



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

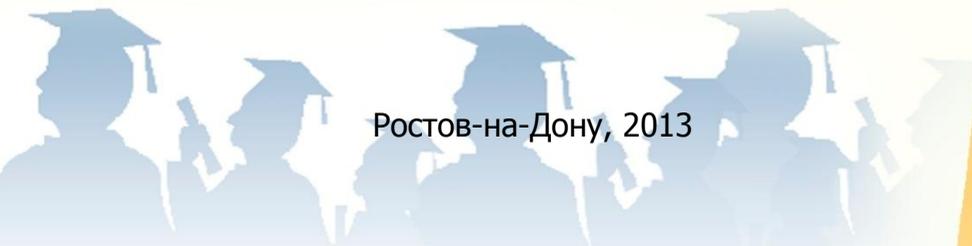
Кафедра «Естественные науки»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ И ПРЕДМЕТОВ

Учебное пособие для иностранных студентов
предвузовской подготовки

Составитель:
Калашникова С.Б.

Ростов-на-Дону, 2013





Аннотация

Учебное пособие содержит краткий и адаптированный теоретический материал, контрольные вопросы, графические и тестовые задания по основным правилам, приемам и методам проецирования геометрических тел и предметов, что предусмотрено рабочей программой по инженерной графике для технического профиля предвузовской подготовки иностранных студентов.

Предназначено для самостоятельной работы студентов.

Составитель



канд. пед. наук, доц.
С.Б. Калашникова





Оглавление

Предисловие	4
ГЛАВА 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ	5
1.1. Образование поверхностей.....	5
1.1.1. Призматическая поверхность.....	5
1.1.2. Пирамидальная поверхность.....	6
1.1.3. Цилиндрическая поверхность	7
1.1.4. Коническая поверхность	8
1.1.5. Шаровая (сферическая) поверхность	9
ГЛАВА 2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА	11
2.1. Многогранники	11
2.1.1. Построение ортогональных проекций многогранников	13
2.1.2. Построение аксонометрии многогранников	16
2.1.3. Точки на поверхности многогранников	19
2.1.4. Сечение многогранников плоскостью	25
2.2. Криволинейные тела (тела вращения).....	32
2.2.1. Построение ортогональных проекций тел вращения.....	34
2.2.3. Точки и линии на поверхности тел вращения	41
2.2.4. Сечение тел вращения плоскостью.....	47
ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДМЕТОВ	55
3.1. Анализ формы предметов	55
3.2. Построение ортогональных проекций предметов.....	56
3.3. Аксонометрические проекции предметов.....	62
3.3.1 Способы построения аксонометрических проекций моделей.....	63
Послесловие	72
Список использованной литературы	73



ПРЕДИСЛОВИЕ

Пособие подготовлено в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Инженерная графика» для иностранных студентов, обучающихся по программе предвузовской подготовки, и в соответствии с Требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников факультетов и отделений предвузовского обучения иностранных граждан (отраслевого стандарта).

Пособие включает три главы. В первой главе «Проецирование геометрических тел» рассмотрены принципы образования простейших поверхностей. Во второй - «Геометрические тела» описывает образование геометрических тел (многогранников и тел вращения), построение их аксонометрических проекций, определение положения точек и линий на поверхностях тел, сечение тел плоскостью. В третьей главе «Проецирование предметов» показаны процессы анализа формы предметов, построения их ортогональных проекций, аксонометрии и выполнения чертежа.

Пособие обеспечивает основополагающие темы раздела «Основы начертательной геометрии и проекционное черчение» и является важным компонентом учебно-методического комплекса дисциплины «Инженерная графика».

Каждая часть пособия структурирована и содержит: теоретический материал, максимально адаптированный в соответствии с требованиями и лексико-грамматическими моделями научного стиля речи; большое количество иллюстраций; структурно-логическую схему, которая способствует одномоментному восприятию учебного материала темы; задания для самостоятельной работы студентов, а именно: ответы на вопросы, выполнение графических построений и тестовых заданий.



ГЛАВА 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

1.1. Образование поверхностей

Поверхность может быть образована движением прямой или кривой линии в пространстве по определённому закону и представлена как множество последовательных их положений.

Линия, которая при своём движении образует поверхность, называется *образующей*. Образующая может быть прямой линией, тогда поверхность называется *линейчатой*. Поверхности, у которых образующие не могут быть прямыми линиями, называются *нелинейчатыми*, например, сфера.

Поверхность, которая образована перемещением (скольжением) образующей по некоторой линии или линиям, называется поверхностью *скольжения*, а линии называются направляющими.

Поверхность, которая получена вращением образующей вокруг оси, называется поверхностью *вращения*.

Рассмотрим образование различных поверхностей на примерах.

1.1.1. Призматическая поверхность

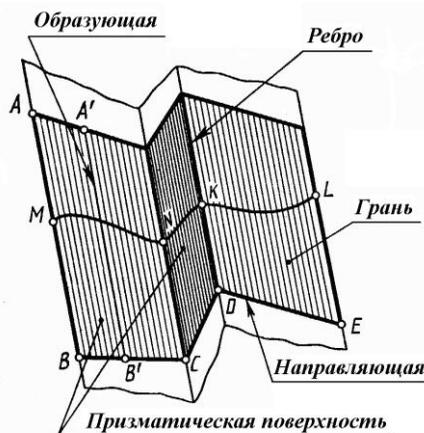


Рис.1. 1. Образование призматической поверхности

На рисунке 1.1 даны прямая AB - *образующая* и ломаная линия BCDE - *направляющая*. Прямая AB движется по ломаной BCDE



Инженерная графика

и образует *призматическую поверхность*. При этом направляющей может быть не только ломаная, но и любая кривая линия, которая лежит на призматической поверхности, например, кривая MNKL. Плоские части призматической поверхности называются *гранями* (например, грань KLED). Грани пересекаются между собой по прямым линиям, которые называются *рёбрами* (например, MB, NC, KD, LE). Так как прямая линия АВ бесконечна, то поверхность, которая образована перемещением прямой линии, также бесконечна и её продолжение показано на чертеже сплошными тонкими линиями.

1.1.2. Пирамидальная поверхность

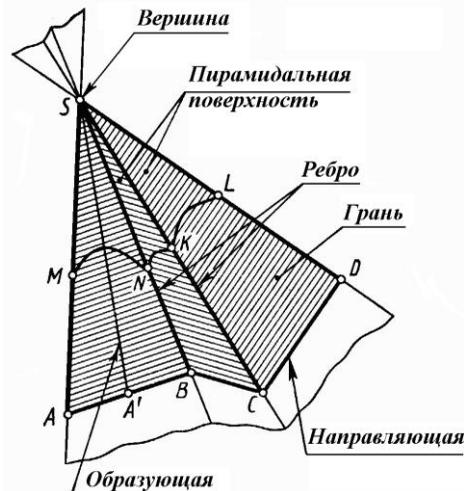


Рис.1.2. образование пирамидальной поверхности

На рисунке 1.2 даны неподвижная точка S и ломаная линия ABCD. Прямая SA' (образующая) движется по ломаной ABCD (направляющей), постоянно проходит через неподвижную точку S и образует пирамидальную поверхность. Точка S называется *вершиной* пирамидальной поверхности, части плоскостей ASB, BSC, CSD называются *гранями*, линии пересечения граней SA, SB, SC, SD называются *рёбрами*.

Призматическая и пирамидальная поверхности образованы частями пересекающихся плоскостей и называются *гранными поверхностями*.



1.1.3. Цилиндрическая поверхность

Цилиндрическая поверхность образуется аналогично призматической поверхности, только направляющая не ломаная линия, а кривая линия. На рисунке 1.3 дана образующая прямая АВ, которая движется по направляющей кривой ВСD и образует *цилиндрическую поверхность*.

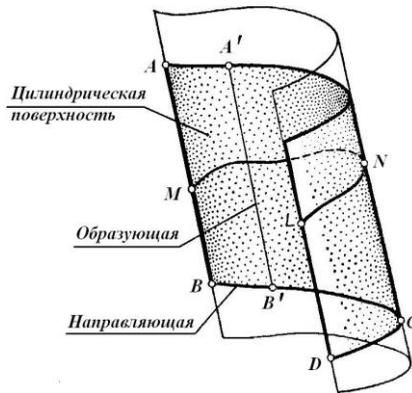


Рис. 1.3. Образование цилиндрической поверхности

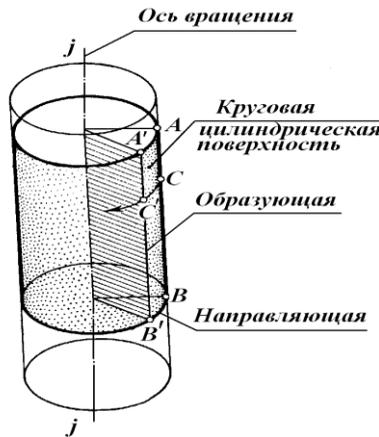


Рис. 1.4. Образование прямой круговой цилиндрической поверхности



На рисунке 1.4 показано получение прямой круговой цилиндрической поверхности. Образующая прямая АВ вращается вокруг неподвижной оси $j - j$. При вращении любая точка образующей АВ, например, точка С, опишет окружность, которая лежит в плоскости, перпендикулярной оси $j - j$. В результате образуется *прямая круговая цилиндрическая поверхность*.

1.1.4. Коническая поверхность

Коническая поверхность образуется аналогично пирамидальной поверхности, только направляющая не ломаная линия, а кривая линия. На рисунке 1.5 дана образующая – прямая SA, которая движется по направляющей кривой ABCD. При своем движении прямая SA' постоянно проходит через неподвижную точку S, которая называется вершиной, и образует *коническую поверхность*.

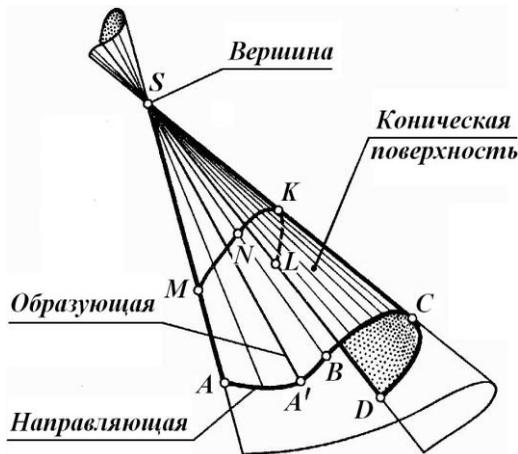


Рис. 1.5. Образование конической поверхности

На рисунке 1.6 показано получение прямой круговой конической поверхности. Такую поверхность можно получить, если образующую – прямую SA', вращать вокруг неподвижной оси $j - j$, которая пересекается с образующей в точке S. При вращении любая точка на образующей SA, например, точка В опишет окружность, которая лежит в плоскости, перпендикулярной оси $j - j$. В результате такого вращения образуется *прямая круговая коническая поверхность*.

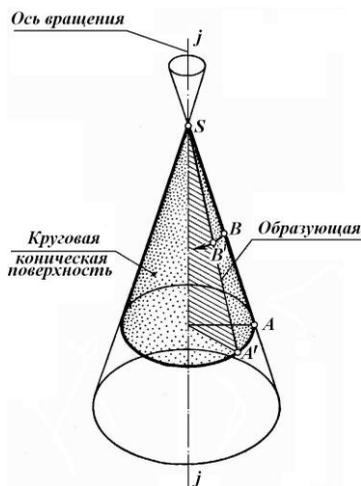


Рис.1.6. Образование прямой круговой конической поверхности

1.1.5. Шаровая (сферическая) поверхность

Шаровая (сферическая) поверхность (рис.1.7) образуется при вращении полуокружности ABC вокруг неподвижной оси $j-j$, которая проходит через диаметр полуокружности AC . При вращении полуокружности все её точки, например, точка B , опишут окружности, лежащие в плоскостях, перпендикулярных оси $j-j$. В результате такого вращения образуется поверхность, которая называется

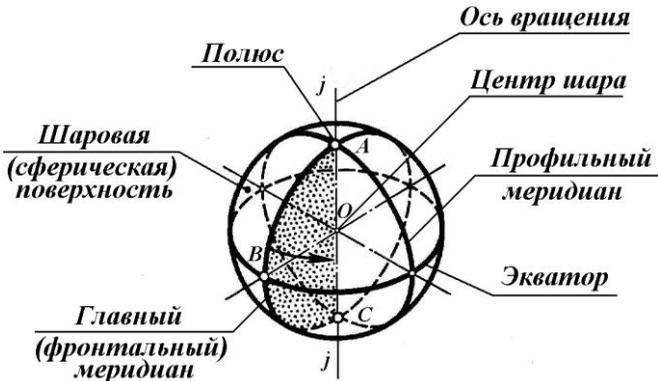


Рис. 1.7. Образование шаровой (сферической) поверхности
Выполните задания:

Задание 1. Прочитайте текст, выпишите в тетрадь новые слова и запомните определения.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Какие поверхности называются линейчатými?
2. Какие поверхности называются нелинейчатými?
3. Как образуются поверхности скольжения?
4. Как образуются поверхности вращения? Приведите примеры поверхностей вращения.



ГЛАВА 2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА

Часть пространства, ограниченная геометрическими поверхностями, называется *геометрическим телом*.

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

Все геометрические тела можно подразделить на две группы: и *криво*, включая тела вращения. На рис. 2.2 даны простейшие геометрические тела и показаны их элементы. Призма и пирамида являются многогранниками. Цилиндр, конус и шар относятся к телам вращения (см.рис. 2.18).

2.1. Многогранники

Геометрическое тело, ограниченное со всех сторон плоскостями, называется *многогранником* (рис. 2.1).

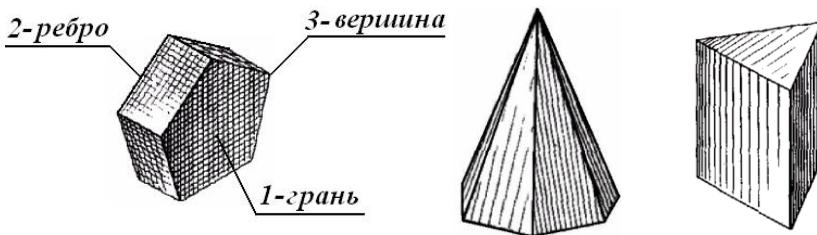


Рис.2.1. Многогранники

Плоские фигуры, ограничивающие многогранник, называются *гранями (1)*. Грани пересекаются между собой по прямым линиям, которые называются *ребрами (2)* многогранника. Ребра пересекаются в точках — *вершинах (3)* многогранника. В каждой вершине сходятся не менее трех ребер.

Многогранники различают в зависимости от формы и количества граней. Рассмотрим некоторые из многогранников, которые наиболее часто встречаются в технических чертежах.

—

а

л-

(рис. 2.2).

Можно сказать, что призма — многогранник, у которого две



Инженерная графика

грани (*верхнее и нижнее основания*) n -угольники, расположенные в параллельных плоскостях, а остальные n граней (боковые грани) - параллелограммы.

