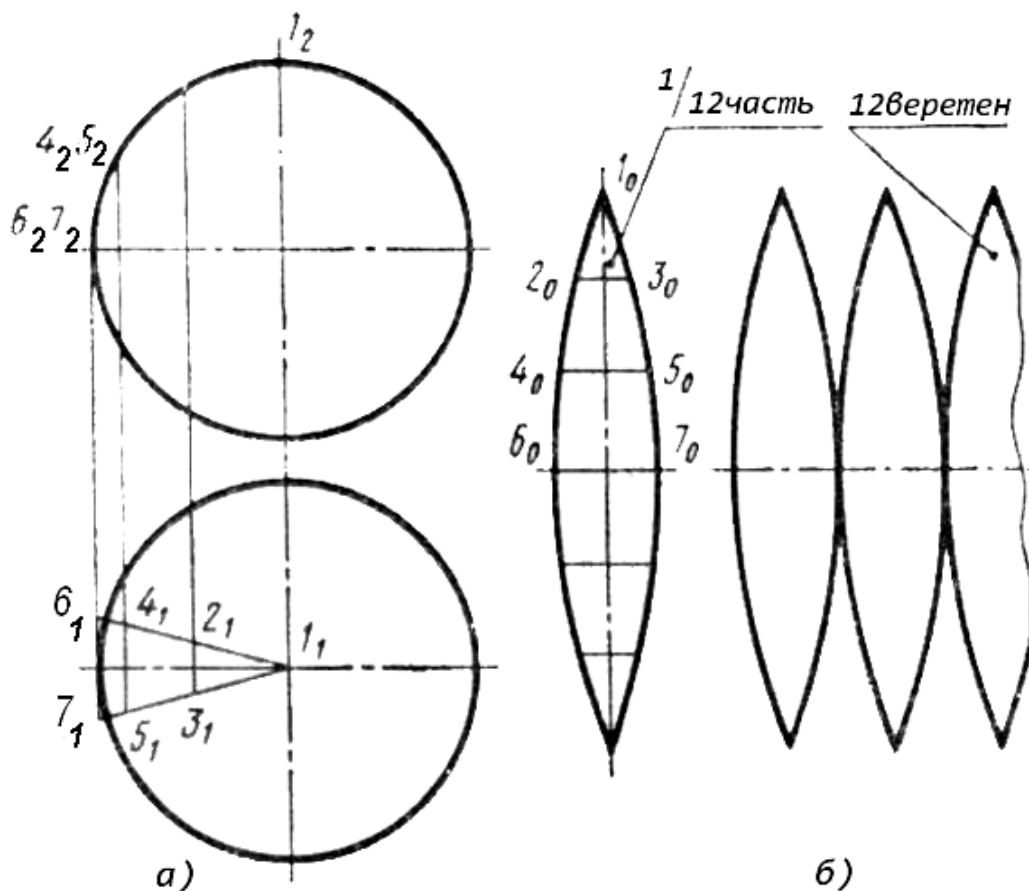


Рисунок 63 - Способ веретен

3.11. Задание на выполнение эпюра 4

Эпюр 4: 1). *Построение линии пересечения заданных поверхностей.*
2). *Выполнение развертки одной из поверхностей с обязательным нанесением линии пересечения.* Варианты заданий размещены на страницах 72 и 73. Пример выполнения задания приведен на рисунке 64.

3.12. Рекомендации к выполнению эпюра 4

Секущие плоскости для нахождения линии пересечения необходимо выбирать так, чтобы обе поверхности пересекались по наиболее простым линиям - окружностям или образующим. На чертеже должны быть сохранены все линии построения, следы вспомогательных плоскостей, обозначены все точки. Проекция линии пересечения лучше обвести линиями красного цвета с учетом видимости.

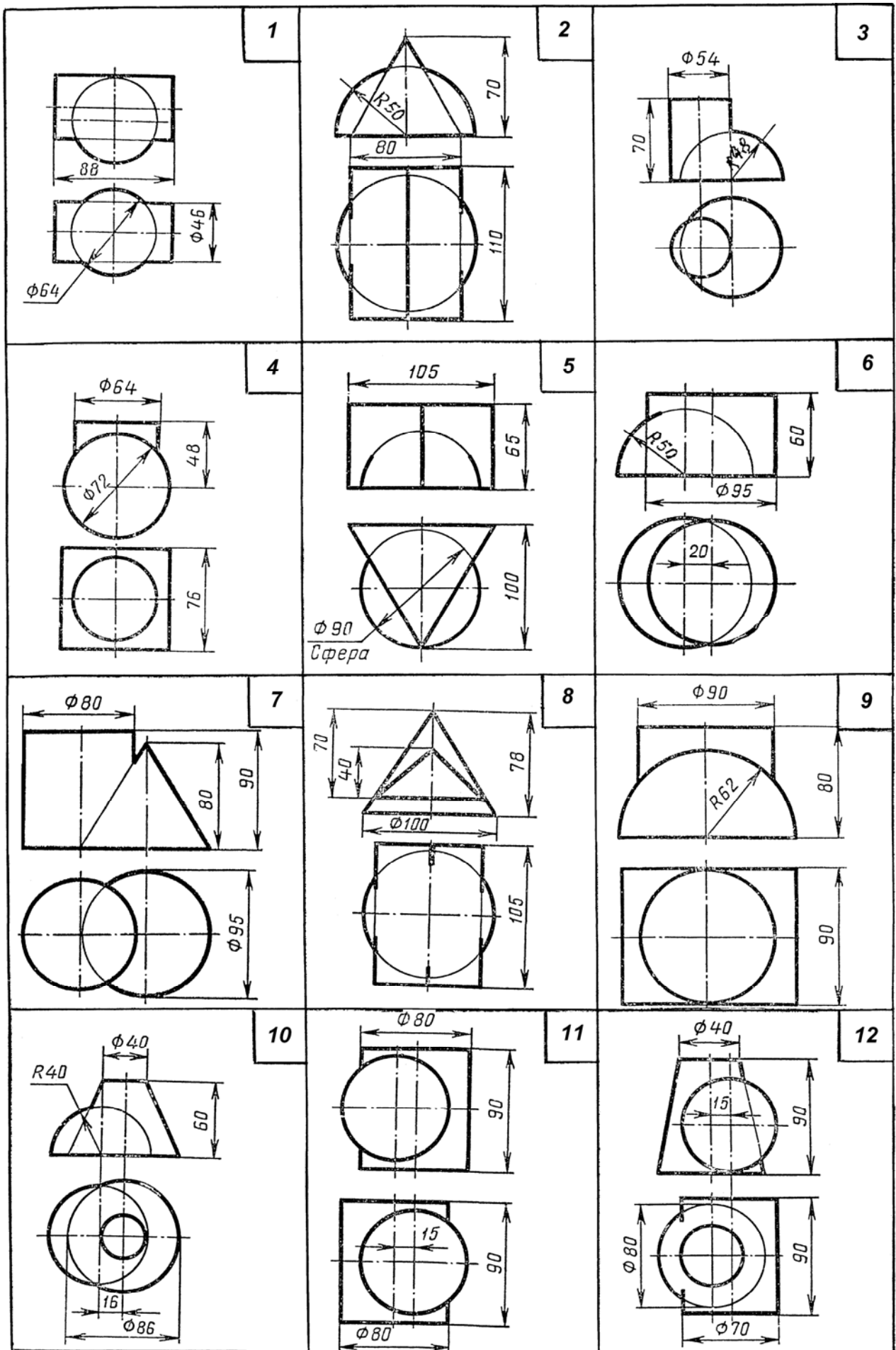
Разверткой конуса вращения является круговой сектор с углом $\varphi = \frac{R}{l} \cdot 360^\circ$, где R - радиус основания конуса, l - длина образующей. На развертке строят прямолинейные образующие или параллели, проходящие через характерные точки линии пересечения. Построенные точки соединяют плавной линией красным цветом.