Призма может быть *прямой*, если боковые ребра перпендикулярны основанию, и *наклонной*, если ребра не перпендикулярны основанию (рис. 2.2).

Прямая призма называется *правильной*, если в основании у нее правильный многоугольник. В зависимости от количества сторон основания призмы бывают треугольные, четырехугольные и т. д.

Призма с основаниями в виде параллелограммов называется *параллелепипедом*. Параллелепипед также может быть прямой и наклонный. Прямой параллелепипед, у которого основаниями являются прямоугольники, называется *прямоугольным* (рис. 9).

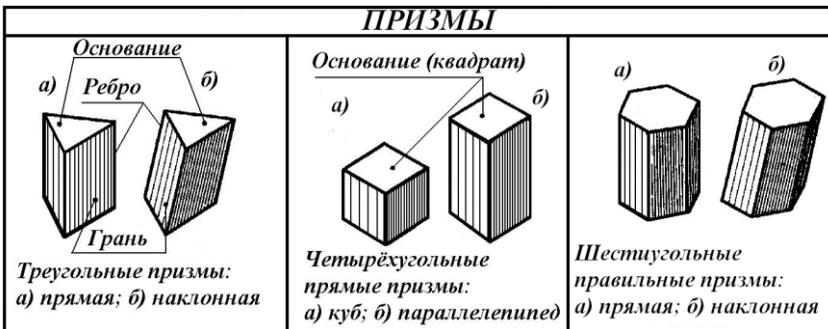


Рис. 2. 2. Виды призм

о

(рис. 2.3).

– это многогранник, у которого боковые грани представляют собой треугольники, имеющие общую вершину (рис.2.1, 12.3).

В основании у пирамиды — многоугольник. В зависимости от количества сторон основания пирамида называется трех-, четырех-, пятиугольной и т. д.

Пирамида называется *правильной*, если в основании ее — правильный многоугольник, а боковые грани — равнобедренные треугольники (рис. 2.3). У правильной пирамиды высота проходит через центр основания. В противном случае пирамида будет *неправильной*.

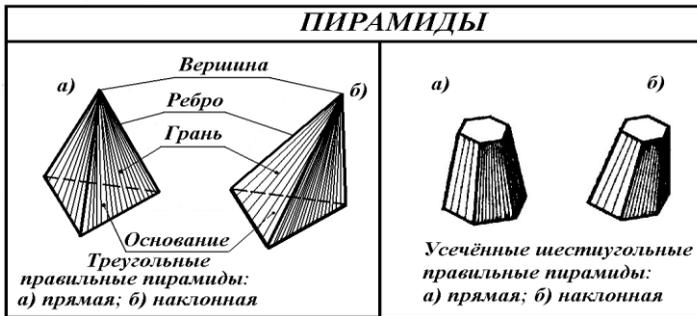


Рис.2.3. Виды пирамид

2.1.1. Построение ортогональных проекций многогранников

Геометрические тела располагают относительно плоскостей проекций так, чтобы их основные элементы (основания, грани, рёбра, оси) были параллельны или перпендикулярны плоскостям проекций. Тогда на одну из плоскостей проекций эти элементы будут проецироваться в натуральную величину.

На рис. 2.4 правильная прямая пятиугольная призма расположена относительно плоскостей проекций так, что её основания параллельны фронтальной плоскости проекций, а рёбра и оси перпендикулярны ей. Причем нижнее основание призмы лежит на фронтальной плоскости.

Рекомендуется построение проекций призмы начинать с оснований. В данном случае нижнее основание призмы – правильный пятиугольник (вершины 6, 7, 8, 9, 10) - принадлежит плоскости Π_2 , поэтому горизонтальная его проекция ($6_1, 7_1, 8_1, 9_1, 10_1$) расположена на оси OX , а профильная ($6_3, 7_3, 8_3, 9_3, 10_3$) – на оси OZ . Затем проводят проекции боковых ребер призмы, длина которых равна высоте призмы. Верхнее основание (вершины 1, 2, 3, 4, 5) параллельно нижнему и на плоскость Π_2 также проецируется в натуральную величину. Фронтальные проекции верхнего и нижнего оснований совпадают, так как призма расположена на фронтальной плоскости. Горизонтальные проекции верхнего основания ($1_1, 2_1, 3_1, 4_1, 5_1$) представляет прямую линию, параллельную оси OX . Профильная проекция верхнего основания ($1_3, 2_3, 3_3, 4_3, 5_3$) представляет прямую линию, параллельную оси OZ .

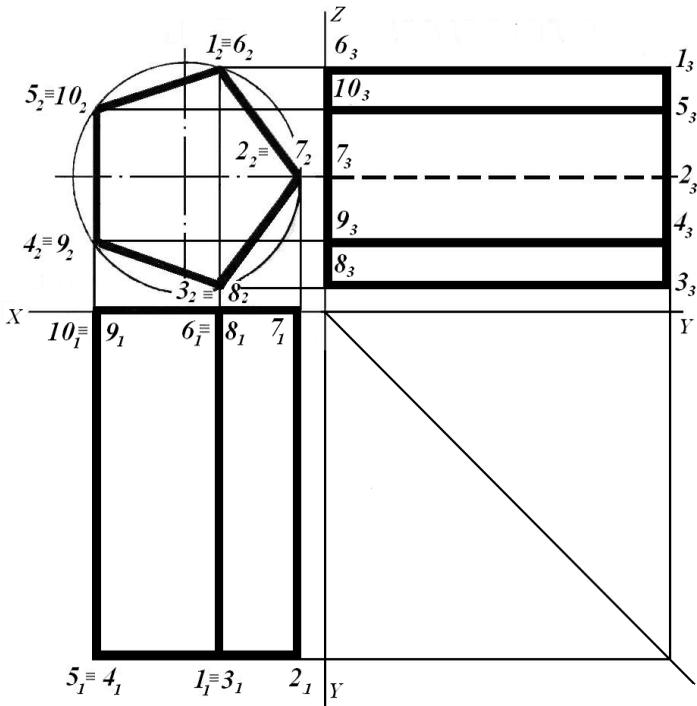


Рис. 2.4. Ортогональные проекции прямой правильной пятиугольной призмы

Аналогично строятся ортогональные проекции других многогранников. Например, эпюр прямой правильной шестиугольной пирамиды, основание которой принадлежит профильной плоскости проекций (рис. 2.5), начинают строить с проекций основания. Профильная проекция основания – правильный шестиугольник ($1_3, 2_3, 3_3, 4_3, 5_3, 6_3$) – принадлежит плоскости Π_3 , поэтому горизонтальная его проекция ($1_1, 2_1, 3_1, 4_1, 5_1, 6_1$) расположена на оси OY , а фронтальная ($1_2, 2_2, 3_2, 4_2, 5_2, 6_2$) – на оси OZ .

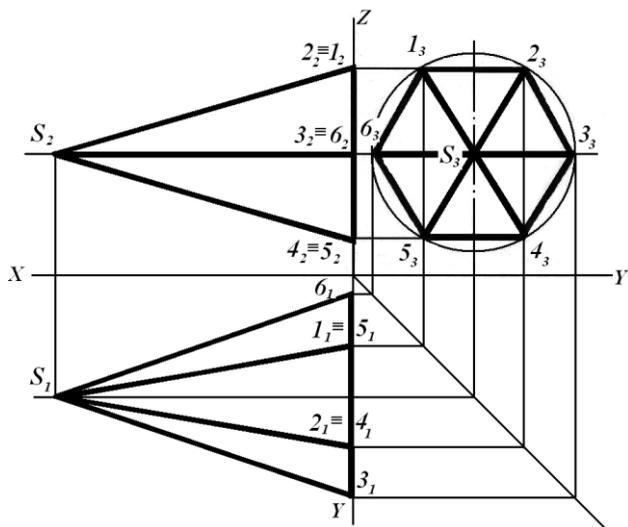


Рис.2.5. Ортогональные проекции прямой правильной шестиугольной пирамиды

Затем строят проекции вершины пирамиды S . Вершина S проецируется в центр шестиугольника, так как пирамида правильная и прямая. Расстояние от основания до фронтальной и горизонтальной проекций вершины равно высоте пирамиды.

Если мы соединим прямыми линиями проекции вершины пирамиды с одноименными проекциями вершин основания, то получим проекции боковых ребер.

При изображении на чертежах многогранников принято считать, что их грани непрозрачные и поэтому проекции отдельных ребер будут невидимы. Проекции невидимых ребер обводят штриховой линией (см. рис. 2.4).

При решении вопроса видимости принимается следующее взаимное расположение: глаз наблюдателя, проецируемые элементы, плоскость проекций. Отсюда следует, что из двух элементов, расположенных друг перед другом, видимым будет тот, который будет дальше от плоскости проекций и тем самым ближе к наблюдателю. Например, из двух точек 1 и 6 (см. рис. 2.4), расположенных на одном фронтально проецирующем луче, дальше от плоскости Π_2 будет точка 1 (ее горизонтальная проекция 1_1



расположена от оси x дальше, чем горизонтальная проекция b_1 точки b), поэтому на плоскости Π_2 будет видима фронтальная проекция 1_2 точки 1 .

Если сливаются горизонтальные проекции 1_1 и 3_1 двух точек 1 и 3 , расположенных на общем горизонтально проецирующем луче, то на рис. 11 видимой будет горизонтальная проекция 1_1 точки 1 , которая расположена выше точки 3 (фронтальная проекция 1_2 точки 1 расположена выше фронтальной проекции 3_2 точки 3).

Точки, которые принадлежат общему проецирующему лучу и закрывают одна другую, называются *конкурирующими*. Эти точки используют при определении видимости проекций ребер многогранников и других элементов геометрических тел.

2.1.2. Построение аксонометрии многогранников

На рисунках 2.6 и 2.7 показано построение аксонометрических проекций призмы и пирамиды. Построение аксонометрии многогранников удобно начинать с построения аксонометрии плоских фигур, которые принадлежат телу (оснований, граней).

При построении аксонометрических проекций геометрических тел систему осей координат нередко совмещают с соответствующими осями симметрии геометрических тел или с соответствующими ребрами многогранников. Применяют внутреннюю систему осей координат. Так, на рис.2.6 и 2.7 оси проведены через центры оснований.

Построение призмы (рис.2.6) начнем с построения аксонометрии нижнего основания - правильного пятиугольника, расположенного на фронтальной плоскости проекций. Аксонометрии вершин нижнего основания построены по двум координатам X и Z , которые отложены соответственно по осям x и z или параллельно им.

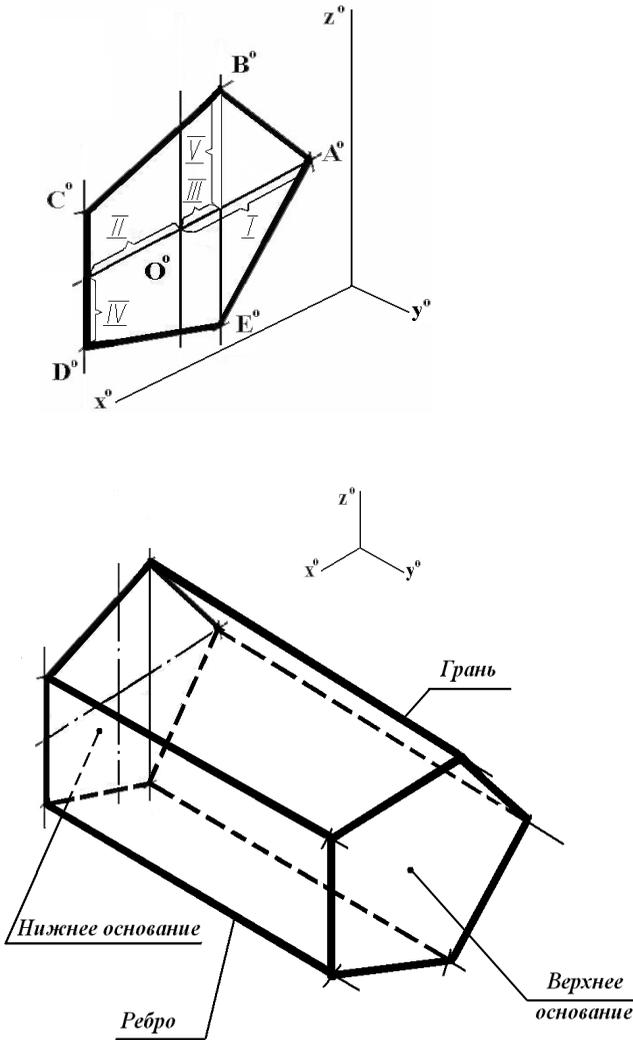


Рис.2.6. Аксонометрия призмы



Инженерная графика

Значение координат взято с ортогонального чертежа (см. рис. 2.4). Из вершин пятиугольника проведем прямые, параллельные оси y^o . На этих прямых отложим высоту призмы и получим аксонометрию вершин верхнего основания. Соединим вершины верхнего основания. Видимый контур призмы обведём сплошной основной линией, невидимый – штриховой.

Построение аксонометрии пирамиды (рис.2.7) заключается в построении аксонометрии основания - правильного шестиугольника, расположенного на профильной плоскости проекций, и вершины.

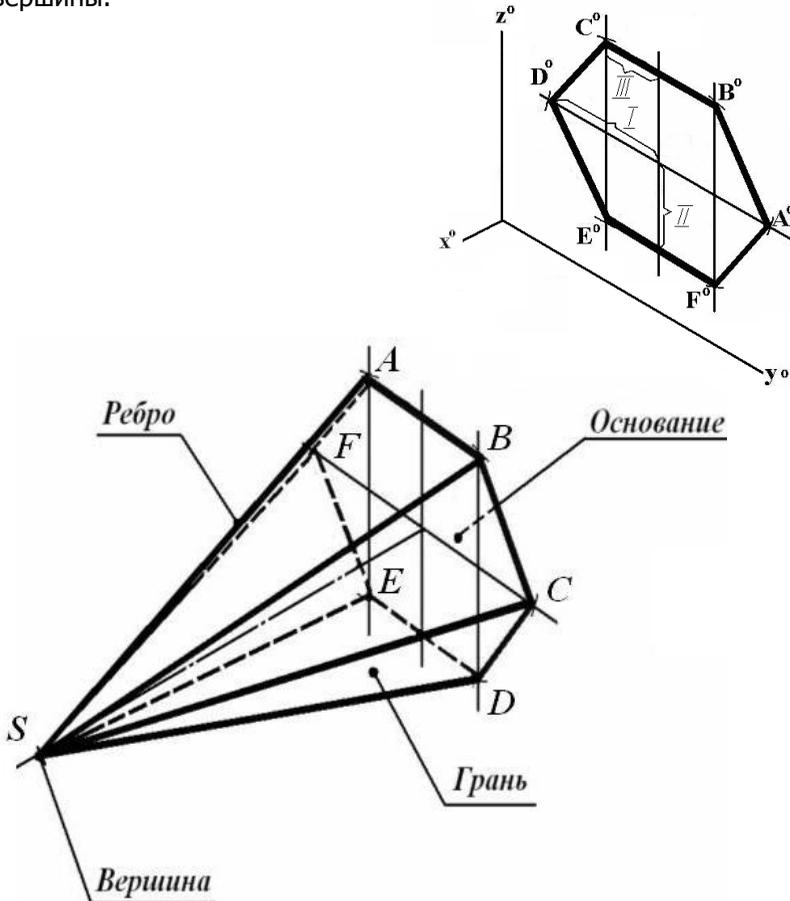


Рис. 2.7. Аксонометрия пирамиды

Аксонометрии вершин нижнего основания построены по двум координатам Y и Z , которые отложены соответственно по осям y и z



z или параллельно им. Значение координат взято с ортогонального чертежа (см. рис. 2.5). Из центра основания проведем прямую, параллельную аксонометрической оси x , отложим высоту пирамиды и отметим вершину - точку S . Вершины основания (точки A, B, C, D, E, F) соединяем прямыми линиями с точкой S . Видимый контур пирамиды обводим сплошной основной линией, невидимый – штриховой.