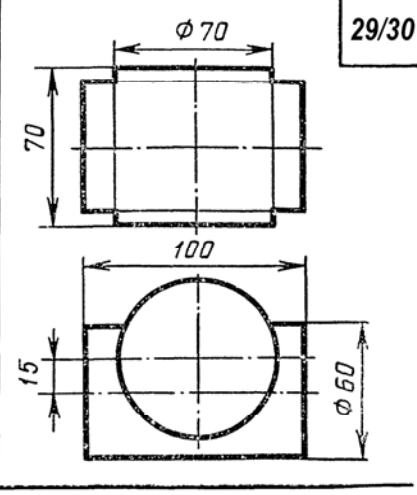
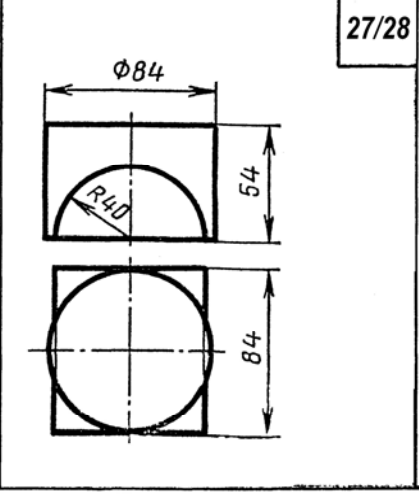
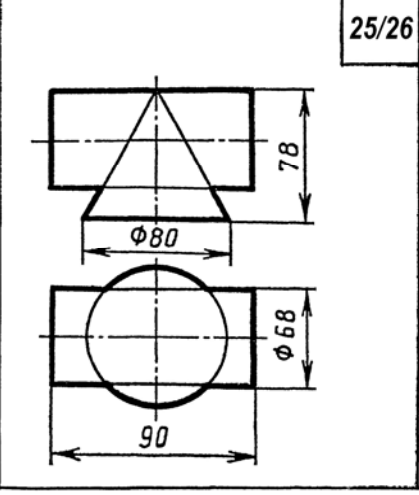
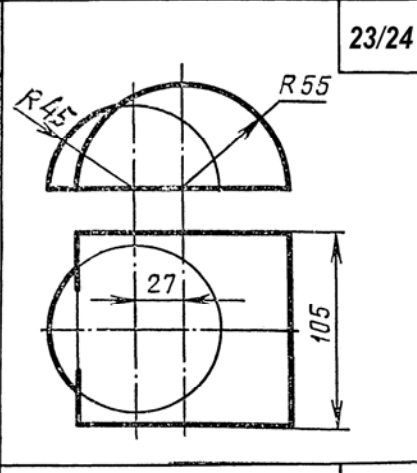
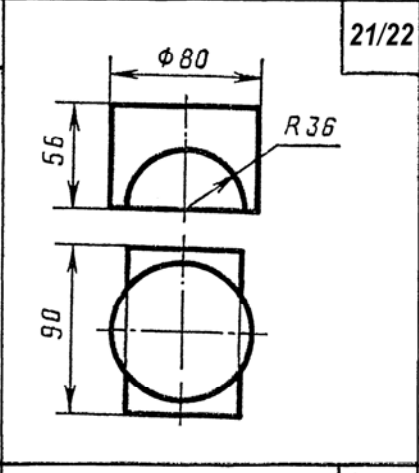
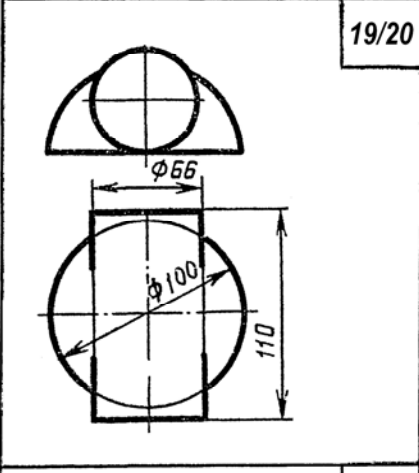
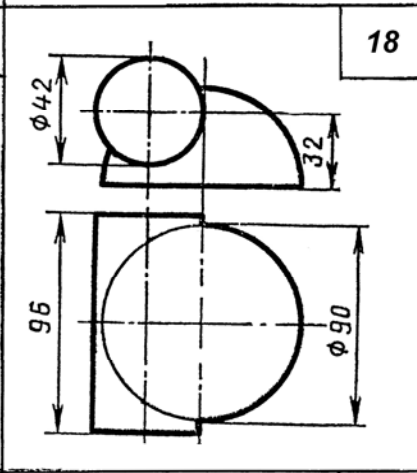
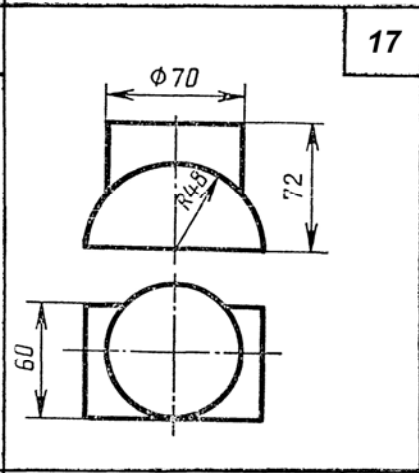
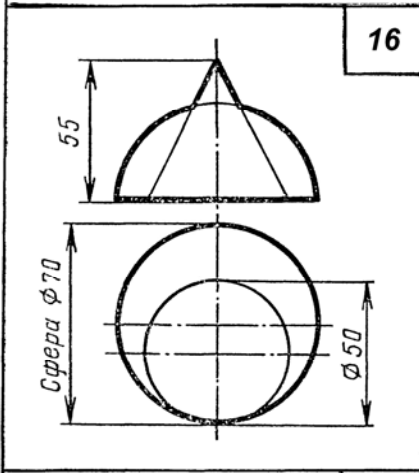
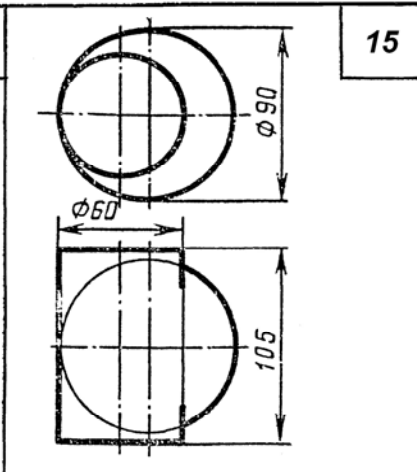
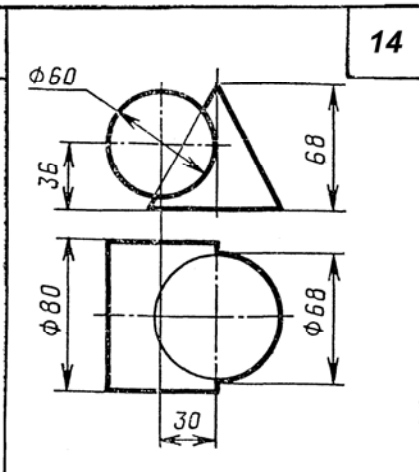
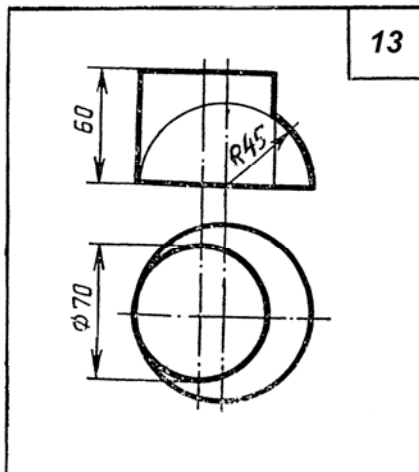
При построении развертки цилиндра проводят горизонтальную линию длиной $2\pi R$, где R - радиус основания цилиндра. Строят развертку боковой поверхности, где отмечают прямолинейные образующие, проходящие через характерные точки линии пересечения, которые соединяют плавной кривой линией.