2.1.3. Точки на поверхности многогранников

На чертеже прямой правильной призмы (рис. 2.8) имеются точки L, M и N . Пусть точка L лежит на верхнем основании призмы. Она задана проекцией L_2 и является видимой (изображается без скобок), так как верхнее основание на плоскости Π_2 видимое. Необходимо построить горизонтальную L_1 и профильную L_3 проекции точки L . Верхнее основание призмы проецируется в отрезки на плоскости Π_1 и Π_3 в отрезки, параллельные осям x и z . Следовательно, проекции L_1 и L_3 должны лежать на этих отрезках.

Для построения горизонтальной проекции точки L из точки L_2 проведем линию связи, перпендикулярную оси x , до пересечения с горизонтальной проекцией верхнего основания и отметим точку L_1 . Проекция L_1 будет невидимой (изображается в скобках), так как она будет закрыта ребрами верхнего основания. Для построения профильной проекции точки L из точки L_2 проведем линию связи, перпендикулярную оси z , до пересечения с профильной проекцией верхнего основания и отметим точку L_3 . Проекция L_3 также будет невидимой (изображается в скобках), так как она будет закрыта ребрами основания.

Пусть точка M лежит на ребре призмы (4-9). Она задана проекцией M_3 и изображена без скобок (является видимой), так как ребро, на котором лежит точка M , на профильной плоскости проекций видимое. Надо построить горизонтальную M_1 и фронтальную M_2 проекции точки M .

Ребра прямой призмы являются проецирующими прямыми и проецируются на одну из плоскостей проекций в точку. В данном случае, ребро 4-9 проецируется на фронтальную проекцию в точку. Следовательно, точка M_2 будет совпадать с вершинами 4_2 и 9_2 . Точка M_2 изображается невидимой (в скобках), так как расположена между данными вершинами.

Для построения горизонтальной проекции точки M из точки M_3 проведем линию связи, перпендикулярную оси y , до пересече-



Инженерная графика

ния с ребром 4_19_1 и отметим точку M_1 . Проекция M_1 будет невидимой (изображается в скобках), так как ребро 4-9 на горизонтальной проекции закрыто ребром 5-10.

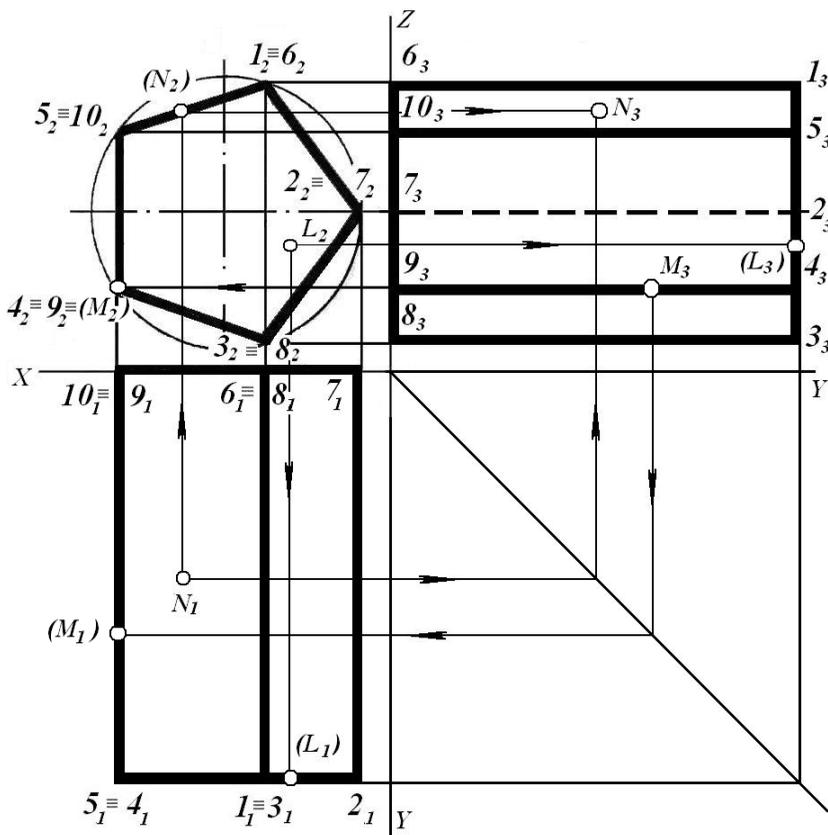


Рис. 2.8. Точки на поверхности призмы

Пусть точка N лежит на грани призмы. Она задана проекцией N_1 и изображена без скобок (является видимой), так как грань, на которой лежит точка N , на горизонтальной плоскости проекций видима. Требуется построить фронтальную N_2 и профильную N_3 проекции точки N .

Сначала построим фронтальную проекцию точки N . Грань, на которой лежит данная точка, перпендикулярна плоскости Π_2 и проецируется на плоскость Π_2 в отрезки 1_25_2 и 6_210_2 , которые совпадают. Следовательно, точка N_2 должна располагаться на них. Для построения фронтальной проекции из точки N_1 проведем линию связи, перпендикулярную оси x , до пересечения с отрезком



Инженерная графика

1_25_2 и отметим точку N_2 . Проекция N_2 будет невидимой (изображается в скобках), так как она будет закрыта ребром верхнего основания 1_25_2 . Точку N_3 найдем по двум известным проекциям N_1 и N_2 . На пересечении линий связи, проведенных от данных точек, отметим точку N_3 , которая будет видимой, так как грань $1_35_36_310_3$ является видимой.

На чертеже правильной прямой пирамиды (рис.2.9) имеются точки K и L . Точка L лежит на ребре $S3$ и задана профильной проекцией L_3 . Необходимо построить горизонтальную L_1 и фронтальную L_2 проекции точки L .

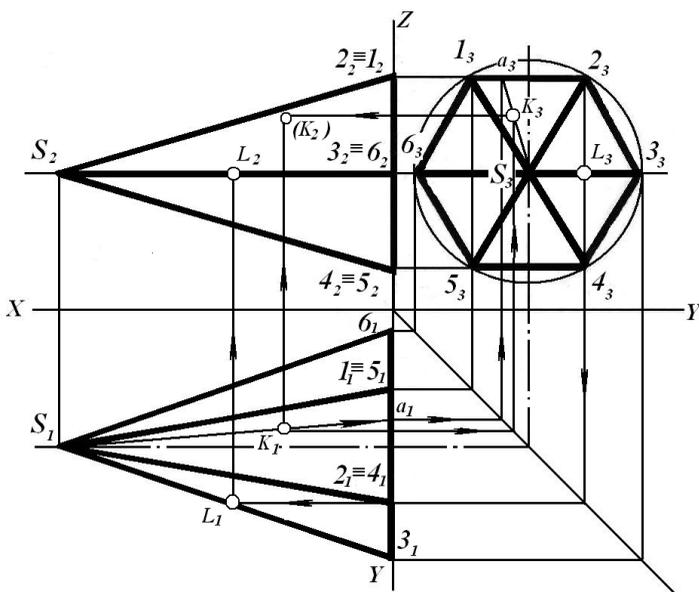


Рис. 2.9. Точки на поверхности пирамиды

Ребро $S3$ является прямой. Мы знаем, что если точка лежит на прямой, то её проекции лежат на одноимённых проекциях этой прямой. Поэтому из точки L_3 проведём линию связи, проекцией ребра $S3$ и отметим точку L_1 . Для построения фронтальной проекции точки L из L_1 проведём линию связи, перпендикулярную оси x , до пересечения с отрезком S_23_2 – фронтальной проекцией ребра $S3$ и отметим точку L_2 . Проекции L_1 и L_2 являются видимыми, так как ребро $S3$, на котором лежит точка L , на горизонтальной и фронтальной проекциях данной пирамиды видимое.

Пусть точка K лежит на грани $1S2$ и задана горизонтальной проекцией K_1 (рис. 2.9). Требуется построить фронтальную K_2 и



Инженерная графика

профильную K_3 проекции точки K . Грань является плоскостью общего положения. Мы знаем, что точка принадлежит плоскости, если она лежит на прямой, принадлежащей этой плоскости. Чтобы построить профильную проекцию точки K , через горизонтальную проекцию K_1 проведём вспомогательную прямую S_1K_1 до пересечения с основанием пирамиды и на ребре основания 1_12_1 отметим точку a_1 . Из точки a_1 проведём линию связи, перпендикулярную оси y , до пересечения с отрезком 1_32_3 отметим точку a_3 . Соединим точки a_3 и S_3 , получим отрезок прямой, на котором должна лежать профильная проекция точки K . Из точки K_1 проведём линию связи, перпендикулярную оси y , до пересечения с отрезком a_3S_3 и отметим точку K_3 - профильную проекцию точки K . Точка K_3 видимая, так как лежит на грани пирамиды. В данном примере все грани пирамиды на профильной проекции являются видимыми.

Фронтальную проекцию K_2 точки K находим по двум известным проекциям K_1 и K_3 , проведя из них линии связи, перпендикулярные осям x и z . На пересечении линий связи отметим точку K_2 - фронтальную проекцию точки K . Проекция K_2 невидимая, так как лежит на грани $1S2$, которая на фронтальной плоскости является невидимой.

На рис. 2.10 приведена структурно-логическая схема темы «Многогранники».

Выполните задания:

Задание 1. Прочитайте текст, выпишите в тетрадь новые слова, запомните определения.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Что называется многогранником?
2. Какие виды многогранников вы знаете?
3. Что называется призмой?
4. Что называется пирамидой?
5. Как определяется видимость рёбер многогранников?



Инженерная графика

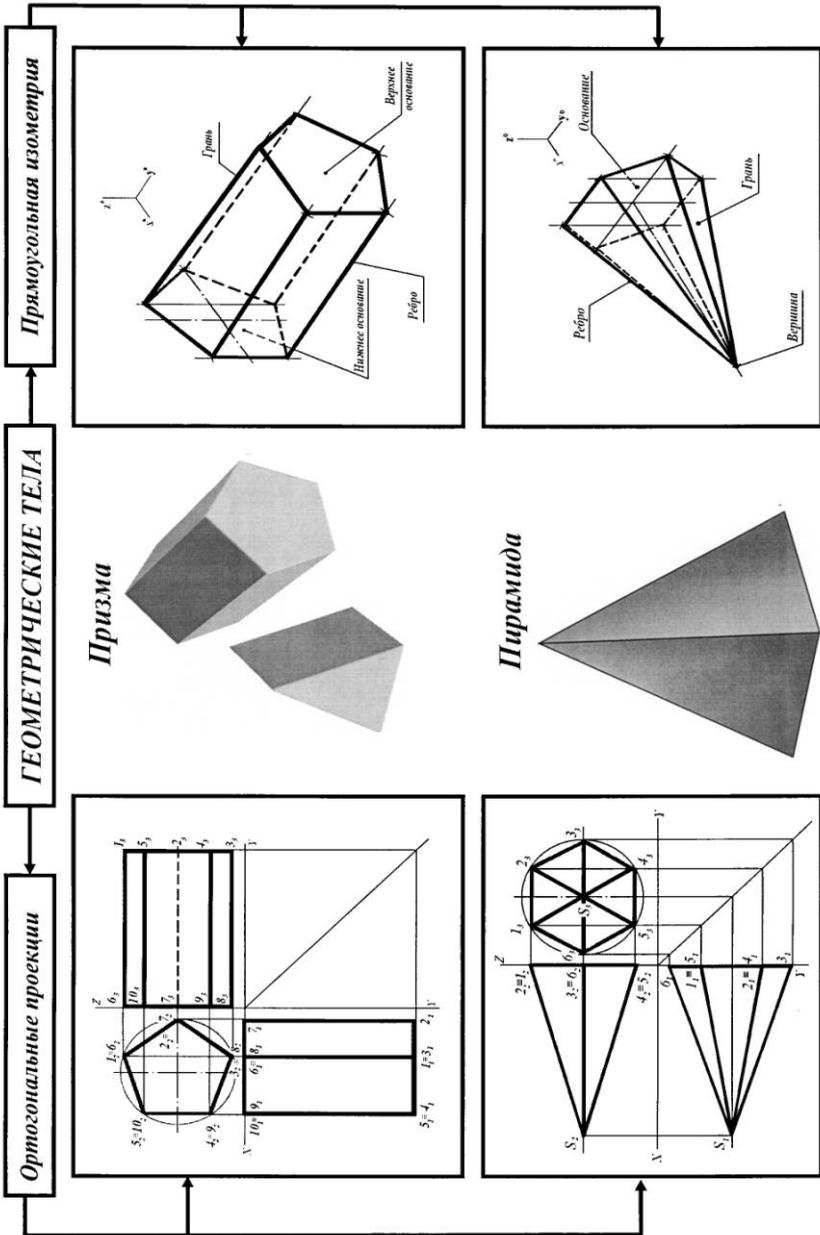


Рис. 2.10. Структурно-логическая схема темы «Многогранники»



Инженерная графика

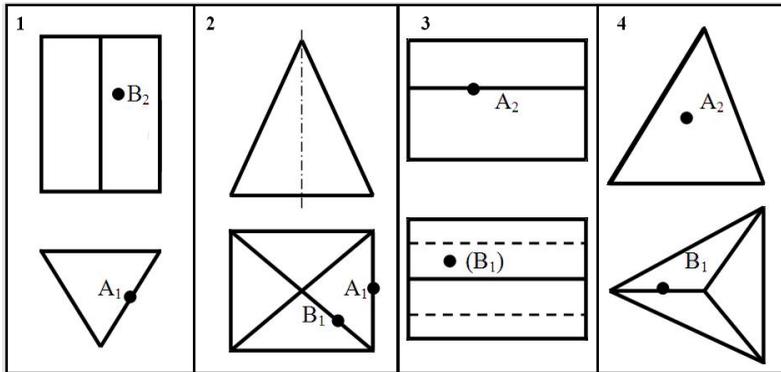
Задание 3. Выполните упражнения.