Для полной развертки в обоих случаях к боковой поверхности пристраивают основание.

Формат чертежа А3.

Масштаб эпюра 1:1.





4. Вопросы для самопроверки усвоения учебного материала

К этюру 1:

1. Повторите наименования плоскостей проекций, координатных осей, линий связи.
2. Покажите построение точек в трёх проекциях.
3. Какие точки называют точками общего, а какие частного положения?
4. Каким образом можно задать прямую линию на чертеже?
5. Укажите частные положения отрезков прямых линий.
6. Какие прямые называют линиями уровня, проецирующими прямыми?
7. Как выглядит проекция прямого угла в общем случае?
8. При каких условиях прямой угол проецируется в натуральную величину?
9. Перечислите и покажите способы задания плоскости на эюре.
10. Дайте определение плоскостям общего и частного положения.
11. Поясните особенности проецирующих плоскостей.
12. Как определяется принадлежность прямой линии и точки данной плоскости?
13. Покажите способы построения проекций горизонтали и фронтали на плоскости общего положения.
14. Какое положение могут занимать прямая линия и плоскость или две плоскости относительно друг друга?
15. Какое условие определяет взаимную перпендикулярность двух плоскостей?
16. Укажите последовательность построения линии пересечения двух плоскостей общего положения.
17. Чем отличается определение линии пересечения плоскостей, если одна из них проецирующая?
18. Как определяют видимость элементов геометрических объектов?