1. Постройте ортогональные проекции и прямоугольную изометрию правильной прямой пятиугольной призмы, основание которой расположено параллельно горизонтальной плоскости проекций. Диаметр окружности, описанной вокруг основания, 50 мм, высота призмы 60 мм.

2. Постройте ортогональные проекции и прямоугольную изометрию треугольной правильной прямой пирамиды, основание которой параллельно фронтальной плоскости проекций. Диаметр окружности, описанной вокруг основания, 50 мм, высота пирамиды 60 мм.

3. На поверхности построенных многогранников возьмите произвольную точку K и постройте её ортогональные проекции.

Задание 4. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.



- Точка A принадлежит фронтали на рисунке ...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.
- Точка B принадлежит прямой общего положения на рисунке ...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.
- Точка B принадлежит горизонтальной плоскости уровня на рисунке...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.
- Точка A принадлежит горизонтально проецирующей плоскости на рисунке...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.
- Точка A видимая на виде слева на рисунке ...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** 4. **Д.** Такого рисунка нет.
- Точка B видимая на виде слева на рисунке...



- А. 1 и 2. Б. 2 и 3. В. 1 и 3. Г. 4. Д. Такого рисунка нет.
 7. Точка В невидимая на виде сверху на рисунке ...
 А. 1. Б. 1 и 2. В. 1 и 3. Г. 1 и 4. Д. Такого рисунка нет.
 8. Точка А невидимая на виде сверху на рисунке ...
 А. 1. Б. 2. В. 3. Г. 4. Д. Такого рисунка нет.

Проверьте правильность своих ответов:

1 – Д, 2 – Б, 3 – В, 4 – Д, 5 – Г, 6 – Г, 7 – В, 8 – Д.

2.1.4. Сечение многогранников плоскостью

Чтобы выполнить построения сечения любого геометрического тела плоскостью, надо уметь находить точку пересечения прямой с проецирующей плоскостью.

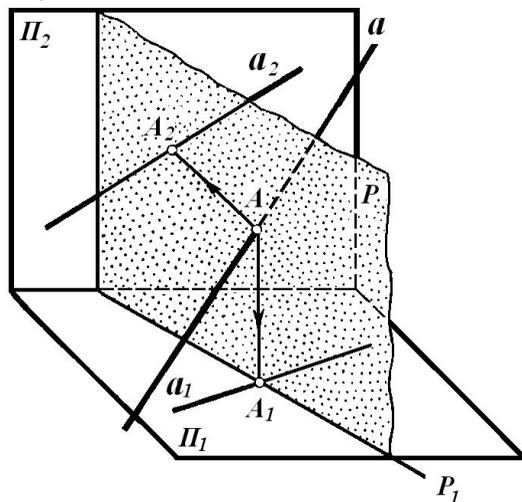


Рис.2.11. Определение точки пересечения прямой с проецирующей плоскостью

На рис.2.11 дана прямая a , которая пересекает горизонтально проецирующую плоскость P . Точка A – точка пересечения прямой a с плоскостью P .

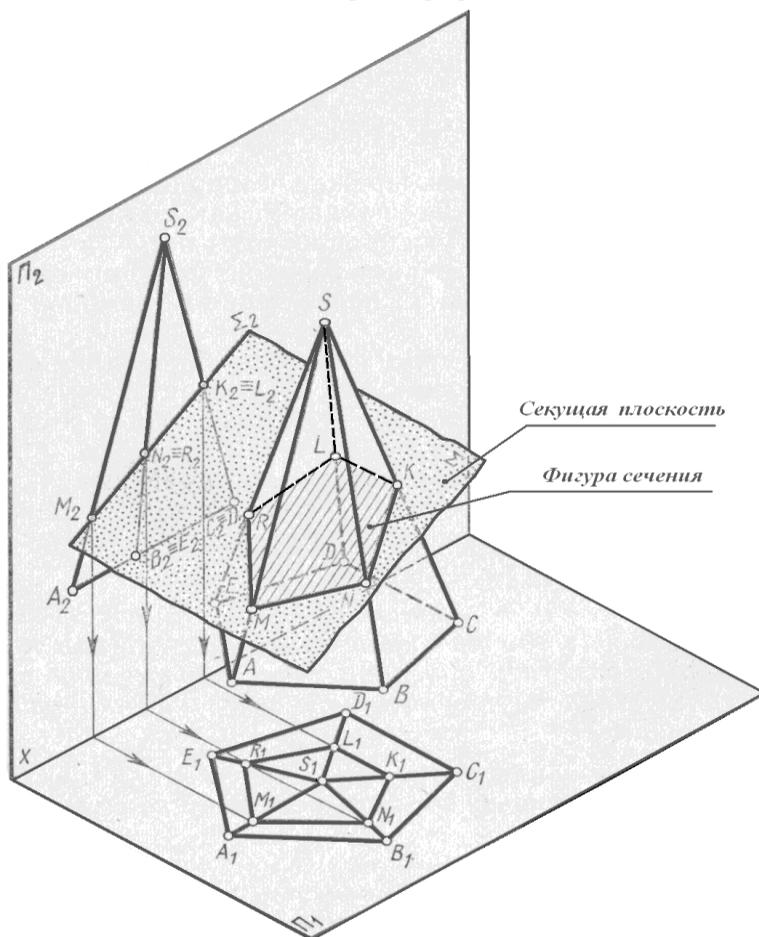


Рис. 2.12. Сечение пирамиды плоскостью

Плоскость P перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций и проецируется на неё в прямую линию (P_1). Горизонтальные проекции всех фигур, принадлежащих плоскости P , будут лежать на её горизонтальной проекции. Поэтому горизонтальная проекция A_1 точки A лежит на горизонтальной проекции P_1 плоскости P и горизонтальной проекции a_1 прямой a . Фронтальная проекция A_2 точки A лежит на фронтальной проекции a_2 прямой a .

Таким образом, чтобы найти точку пересечения прямой линии и проецирующей плоскости, необходимо на проекции плоскости,



Инженерная графика

которая проецируется в линию, отметить проекцию точки пересечения прямой и плоскости, а затем, проведя линии связи, найти другие проекции этой точки. Например, на рис. 2.12 показано сечение прямой правильной пятиугольной пирамиды секущей фронтально проецирующей плоскостью Σ . Фигурой сечения является пятиугольник $MRLKN$. Стороны пятиугольника – линии пересечения граней пирамиды с секущей плоскостью. Вершины пятиугольника – точки пересечения рёбер пирамиды с секущей плоскостью.

Рассмотрим примеры сечения призмы плоскостью. При пересечении призмы плоскостью могут получаться различные фигуры (рис. 2.13): многоугольник, параллельный и равный основанию, если секущая плоскость параллельна основанию; прямоугольник, если секущая плоскость параллельна боковым рёбрам призмы; многоугольник, не равный основанию, если секущая плоскость наклонена к рёбрам призмы.

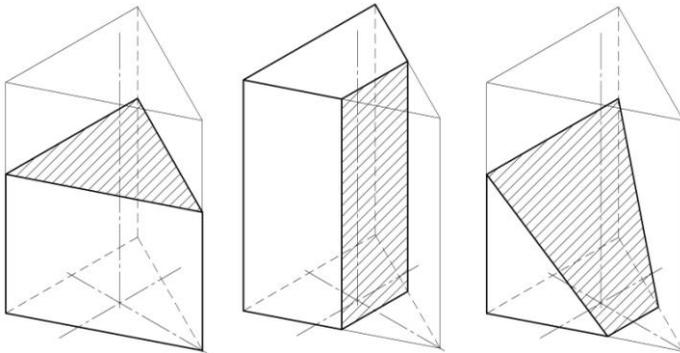


Рис.2.13. Виды фигур пересечения прямой призмы и плоскости

Начнём построение фигуры сечения (сечения) прямой правильной пятиугольной призмы с основанием $ABCDE$ фронтально проецирующей плоскостью Σ (рис.2.14).

Пусть заданы три ортогональные проекции прямой правильной пятиугольной призмы и фронтальная проекция секущей плоскости P , которая перпендикулярна плоскости Π_2 .

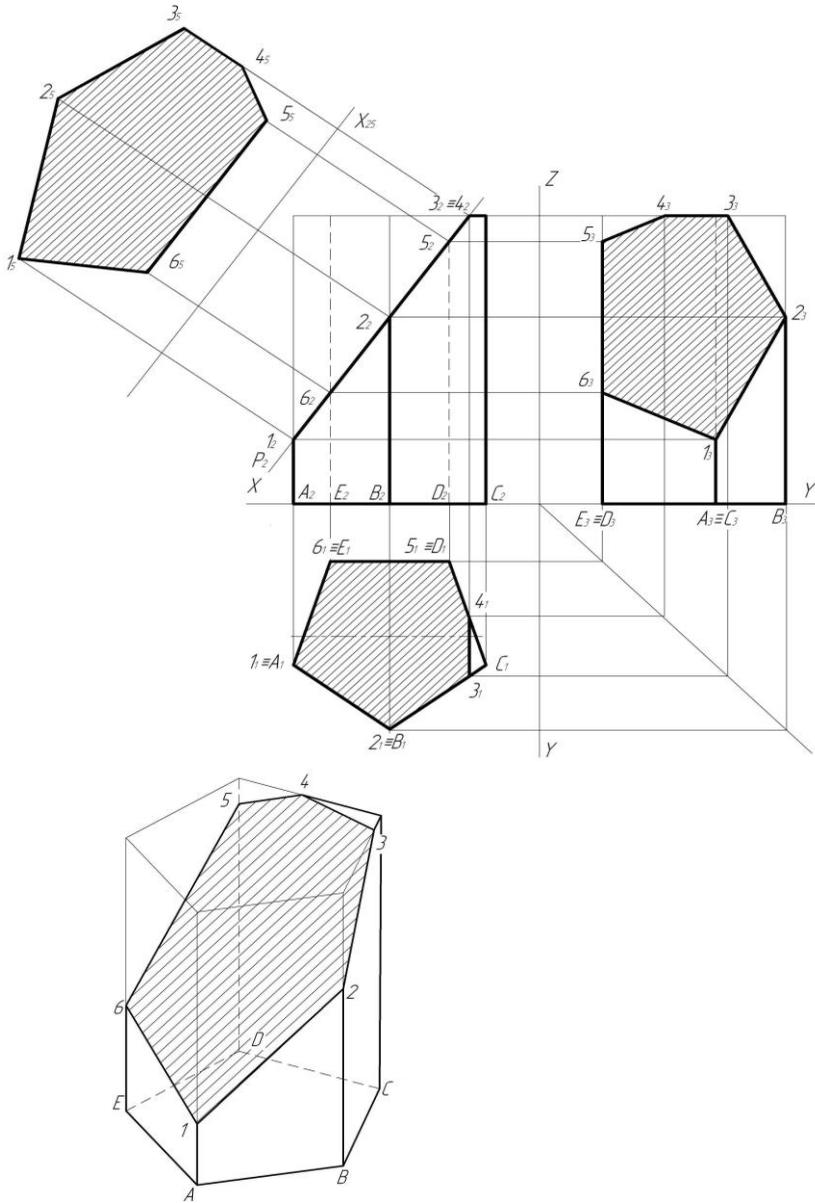


Рис. 2.14. Построение сечения призмы и определение его натуральной величины



Пусть заданы три ортогональные проекции прямой правильной пятиугольной призмы и фронтальная проекция секущей плоскости P , которая перпендикулярна плоскости Π_2 .

На фронтальной проекции видно, что секущая плоскость пересекает четыре ребра призмы (A_1E_6 , B_2D_5) и её верхнее основание. Обозначим фронтальные проекции точек пересечения плоскости P с рёбрами призмы точками 1_2 , 2_2 , 5_2 , 6_2 , а фронтальные проекции точек пересечения плоскости P с верхним основанием - 3_2 и 4_2 , которые совпадают. Таким образом, фронтальная проекция сечения – это отрезок 1_23_2 .

Для построения фигуры сечения на горизонтальной плоскости проекций определим горизонтальные проекции точек 1 , 2 , 5 , 6 , которые будут совпадать с горизонтальными проекциями соответствующих рёбер. Проведя линии связи от точек 3_2 и 4_2 до горизонтальной проекции рёбер верхнего основания призмы, определим горизонтальные проекции этих точек - 3_1 и 4_1 . Соединив точки 3_1 и 4_1 прямой линией, получим шестиугольник $1_12_13_14_15_16_1$ – горизонтальную проекцию сечения.

Профильные проекции 1_3 , 2_3 , 5_3 , 6_3 точек 1 , 2 , 5 , и 6 можно определить, проведя линии связи через точки 1_2 , 2_2 , 5_2 , 6_2 до пересечения с профильными проекциями соответствующих рёбер. Проекции 3_3 и 4_3 определяем по двум известным проекциям этих точек. Соединим точки 1_3 , 2_3 , 3_3 , 4_3 , 5_3 , 6_3 прямыми линиями и получим профильную проекцию сечения.

На чертеже отсеченные части призмы показывают сплошными тонкими линиями и выполняют штриховку фигур сечения. Штриховку выполняют параллельными прямыми сплошными тонкими линиями под углом 45° к линиям контура или к осевой линии. Расстояние между линиями штриховки от 1 до 2,5 мм. Линии штриховки можно наносить на чертеже с наклоном вправо или влево, но обязательно в одну и ту же сторону на всех проекциях.

Фигура сечения ни на одну плоскость не проецируется в натуральную величину. Чтобы определить натуральную величину сечения, применим способ замены плоскостей проекций. Аналогично выполняется построение сечения пирамиды проецирующей плоскостью. При пересечении пирамиды проецирующей плоскостью также могут получиться различные фигуры (рис.2.15): многоугольник, подобный основанию, если секущая плоскость параллельна основанию пирамиды; треугольник, если секущая плоскость проходит через вершину пирамиды; многоугольник не подобный основанию, если секущая плоскость наклонена к основанию.