К эюру 2:

19. Как на чертеже определить истинное расстояние от точки до прямой линии?
20. Каким образом можно на эюре определить действительное расстояние от точки до проецирующей плоскости или до плоскости общего положения?
21. В чём заключается принцип преобразования чертежа способом замены плоскостей проекций?
22. Что определяет положение новой плоскости проекций при планируемых преобразованиях эюра?
23. Какова последовательность решения задач по определению натуральных величин геометрических объектов, углов их наклона и расстояний при использовании способа замены плоскостей проекций?
24. В чем сущность метрических задач?

К эюру 3:

25. Какое определение даётся поверхности?
26. Каким образом можно задать поверхность на эюре? Назовите многогранники и их определители.
27. Перечислите кривые поверхности и способы их задания на чертеже.
28. Укажите основные свойства поверхностей вращения.
29. Каким образом можно убедиться в принадлежности точки или линии изображенной на эюре поверхности?
30. Сформулируйте общий алгоритм определения точек линии пересечения поверхности плоскостью.
31. Какие точки линии пересечения поверхности плоскостью называют характерными (главными, опорными)?
32. Изложите сущность способов построения линии пересечения многогранника плоскостью, поверхности вращения плоскостью.

33. Укажите условия, при которых в сечении конуса вращения плоскостью получается окружность, эллипс, гипербола, парабола, пересекающиеся прямые.
34. Сформулируйте алгоритм определения точек пересечения прямой линии с поверхностью.
35. Перечислите последовательность графических построений при определении точек пересечения прямой линии с многогранными и кривыми поверхностями.
36. Как определить натуральную величину сечений поверхности плоскостью?

К этюру 4:

37. Что называется разверткой геометрического тела?
38. Какие развертки знаете?
39. Как построить развертку прямого кругового цилиндра и конуса?
40. Что называется линией пересечения двух поверхностей?
41. Основной способ построения линии пересечения поверхностей.
42. Особые случаи пересечения поверхностей.
43. Какие выбираются вспомогательные секущие плоскости для многогранников и сфер?
44. Алгоритм построения линии пересечения поверхностей.
45. Как определяется видимость линии пересечения и поверхностей на плоскостях проекций?
46. Что представляет собой линия пересечения многогранников в общем случае?
47. Какие точки линии пересечения двух поверхностей называют характерными?
48. Что такое точка перехода видимости?

Примечание: Желательно прилагать «черновики» к контрольной работе.

5. Принятые графические обозначения и символы

Точки обозначаются прописными буквами латинского алфавита: А, В, С, D, ...

Вспомогательные точки обозначают арабскими цифрами: 1, 2, 3...

Линии (прямые и кривые) - строчные буквы латинского алфавита: a, b, c, d, ...

Прямые, имеющие специальные обозначения: горизонталь - Н, фронталь - F.

Углы в пространстве - строчные буквы греческого алфавита: α , β , γ , ...

Плоскости и поверхности в пространстве - прописные буквы греческого алфавита: Δ , Σ , Ψ , ...

Плоскости проекций:

- горизонтальная плоскость проекций - $\Pi_1 (\pi_1)$,

- фронтальная плоскость проекций - $\Pi_2 (\pi_2)$,

- профильная плоскость проекций - $\Pi_3 (\pi_3)$.

Дополнительные плоскости проекций: $\Pi_4 (\pi_4)$, $\Pi_5 (\pi_5)$, $\Pi_6 (\pi_6)$...

Проекции точек, прямых и плоскостей: на Π_1 - A_1, d_1, Ψ_1, \dots , на Π_2 - A_2, d_2, Ψ_2 .

Следы плоскости: горизонтальный след плоскости Σ - Σ_1 , фронтальный след плоскости Σ - Σ_2 .