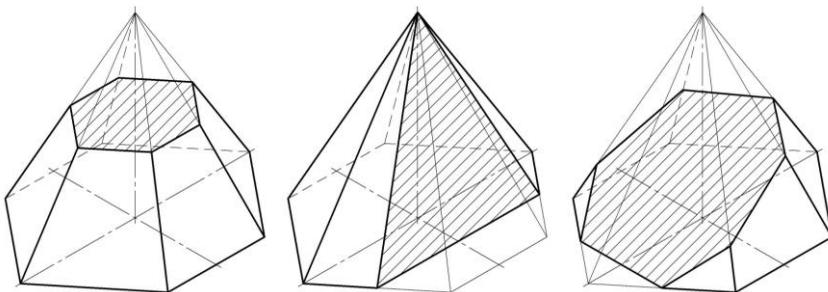


Рис.2.15. Виды фигур пересечения прямой пирамиды и плоскости

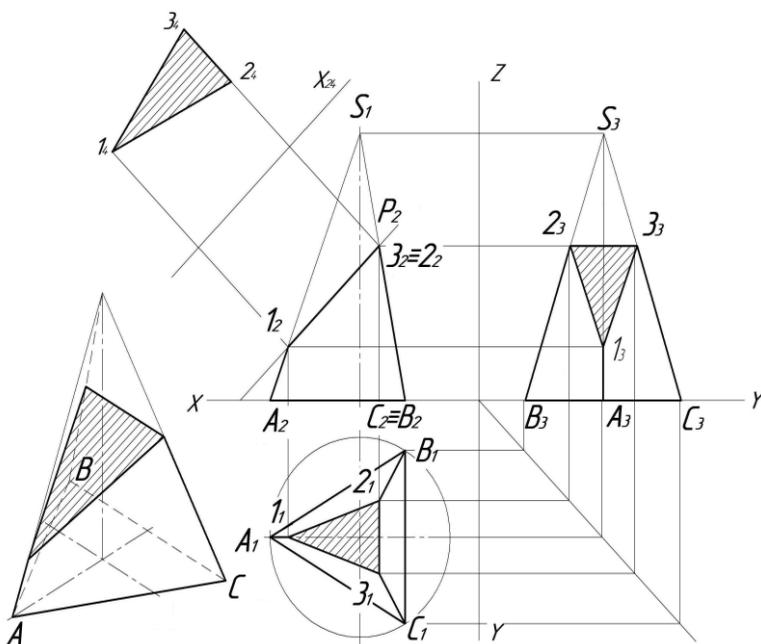


Рис. 2.16. Построение сечения пирамиды и определение его натуральной величины

На рис. 2.16 даны ортогональные проекции прямой правильной треугольной пирамиды $SABC$ и фронтальная проекция секущей фронтально проецирующей плоскости P .

По фронтальной проекции видно, что плоскость пересекает три боковых ребра пирамиды. Обозначим фронтальные проекции



Инженерная графика

точек пересечения секущей плоскости с рёбрами $1_2, 2_2, 3_2$. Фронтальная проекция сечения – отрезок $1_2 3_2$.

Для построения горизонтальной проекции сечения проведём линии связи от точек $1_2, 2_2, 3_2$ до пересечения с горизонтальными проекциями соответствующих рёбер. Точки пересечения обозначим $1_1, 2_1, 3_1$, соединим эти точки прямыми линиями и получим горизонтальную проекцию сечения.

Профильную проекцию сечения определим, если построим профильные проекции точек ($1_3, 2_3, 3_3$) и соединим их между собой.

Способом замены плоскостей определим натуральную величину сечения.

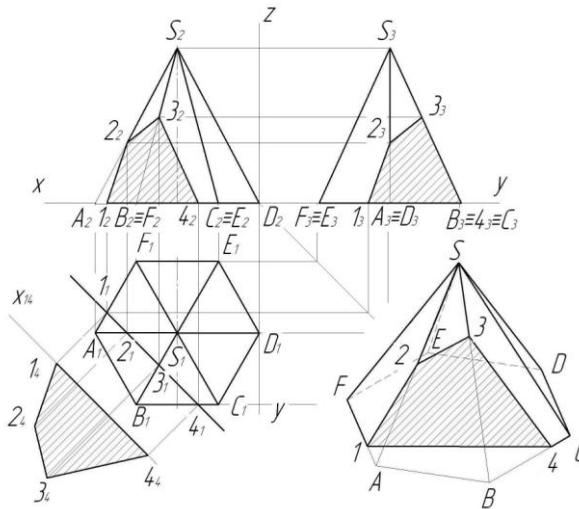


Рис. 2.17. Построение сечения пирамиды горизонтально проецирующей плоскостью

На рис. 2.17 показано построение сечения прямой правильной шестиугольной пирамиды горизонтально проецирующей плоскостью.

Выполните задания:

Задание 1. Ответьте на вопросы.

1. Как найти точку пересечения прямой с проецирующей плоскостью?

2. Какие фигуры могут получаться при пересечении плоскостью призмы?

3. Какие фигуры могут получаться при пересечении



плоскостью пирамиды?

4. Какой способ используется при определении натуральной величины фигуры сечения?

Задание 2. Выполните в тетради построения.

2.1. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линии пересечения фронтально проецирующей плоскости P с правильной треугольной прямой призмой, основание которой расположено на горизонтальной плоскости.

2.2. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линии пересечения фронтально проецирующей плоскости P с правильной пятиугольной прямой пирамидой, основание которой расположено на горизонтальной плоскости.

2.3. Определите натуральную величину сечений.

Положение секущей плоскости задайте самостоятельно, а геометрические тела постройте по размерам: диаметр окружности, описанной вокруг основания, 60 мм, высота - 80 мм.

2.2. Криволинейные тела (тела вращения)

Криволинейные тела, ограниченные кривыми поверхностями, отличаются большим разнообразием. Ограничимся изучением только некоторых тел вращения.

На рис. 2.18 представлены простейшие тела вращения и показаны их элементы.

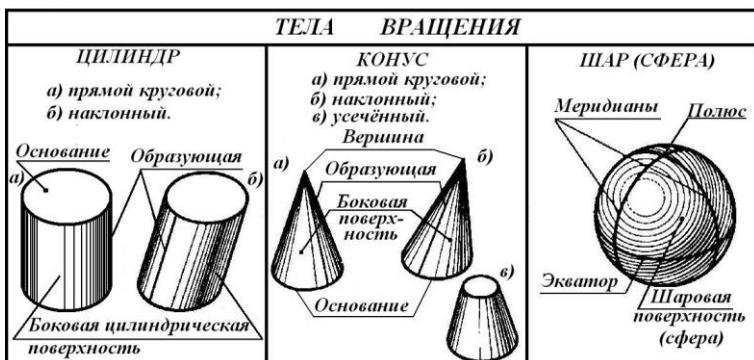


Рис. 2.18. Тела вращения

e-

. Если основания цилиндра – круги, а прямые линии, проведенные по боковой поверхности цилиндра



Инженерная графика

параллельно его оси (образующие), перпендикулярны основаниям, то цилиндр называется прямым круговым (рис. 2.18, 2.19).

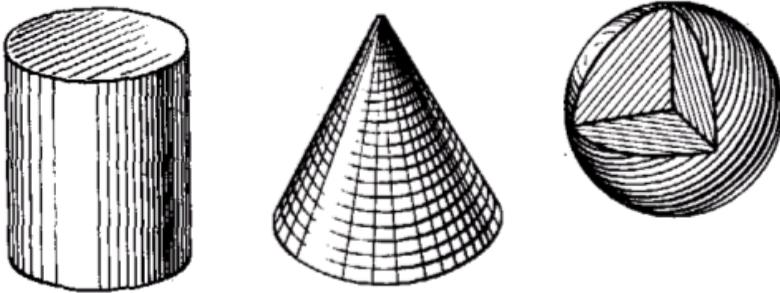


Рис.2.19. Прямой круговой цилиндр, прямой круговой конус и шар

Если основанием конуса является круг, а высота проходит через центр основания, то конус называется прямым круговым. Боковая поверхность прямого кругового конуса образована вращением образующей вокруг оси конуса. Образующая пересекается с осью вращения в точке, которая называется вершиной конуса (рис. 2.18, 2.19).

Все точки сферы находятся на одинаковом расстоянии от одной точки, которая называется центром сферы (шара). Шар – это тело, ограниченное только поверхностью вращения. Поверхность шара образована вращением окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности и проходящей через ее центр. На поверхности шара есть: параллели, меридианы, полюсы. Параллель – это окружность, параллельная горизонтальной плоскости проекций. Самая большая параллель – экватор. Меридиан – это окружность, которая лежит в плоскости, проходящей через вертикальный диаметр сферы. Из множества меридианов выделяют: главный (фронтальный) и профильный меридианы. Они параллельны соответственно фронтальной и профильной плоскостям проекций. Верхняя и нижняя точки вертикального диаметра называются полюсами (рис. 2.18, 2.19).



2.2.1. Построение ортогональных проекций тел вращения

На рис. 2.20 показаны ортогональные проекции прямого кругового цилиндра, ось которого перпендикулярна фронтальной плоскости проекций, а нижнее основание расположено на ней. Такой цилиндр на фронтальную плоскость проецируется в виде круга. Этот круг – фронтальная проекция двух оснований, которые на данную плоскость проецируются в натуральную величину. На фронтальной плоскости видимым будет верхнее основание ($1_2 2_2 3_2 4_2$), а нижнее основание ($5_2 6_2 7_2 8_2$) – невидимым.

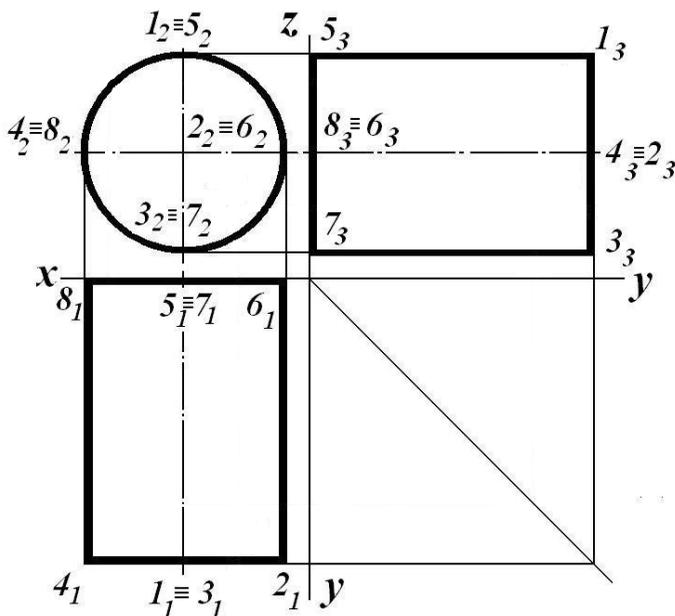


Рис.2.20. Ортогональные проекции прямого кругового цилиндра

Боковая поверхность цилиндра перпендикулярна фронтальной плоскости, поэтому её фронтальная проекция – окружность.

Горизонтальная и профильная проекции прямого кругового цилиндра представляют собой равные прямоугольники.

Прямоугольник $2_1 4_1 6_1 8_1$ – горизонтальная проекция боковой поверхности цилиндра. Отрезок $2_1 4_1$ – проекция верхнего основания 1234 , отрезок $6_1 8_1$ – проекция нижнего основания 5678 .

Прямоугольник $1_3 3_3 5_3 7_3$ – профильная проекция боковой



поверхности цилиндра. Отрезок 1_33_3 – проекция верхнего основания. Отрезок 5_37_3 – проекция нижнего основания.

Образующие цилиндра – это отрезки параллельные горизонтальной и профильной плоскостям проекций, поэтому они проецируются на них в натуральную величину. На ортогональных проекциях прямого кругового цилиндра показывают только проекции очерковых (крайних) образующих - 2_16_1 и 4_18_1 на горизонтальной проекции, 1_35_3 и 3_37_3 – на профильной. Горизонтальные проекции образующих 15 и 37 совпадают с осью симметрии данной проекции цилиндра. Аналогично, профильные проекции образующих 26 и 48 также совпадают с осью симметрии проекции цилиндра. Очерковые образующие (отрезки 26 и 48) относительно горизонтальной плоскости делят цилиндр на две половины: видимую (124568) и невидимую (234678) при взгляде сверху. Очерковые образующие относительно профильной плоскости (отрезки 15 и 37) также делят цилиндр на две половины: видимую (134578) и невидимую (123567) при взгляде слева. Это следует учитывать при определении видимости точек и линий на поверхности тел вращения.

Основание прямого кругового конуса, который показан на рис. 2.21, расположено на профильной плоскости проекций. На данную плоскость конус проецируется в круг, который является профильной проекцией боковой поверхности конуса и его основания. Основание конуса проецируется на профильную плоскость в натуральную величину. Вершина на эту плоскость проецируется в точку S_3 , которая совпадает с центром круга, так как конус прямой. Проекции образующих конуса $1S$, $2S$, $3S$, $4S$ на профильной плоскости совпадают с осями круга, параллельными осям y и z . На плоскости P_3 вершина и боковая поверхность конуса являются видимыми, основание – невидимым.

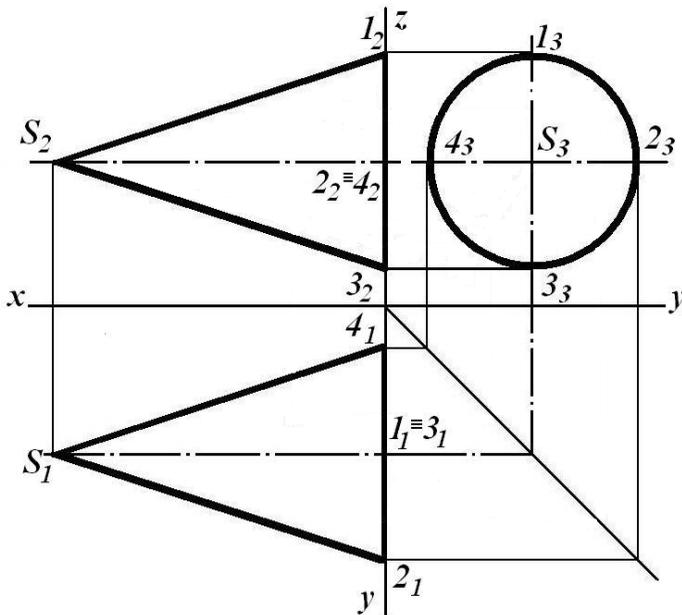


Рис.2.21. Ортогональные проекции прямого кругового конуса

Фронтальная и горизонтальная проекции данного конуса — одинаковые равнобедренные треугольники, которые являются соответствующими проекциями боковой поверхности конуса. Очерковые образующие конуса $1S$ и $3S$ проецируются на плоскость Π_2 в натуральную величину, так как параллельны данной плоскости проекций, а $2S$ и $4S$ совпадают с осью симметрии конуса. Аналогично, образующие $2S$ и $4S$ проецируются в натуральную величину на плоскость Π_1 , а образующие $1S$ и $3S$ совпадают на этой плоскости с осью симметрии конуса. Вершина проецируется соответственно в точки S_2 и S_1 . Отрезок 1_23_2 — фронтальная проекция основания, отрезок 4_12_1 — его горизонтальная проекция.

Очерковые образующие ($S1$ и $S3$) относительно фронтальной плоскости проекций делят конус на две части: видимую ($S123$) и невидимую ($S134$) при взгляде справа. Очерковые образующие ($S2$ и $S4$) относительно профильной плоскости также делят конус на две половины: видимую ($S124$) и невидимую ($S234$) при взгляде сверху.

На рис. 2.22 изображены ортогональные проекции шара



Инженерная графика

— это круги, которые имеют один размер, равный диаметру шара. Буквами A, B, C, D, E и F обозначены характерные точки шара.

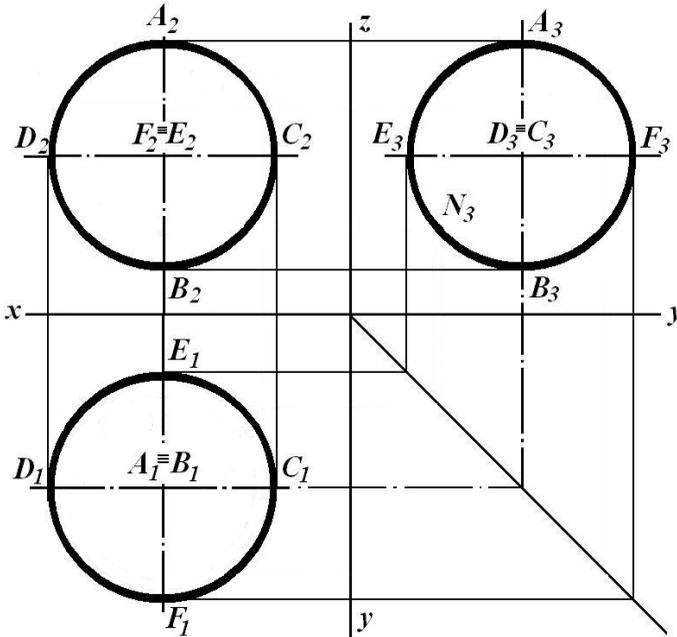


Рис. 2.22. Ортогональные проекции шара

Экватор проецируется на горизонтальную плоскость в окружность $C_1D_1E_1F_1$. На плоскость Π_2 он проецируется в отрезок C_2D_2 , а на Π_3 – в отрезок E_3F_3 . Оба отрезка равны диаметру шара. Экватор делит поверхность шара на две равные части: верхнюю (видимую) $ACDEF$ и нижнюю (невидимую) $BCDEF$ при взгляде сверху.

Главный (фронтальный) меридиан проецируется на фронтальную плоскость в окружность $A_2B_2C_2D_2$. На плоскость Π_1 он проецируется в отрезок C_1D_1 , на плоскость Π_3 – в отрезок A_3B_3 , которые равны диаметру шара. Главный меридиан делит поверхность шара на переднюю (видимую) $ABCDF$ и заднюю (невидимую) $ABCDE$ части при взгляде спереди.

Профильный меридиан проецируется в окружность $A_3B_3E_3F_3$ на профильную плоскость проекций. На плоскость Π_1 он проецируется в отрезок E_1F_1 , на Π_2 – в отрезок A_2B_2 . Профильный меридиан делит поверхность шара также на две равные части правую (невидимую) $ABCEF$ и левую (видимую) $ABDEF$ при взгляде слева.



2.2.2. Построение аксонометрии тел вращения

Построение аксонометрии прямого кругового цилиндра (рис.2.23) сводится к построению аксонометрических проекций его оснований.

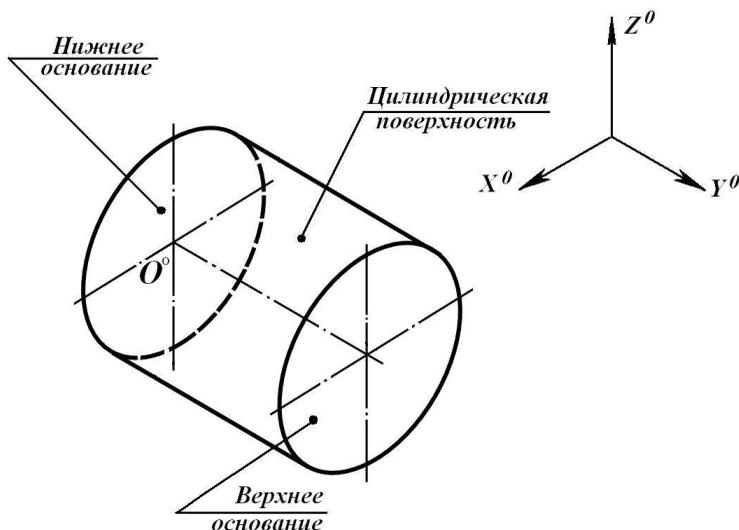


Рис. 2.23. Построение аксонометрии прямого кругового цилиндра

На рис.2.23 даны ортогональные проекции прямого кругового цилиндра, нижнее основание которого лежит в плоскости Π_2 .

В произвольной точке O^0 проводим аксонометрические оси и строим овал – нижнее основание цилиндра, как показано на рис. 2.24.

От точки O^0 параллельно аксонометрической оси Y^0 откладывает высоту цилиндра, проводим аксонометрические оси и строим второй овал – верхнее основание цилиндра.

Соединяем овалы параллельными касательными, видимый контур цилиндра обводим сплошной основной линией, невидимый – штриховой.



Инженерная графика

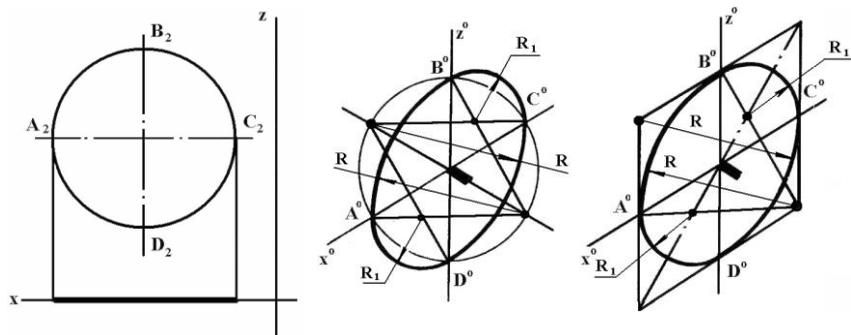


Рис.2.24 Построение упрощённой аксонометрии окружности, лежащей в плоскости Π_2

Для построения аксонометрии прямого кругового конуса (рис. 2.25) необходимо построить его основание и вершину.

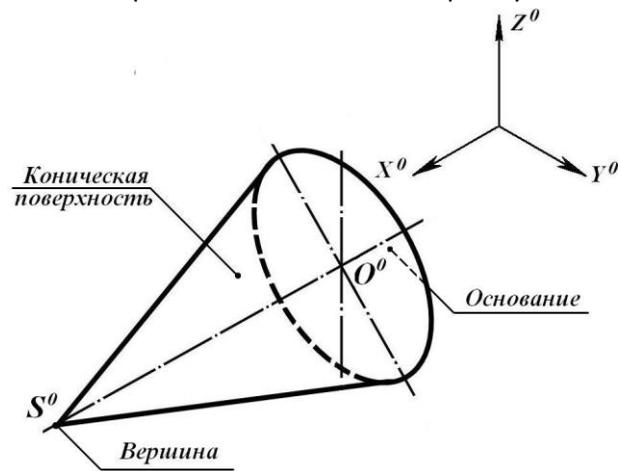


Рис. 2.25. Построение аксонометрии прямого кругового конуса

На рис.27 даны ортогональные проекции прямого кругового конуса, основание которого лежит в плоскости Π_3 .

Из произвольной точки O^0 проводим аксонометрические оси и строим овал – основание конуса, как показано на рис. 2.26.

От точки O^0 параллельно аксонометрической оси X^0 откладываем высоту конуса и отмечаем точку S^0 – вершину конуса.

Через точку S^0 проводим касательные к овалу, видимый контур конуса обводим сплошной основной линией, невидимый - штриховой.

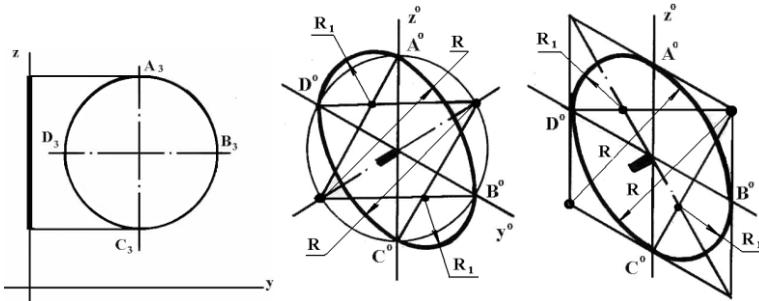


Рис.2.26. Построение упрощённой аксонометрии окружности, лежащей в плоскости Π_3

Шар в прямоугольной изометрии – круг, диаметр которого равен $1,22 D_{\text{шара}}$, где $D_{\text{шара}}$ - диаметр шара. Кроме круга строят изометрию экватора, фронтального и профильного меридиана (рис. 2.27).

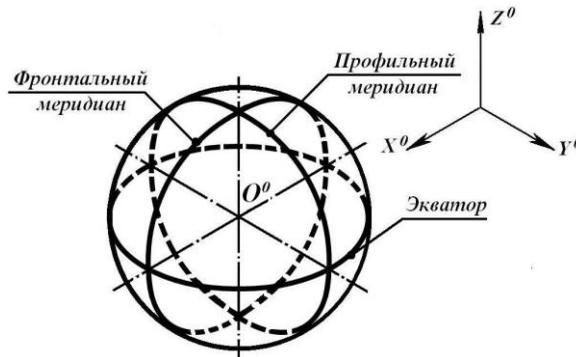


Рис. 2.27. Построение аксонометрии шара

На рис. 2.22 показаны ортогональные проекции шара. В произвольной точке O^0 проводим аксонометрические оси и строим прямоугольную изометрию экватора, как показано на рис. 2.28. Строим прямоугольную изометрию фронтального меридиана (см. рис. 2.24). Строим прямоугольную изометрию профильного меридиана (см. рис. 2.26). С центром в точке O^0 проводим окружность, касательную к трём овалам –

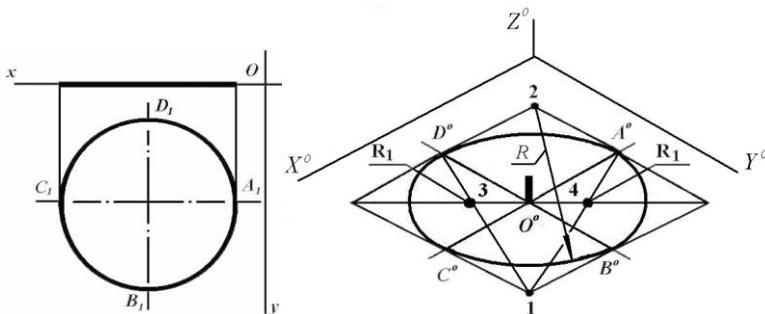


Рис.2.28. Построение упрощённой аксонометрии окружности, лежащей в плоскости Π_1

Очерковую окружность, видимые части экватора, фронтально-го и профильного меридианов обводим сплошной основной линией, невидимые части экватора и меридианов – штриховой.

2.2.3. Точки и линии на поверхности тел вращения

На рис. 2.29 дана горизонтальная проекция A_1 точки A . Известно, что точка A лежит на видимой верхней части цилиндра, поэтому проекция A_1 изображена видимой. Найдём фронтальную и профильную проекции точки A .

Боковая поверхность цилиндра на фронтальную плоскость проецируется в окружность. Следовательно, фронтальные проекции всех точек, лежащих на боковой поверхности цилиндра, будут лежать на этой окружности. Из точки A_1 проведём линию связи, перпендикулярно оси x , до пересечения с верхней полуокружностью и отметим точку A_2 – невидимую фронтальную проекцию точки A . Профильную проекцию A_3 найдём по двум известным проекциям. На плоскости Π_3 точка A изображается видимой.

На том же рисунке дана фронтальная проекция D_2 точки D . Известно, что точка D лежит на верхнем основании, поэтому проекция D_2 изображена видимой. Верхнее основание цилиндра на горизонтальную плоскость проецируется в отрезок 4_12_1 , параллельный оси x . Из точки D_2 проведём линию связи, перпендикулярную оси x , до пересечения с отрезком 4_12_1 и отметим точку D_1 – горизонтальную проекцию точки D .

На профильную плоскость проекций верхнее основание проецируется в отрезок 1_33_3 , параллельный оси z . Из точки D_2 проведём линию связи, перпендикулярную оси z , до пересечения с отрезком 1_33_3 и отметим точку D_3 – профильную проекцию точки D . Проекции D_1 и D_3 будут невидимыми.

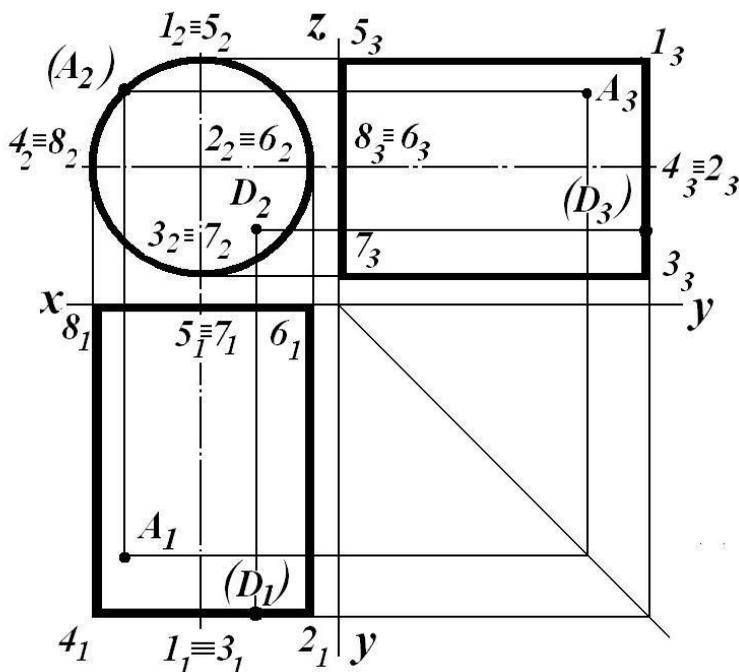


Рис. 2.29. Точки на поверхности цилиндра

Пусть на поверхности конуса (рис.2.30) расположены точки K и L , при этом известны их профильные проекции K_3 и L_3 .

Точка K лежит на боковой поверхности конуса. Чтобы построить фронтальную проекцию K_2 точки K , через точку K проведём образующую Sa . Через точку K_3 проведём отрезок S_3a_3 и найдём фронтальную проекцию a_2 точки a . Соединим точки S_2 и a_2 . Из точки K_3 проведём линию до пересечения с отрезком S_2a_2 и отметим точку K_2 – фронтальную проекцию точки K . Горизонтальную проекцию K_1 точки K найдём по двум известным проекциям. Проекция K_1 и K_2 изображаются невидимыми.

Точка L лежит на основании конуса, которое проецируется на фронтальную плоскость в отрезок 1_23_2 , параллельный оси z . Из точки L_3 проведём линию связи, перпендикулярную оси z , до пересечения с отрезком 1_23_2 и отметим точку L_2 – фронтальную проекцию точки L .