Способ задания геометрической фигуры:

$m (AB)$ - прямая m задана ее точками А и В (отрезком),

$\Omega (c \cap d)$ - плоскость Ω задана пересекающимися прямыми c и d ,

$\Sigma (\Sigma_1, \Sigma_2)$ - плоскость Σ задана своими следами.

Символы:

\parallel - параллельность;

\perp - перпендикулярность;

\cap - пересечение;

Δ - треугольник;

\sphericalangle - прямой угол.

6. Словарь графических терминов

Геометрическая фигура - любое множество точек. К фигурам относится точка (множество, состоящее из одного элемента), прямая либо кривая линия, плоскость, поверхность, тело.

Горизонталь (горизонтальная прямая уровня) параллельна плоскости Π_1 .

Гранная поверхность образуется перемещением прямолинейной образующей l по ломаной направляющей m .

Конкурирующие точки - точки, проекционно-совпадающие на одной из плоскостей проекций. *Горизонтально-конкурирующие точки* имеют совпадающие проекции на горизонтальной плоскости проекций; *фронтально-конкурирующие точки* имеют совпадающие проекции на фронтальной плоскости проекций.

Линия проекционной связи (линия связи) - линия, перпендикулярная к оси проекций. На линии связи расположена пара проекций точки.

Меридианы - это линии, которые получаются при сечении поверхности плоскостями, включающими ось. Меридиан, параллельный фронтальной плоскости проекций, называется *главным*.

Многогранник - замкнутая гранная поверхность, имеющая не менее 4-х граней (пирамида, призма, тетраэдр и т.д.).

Направляющая поверхности m определяет закон перемещения образующей l .

Образующая поверхности - линия l , перемещающаяся в пространстве при образовании поверхности.

Опорные точки - это крайние точки (верхняя, нижняя, левая, правая, дальняя, ближняя) и точки перехода видимости.

Определитель - это совокупность геометрических элементов и условий, необходимых и достаточных для однозначного задания поверхности в пространстве и на чертеже.

Ортогональное (прямоугольное) проецирование - проецирование параллельными лучами из бесконечности под прямым углом к плоскости проекций.

Ось проекций - линия пересечения плоскостей проекций. Ось X_{12} разделяет плоскости Π_1 и Π_2 , ось Y_{13} разделяет плоскости Π_1 и Π_3 , ось Z_{23} разделяет плоскости Π_2 и Π_3 . Иногда ось проекций на чертеже не проводят, но ее расположение всегда известно. Так, ось X_{12} всегда горизонтальна.

Очерковая линия - это проекция контура на плоскости проекций.

Параллель - это окружность, по которой перемещаются точки образующей в процессе ее вращения.

Плоскость общего положения - плоскость, не параллельная и не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций.

Плоскость уровня - плоскость, параллельная одной из плоскостей проекций. Такие плоскости являются дважды проецирующими, так как на двух плоскостях проекций имеют вид прямой, расположенной под прямым углом к линиям связи.

Поверхность вращения образуется вращением образующей l вокруг оси вращения i .

Проецирующая прямая - прямая, перпендикулярная одной из плоскостей проекций. Например, фронтально-проецирующая прямая перпендикулярна фронтальной плоскости проекций Π_2 . На эту плоскость прямая спроецируется в виде точки.

Проецирующая плоскость - плоскость, перпендикулярная одной из плоскостей проекций. На комплексном чертеже имеет проекцию, вырожденную в прямую линию именно на той плоскости проекций, которой данная плоскость перпендикулярна. Так, горизонтально-проецирующая плоскость имеет проекцию в виде прямой на Π_1 .

Прямая общего положения - прямая, не параллельная и не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций.

Прямая уровня - прямая, параллельная одной из плоскостей проекций.

Фронталь параллельна плоскости P_2 .

Экватор - это наибольшая параллель.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Чекмарев, А.А. Инженерная графика : учебник для немаш. спец. вузов / А.А. Чекмарев. - М. : Высш. шк., 2000.
2. Локтев, О.В. Краткий курс начертательной геометрии / О.В. Локтев. - М. : Высш. шк., 2001.
3. Начертательная геометрия. Инженерная и машинная графика / А.А. Чекмарев [и др.]. - М. : Высш. шк., 2001.
4. Лагерь, А.И. Инженерная графика : учебник / А.И. Лагерь. - 2-е изд. перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2002.
5. Крылов, Н.Н. Начертательная геометрия / Н.Н. Крылов [и др.] - М., 2003.
6. Начертательная геометрия : учебник для вузов / Н.Н. Крылов [и др.] ; под ред. Н.Н. Крылова. - 7-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2006.