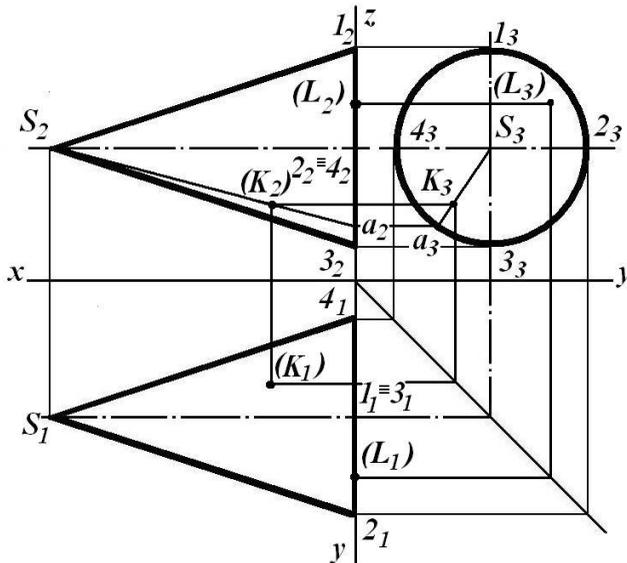


Рис. 2.30. Точки на поверхности конуса

На горизонтальную проекцию основание конуса проецируется в отрезок $4_1 2_1$, параллельный оси y . Из точки L_3 проведём линию связи, перпендикулярную оси y , до пересечения с отрезком $4_1 2_1$ и отметим точку L_1 – горизонтальную проекцию точки L .

Проекции L_1 и L_2 изображаются невидимыми.

Для определения положения проекций точек, расположенных на поверхности шара, используют секущие плоскости, параллельные плоскостям проекций.

Например, на рис. 2.31 дана фронтальная проекция P_2 точки P , которая лежит на шаре. Чтобы определить горизонтальную проекцию P_1 этой точки, через точку P проведём плоскость, параллельную плоскости Π_1 . Эта плоскость пересечёт шар по окружности, диаметр которой равен длине отрезка $1_2 2_2$. Строим горизонтальную проекцию этой окружности.

Для этого с центром в точке A_1 начертим окружность, радиус которой равен половине отрезка $1_2 2_2$ и отметим точки 1_1 и 2_1 . Из точки P_2 проведём линию связи, перпендикулярную оси x , до пересечения с окружностью $1_1 - 2_1$ и отметим точку P_1 – горизонтальную проекцию точки P . Профильную проекцию P_3 точки P найдём по двум известным проекциям. Проекция P_1 изображается видимой, P_3 – невидимой.



Инженерная графика

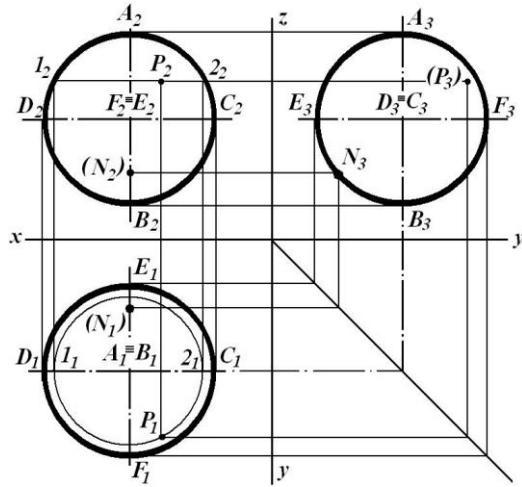


Рис. 2.31. Точки на поверхности шара

На этом же рисунке дана профильная проекция N_3 точки N , которая лежит на профильном меридиане. Профильный меридиан на фронтальную плоскость проецируется в отрезок A_2B_2 , который параллелен оси z . Из точки N_3 проведём линию связи, перпендикулярную оси z , до пересечения с отрезком A_2B_2 и отметим точку N_2 - фронтальную проекцию точки N . На горизонтальную плоскость профильный меридиан проецируется в отрезок E_1F_1 , параллельный оси y . Из точки N_3 проведём линию связи, перпендикулярную оси y , до пересечения с отрезком E_1F_1 и отметим точку N_1 - горизонтальную проекцию точки N .

Проекции N_1 и N_2 изображаются невидимыми.

Структурно-логическая схема темы «Тела вращения» приведена на рис. 2.32.



Инженерная графика

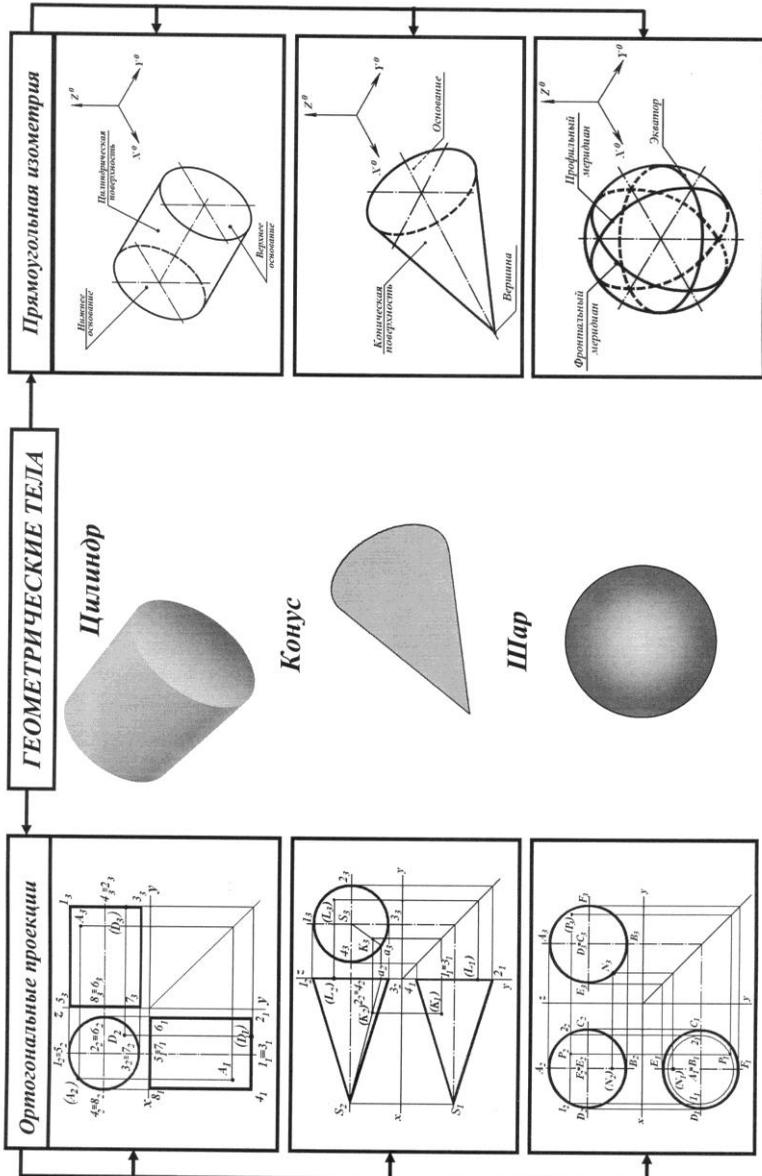


Рис. 2.32. Структурно-логическая схема темы «Тела вращения»



Выполните задания:

Задание 1. Прочитайте текст, выпишите в тетрадь новые слова, запомните определения.

Задание 2. Ответьте на вопросы.

1. Какое геометрическое тело называется телом вращения?
2. Что называется цилиндром?
3. Что называется конусом?
4. Что называется шаром?
5. Какой цилиндр называется прямым круговым?
6. Какой конус называется прямым круговым?
7. Какой порядок построения ортогональных проекций цилиндра?
8. Какой порядок построения ортогональных проекций конуса?
9. Какой порядок построения ортогональных проекций шара?

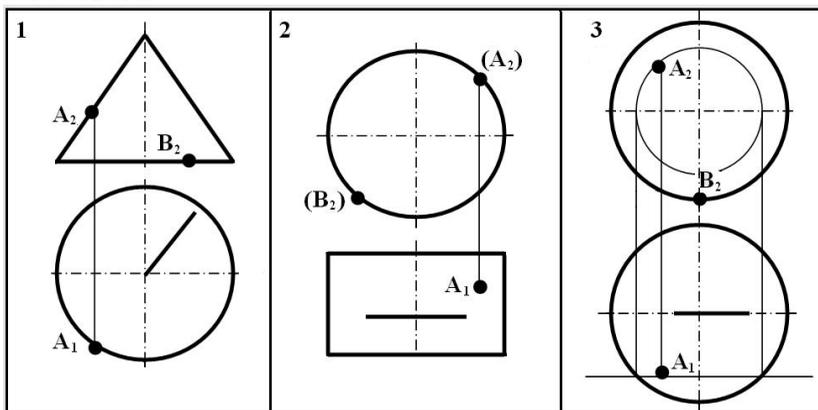
Задание 3. Выполните в тетради построения.

3.1.

плоскости. Диаметры оснований цилиндра и конуса 50 мм, а высота 70 мм. Диаметр шара 60 мм.

3.2. На поверхности построенных тел возьмите произвольную точку K и постройте её ортогональные проекции.

Задание 4. Выполните тестовые задания с выбором правильного ответа.





Инженерная графика

1. Заданная линия полностью невидимая на виде слева на рисунке...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.
 2. Заданная линия частично видимая на виде слева на рисунке ...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 2 и 3. **Г.** Такого рисунка нет.
 3. Заданная линия является дугой окружности на рисунке ...
А. 1. **Б.** 2 и 3. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.
 4. Заданная линия полностью видимая на виде спереди на рисунке ...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.
 5. Точка В невидимая на виде сверху на рисунке...
А. 1. **Б.** 1 и 2. **В.** 2 и 3. **Г.** Такого рисунка нет.
 6. Точка В невидимая на виде слева на рисунке...
А. 1. **Б.** 1 и 2. **В.** 2 и 3. **Г.** Такого рисунка нет.
 7. Точка А невидимая на виде слева на рисунке ...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.
 8. Точка А не принадлежит поверхности тела на рисунке...
А. 1. **Б.** 2. **В.** 3. **Г.** Такого рисунка нет.
- Проверьте правильность своих ответов:
 1 – А, 2 – В, 3 – Б, 4 – В, 5 – В, 6 – А, 7 – Б, 8 – Г.

2.2.4. Сечение тел вращения плоскостью

При пересечении прямого кругового цилиндра плоскостью могут быть получены следующие фигуры (рис. 2.33): круг, если плоскость параллельна основанию цилиндра; прямоугольник, если плоскость параллельна оси цилиндра; фигура, ограниченная эллипсом или частью эллипса и прямой, если плоскость наклонена к оси цилиндра.

На рис. 2.34 даны три проекции прямого кругового цилиндра с основанием $ABCD$ и фронтальная проекция секущей плоскости Σ . Плоскость Σ перпендикулярна плоскости Π_2 . По фронтальной проекции плоскости видно, что она наклонена к оси цилиндра, поэтому сечением цилиндра является фигура, ограниченная эллипсом. Отметим точки пересечения плоскости Σ с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости Π_2 . Это точки 1 и 7. Затем отметим точки пересечения плоскости Σ с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости Π_3 . Это точки 4 и 10. Кроме очерковых



Инженерная графика

образующих проведем несколько произвольных образующих цилиндра и отметим точки их пересечения с плоскостью Σ . Это точки 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11 и 12. Соединив эти точки плавной кривой, получим эллипс.

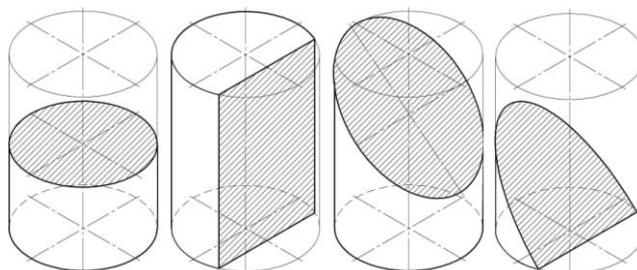


Рис. 2.33. Виды фигур пересечения прямого кругового цилиндра и плоскости

Рассматривая наглядное изображение сечения цилиндра на рис. 37, можно видеть, что большая ось цилиндра - это отрезок 1-7; малая ось эллипса – отрезок 4-10.

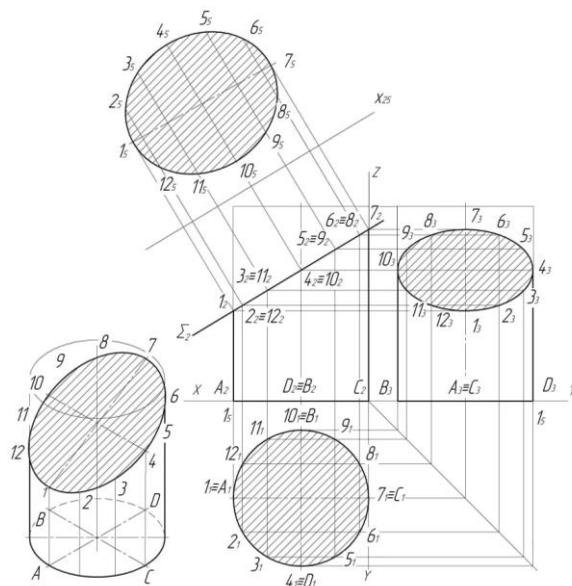


Рис. 2.34. Сечение прямого кругового цилиндра плоскостью
Горизонтальная проекция сечения совпадает с горизонтальной проекцией цилиндра и представляет собой круг.



Инженерная графика

Профильная проекция сечения - фигура, ограниченная эллипсом. Проекции $1_3, 2_3 \dots, 12_3$ найдены по двум известным проекциям.

Большая ось эллипса 1-7 проецируется в натуральную величину на плоскость Π_2 (1_2-7_2). Малая ось эллипса 4-10 проецируется в натуральную величину на плоскость Π_1 (4_1-10_1) и на плоскость Π_3 (4_3-10_3).

Натуральная величина фигуры сечения на рис. 2.34 найдена в результате замены горизонтальной плоскости проекций плоскостью Π_5 . Дополнительная плоскость Π_5 , параллельна секущей плоскости и перпендикулярна плоскости Π_2 .

При пересечении прямого кругового конуса плоскостью могут быть, получены следующие фигуры (рис.2.35): круг, если плоскость параллельна основанию; треугольник, если плоскость проходит через вершину конуса; фигура, ограниченная дугой параболы и отрезком прямой, если плоскость параллельна одной из образующих конуса; фигура, ограниченная дугой гиперболы и отрезком прямой, если плоскость параллельна двум образующим конуса (в частном случае, если плоскость параллельна оси конуса); фигура, ограниченная эллипсом, если плоскость пересекает все образующие конуса.