8. Список используемых источников

1. Подоплелов, Е.В. Методические указания и контрольные задания по инженерной графике / Е.В. Подоплелов, Н.А. Устюгова, Н.В. Лукьянова. – Ангарск : АГТА, 2008 - 50 с.
2. Ляшков, А.А. Начертательная геометрия : конспект лекций / А.А. Ляшков, Л.К.Куликов, К.Л. Панчук. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2005. - 108 с.
3. Хрусталева, Т.В. Начертательная геометрия : учебное пособие / Т.В. Хрусталева. - Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2003. - 122 с.
4. Грачев, Е.В. Задания на контрольную работу № 1 : методические указания и контрольные вопросы по курсу «Начертательная геометрия» / Е.В. Грачев [и др.] - СПб. : Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2008. - 24 с.
5. Лексаченко, Т.А. Начертательная геометрия : методические указания по решению задач с условиями задач / Т.А. Лексаченко. - СПб. : Санкт-Петербург, 2005.
6. <http://www.eng-drawing.ru.htm>.
7. <http://kernel.alfaspace.net/drawing>.
8. http://www.tepka.ru/uroki_cherchenija.
9. <http://1f4.ru/CAD/Book.MakingTheDrawings.htm>.
10. <http://risovatlegko.ru/cherchenie/uroki>.
11. <http://termexn.ru/bilsher>.
12. <http://nachertilo.ru>.
13. <http://big-wap.net/samoushiteli/ingener/MakingTheDrawings>.
14. <http://zdos.ru/nauka/geometriya>.
15. <http://dic.academic.ru/searchall>.
16. <http://rudocs.exdat.com/docs/index>.
17. <http://polynsky.com.kg/proecirovanie/intersection>.
18. <http://www.computerbooks.ru/books/CAD>.
19. <http://pedagogic.ru/books/item>.

Содержание

Введение	3
1. Выполнение контрольных работ	3
2. Основные правила оформления чертежей.....	5
2.1. Форматы. Основная надпись.....	5
2.2. Масштаб чертежа	7
2.3. Линии чертежа по ГОСТ 2.303 - 68.....	8
2.4. Шрифты по ГОСТ 2.304 - 81	10
3. Контрольные работы по начертательной геометрии.....	12
3.1. Теоретические положения к выполнению эсюра 1	12
3.1.1. Задание на чертеже точки, прямой, плоскости	12
3.1.2. Принадлежность и взаимное расположение точек, прямых, плоскостей.....	18
3.2. Задание на выполнение эсюра 1	22
3.3. Рекомендации к выполнению эсюра 1.....	22
3.4. Теоретические положения к выполнению эсюра 2	25
3.5. Задание к выполнению эсюра 2.....	30
3.6. Рекомендации к выполнению эсюра 2.....	30
3.7. Теоретические положения к выполнению эсюра 2	33
3.7.1. Поверхности гранные и вращения	33
3.7.2. Взаимное расположение точек, прямых, плоскостей и поверхностей	35
3.8. Задание к выполнению эсюра 3	40
3.9. Рекомендации к выполнению эсюра 3.....	40
3.10. Теоретические положения к выполнению эсюра 4	44
3.10.1. Взаимное пересечение поверхностей.....	44
3.10.2. Развертка поверхностей.....	61
3.11. Задание на выполнение эсюра 4.....	70
3.12. Рекомендации к выполнению эсюра 4.....	70
4. Вопросы для самопроверки усвоения учебного материала.....	74

5. Принятые графические обозначения и символы	77
6. Словарь графических терминов.....	78
7. Список рекомендуемой литературы.....	80
8. Список используемых источников.....	81

Учебное издание

Маркова О.А.
кандидат педагогических наук

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

ЧАСТЬ I

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 21.11.2012
Подписано в печать 11.12.2012.
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 5,25. Тираж 100.
Заказ №60.

НХТИ (филиал) ФГОУ ВПО «КНИТУ»,
г. Нижнекамск, 423570, ул.30 лет Победы, д.5а.