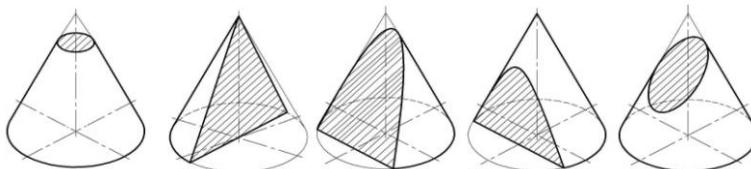


Рис. 2.35. Виды фигур пересечения прямого кругового конуса и плоскости

Эллипс, парабола и гипербола называются *о-*. Они образуются при пересечении конической поверхности плоскостью. При пересечении конуса (тела) и плоскости образуется фигура, ограниченная кривой конического сечения. Таким образом, чтобы построить искомую линию пересечения, необходимо найти точки, общие для заданной секущей плоскости и поверхности геометрического тела.

На рис. 2.36 даны три проекции прямого кругового конуса $SABCD$ и фронтальная проекция секущей плоскости P_2 . Плоскость P перпендикулярна плоскости Π_2 . По фронтальной проекции видно, что она пересекает все образующие конуса и наклонена к его оси. Поэтому сечением является фигура, ограниченная



эллипсом.

Отметим точки пересечения плоскости P с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости Π_2 . Это точки 1 и 6. Затем отметим точки пересечения плоскости P с образующими, которые являются очерковыми относительно плоскости Π_3 . Это точки 4 и 8. Кроме очерковых образующих проведем произвольно несколько образующих конуса и отметим точки их пересечения с плоскостью P . Это точки 2, 5, 7 и 10. Соединив эти точки плавной кривой линией, получим эллипс.

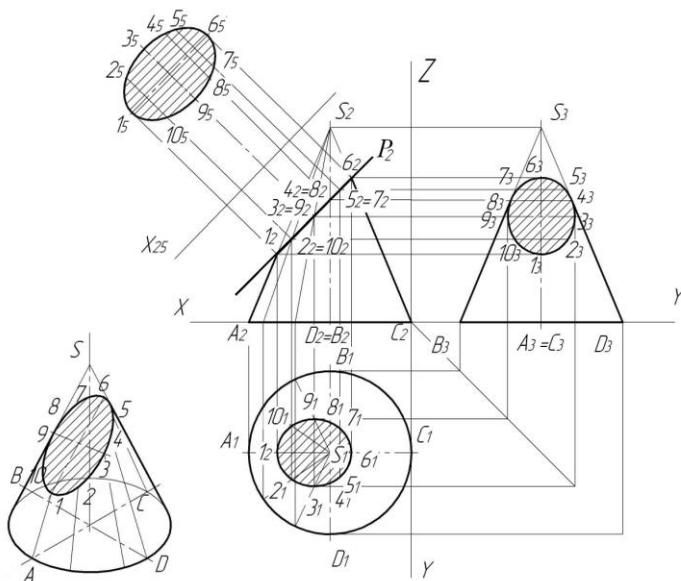


Рис. 2.36. Сечение прямого кругового конуса плоскостью

Рассматривая наглядное изображение сечения конуса на рис. 2.36, можно видеть, что большая ось эллипса - это отрезок 1-6; малая ось эллипса должна быть перпендикулярна большой оси и делить большую ось на две равные части. Поэтому проведем перпендикуляр к отрезку 1-6 через его середину до пересечения с эллипсом и получим точки 3 и 9. Отрезок 3-9 представляет собой малую ось эллипса.

На фронтальной проекции конуса отметим проекции точек пересечения плоскости P с очерковыми образующими - точки 1_2 , 6_2 и 4_2 , 8_2 . Отрезок 1_2 - 6_2 представляет собой натуральную величину большой оси эллипса ($1-6=1_2-6_2$, так как отрезок 1-6



Инженерная графика

параллелен плоскости Π_2). Разделив отрезок 1_2-6_2 на две равные части, отметим точку 3_2 и совпадающую с ней точку 9_2 – фронтальную проекцию малой оси эллипса, которая перпендикулярна плоскости Π_2 и проецируется на нее в точку. Затем отметим проекции точек пересечения произвольных образующих конуса, например точек $2_2, 5_2, 7_2$ и 10_2 . Построим горизонтальные и профильные проекции точек $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9$ и 10 , лежащие на поверхности конуса и заданных фронтальными проекциями. Построение точек на поверхности конуса нам известно (см. подп. 2.2.3).

Соединив точки $1_1, 2_1, \dots, 10_1$ плавной кривой линией, получим эллипс: отрезки 1_1-6_1 и 3_1-9_1 – горизонтальные проекции большой и малой осей эллипса. Фигура, ограниченная эллипсом, – горизонтальная проекция сечения конуса.

Соединив точки $1_3, 2_3, \dots, 10_3$ плавной кривой линией, получим эллипс: отрезок 1_3-6_3 – профильная проекция большой оси эллипса: отрезок 3_3-9_3 – профильная проекция малой оси эллипса. Фигура, ограниченная этим эллипсом, – профильная проекция сечения конуса.

Большая ось эллипса $1-6$ проецируется в натуральную величину на плоскость Π_2 (1_2-6_2), малая ось эллипса $3-9$ проецируется в натуральную величину на плоскость Π_1 (3_1-9_1) и на плоскость Π_3 (3_3-9_3).

Натуральная величина фигуры сечения на рис. 2.36 найдена в результате замены горизонтальной плоскости проекций плоскостью Π_5 . Дополнительная плоскость Π_5 параллельна секущей плоскости P и перпендикулярна Π_2 .

При пересечении шара любой плоскостью фигурой сечения является круг. Если секущая плоскость параллельна какой-либо плоскости проекций, то круг проецируется на эту плоскость в натуральную величину.



Инженерная графика

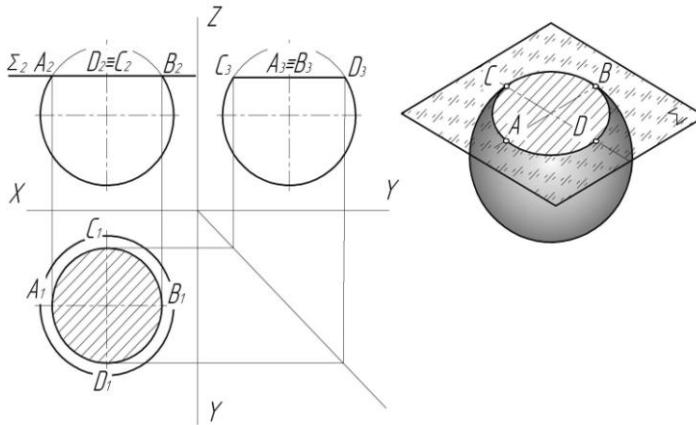


Рис. 2.37. Сечение шара горизонтальной плоскостью уровня

На рис. 2.37 шар пересечен горизонтальной плоскостью Σ . В сечении получается круг, который проецируется на плоскость Π_1 в натуральную величину; на плоскости Π_2 и Π_3 круг проецируется в отрезки A_2B_2 и C_3D_3 , соответственно параллельные осям x и y .

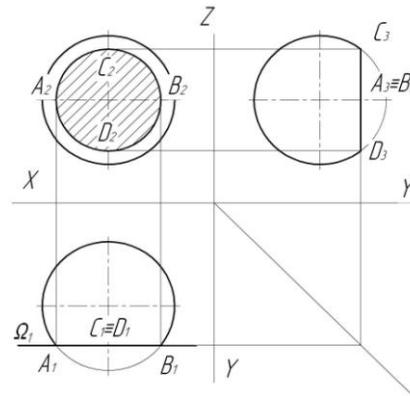


Рис. 2.38. Сечение шара фронтальной плоскостью уровня

Если шар пересечен фронтальной плоскостью (плоскость Ω на рис. 2.38), в сечении получается круг, который проецируется в натуральную величину на плоскость Π_2 ; если шар пересечен профильной плоскостью, в сечении получается круг, который проецируется в натуральную величину на плоскость Π_3 .



Инженерная графика

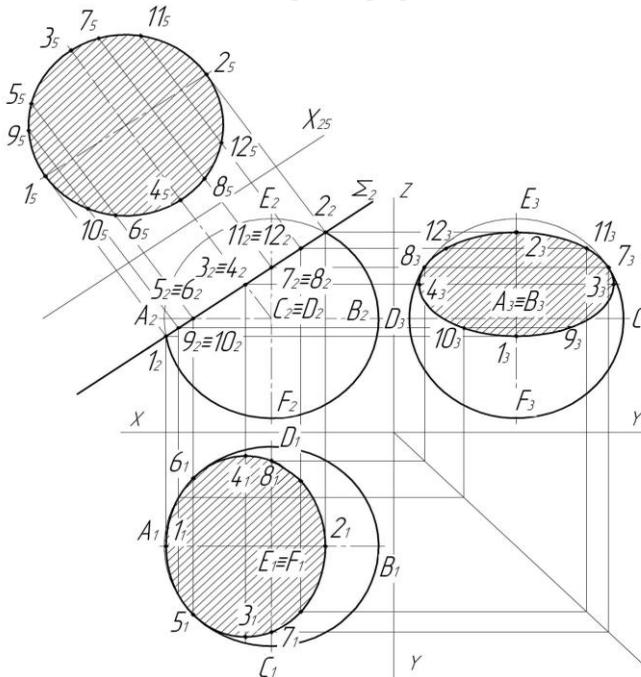


Рис. 2.39. Сечение шара плоскостью

На рис.2.39 даны три проекции шара и фронтальная проекция секущей плоскости Σ . Плоскость Σ перпендикулярна плоскости Π_2 , но наклонена к плоскостям Π_1 и Π_3 . Сечением шара является круг, но на плоскости Π_1 и Π_3 он проецируется в фигуры, которые ограничены эллипсом.

Начнём построение проекций фигуры сечения с точек, которые являются концами взаимно перпендикулярных диаметров сечения. Один диаметр сечения перпендикулярен плоскости Π_2 и проецируется на эту плоскость в натуральную величину. Обозначим его фронтальную проекцию цифрами 1_2 и 2_2 ; второй диаметр сечения перпендикулярен плоскости Π_2 и проецируется на эту плоскость в точку. Обозначим фронтальную проекцию второго диаметра цифрами $3_2=4_2$, (он проходит через середину диаметра 1-2). Цифрами 5_2 и 6_2 обозначим фронтальные проекции точек пересечения плоскости Σ с экватором; цифрами 7_2 и 8_2 обозначим фронтальные проекции точек пересечения плоскости Σ с профильным меридианом. Кроме характерных точек для построения горизонтальной проекции можно взять любые точки пересечения поверхности шара с плоскостью Σ (например, точки



9, 10, 11, 12). Построение проекций точек на поверхности шара нам известно (см. подп. 2.2.3). Соединив точки $1_l, 2_l, \dots, 10_l$ плавной кривой линией, получим эллипс. Фигура, ограниченная этим эллипсом, - горизонтальная проекция сечения.

Профильная проекция сечения шара - также фигура, ограниченная эллипсом. Начнем построение профильной проекции сечения с характерных точек: 1 и 2; 3 и 4; 5 и 6; 7 и 8, построив профильные проекции этих точек по двум известным проекциям. Соединим их плавной кривой линией и получим эллипс. Фигура ограниченная этим эллипсом, - профильная проекция фигуры сечения.

Натуральная величина сечения шара плоскостью Σ представляет собой круг диаметра 1-2 (или 3-4). Натуральная величина диаметра круга известна по фронтальной 1_2-2_2 , горизонтальной 4_1-3_1 или профильной 3_3-4_3 проекциям сечения и может быть найдена без дополнительных построений.

Выполните задания:

Задание 1. Ответьте на вопросы.

1. Каков общий приём построения линии пересечения плоскости с поверхностью вращения?

2. Какие фигуры могут получаться при пересечении плоскостью цилиндра?

3. Какие фигуры могут получаться при пересечении плоскостью конуса?

Задание 2. Выполните в тетради построения.

2.1. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линию пересечения фронтально проецирующей плоскости P с прямым круговым цилиндром, основание которого расположено на горизонтальной плоскости.

2.2. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линию пересечения фронтально проецирующей плоскости P с прямым круговым конусом, основание которого расположено на горизонтальной плоскости.

2.3. Постройте в ортогональных проекциях и прямоугольной изометрии линию пересечения фронтально проецирующей плоскости P с шаром, стоящим на горизонтальной плоскости.

2.4. Определите натуральную величину сечений.

Положение секущей плоскости задайте самостоятельно, а геометрические тела постройте по размерам: диаметры оснований цилиндра и конуса 60 мм, а высота 80 мм; диаметр шара 70 мм.



ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДМЕТОВ

3.1. Анализ формы предметов

Обычно предметы или модели представляют собой комбинацию или сочетание нескольких простейших геометрических тел. Зная способы проектирования геометрических тел, можно построить ортогональные проекции модели. При этом модель необходимо мысленно расчленить на составляющие её геометрические тела, то есть сделать анализ формы модели или предмета.

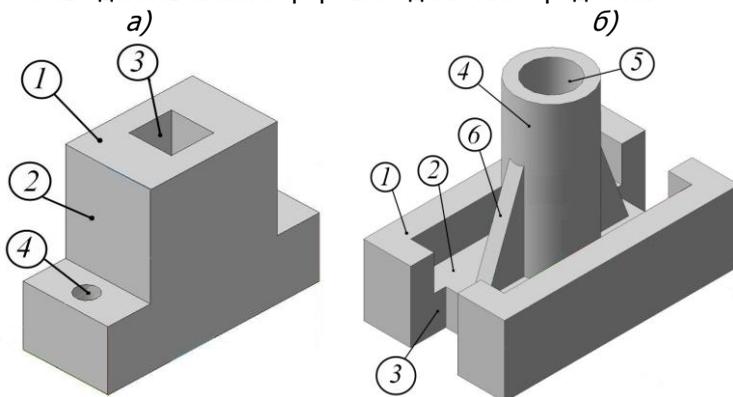


Рис. 3.1. Анализ геометрической формы моделей

Например, модель на рис. 3.1,*а* представляет собой прямоугольный параллелепипед *1*, в котором справа и слева сделаны два выреза в форме прямоугольных параллелепипедов *2*. В модели имеются сквозные отверстия: одно - в форме прямоугольного параллелепипеда *3* и два цилиндрических *4*.

На рис. 3.1,*б* изображена более сложная модель. Выделим элементы, из которых она состоит. На основании в виде прямоугольного параллелепипеда *1* с вырезами *2* и *3* расположен цилиндр *4* с отверстием цилиндрической формы *5*, к цилиндру прилегают треугольные призмы *6* в качестве рёбер жёсткости.



3.2. Построение ортогональных проекций предметов

Порядок построения ортогональных проекций предметов зависит от их формы. Для одних предметов определяют общую геометрическую форму, то есть форму заготовки, из которой предмет может быть сделан, а затем строят отдельные его элементы. Для других предметов определяют, из каких простейших геометрических тел состоит предмет, а затем последовательно строят проекции этих тел. Рассмотрим порядок построения ортогональных проекций предметов на примерах.

На рис. 3.2 изображены ортогональные проекции и аксонометрия модели, показанной на рис. 3.1, а.

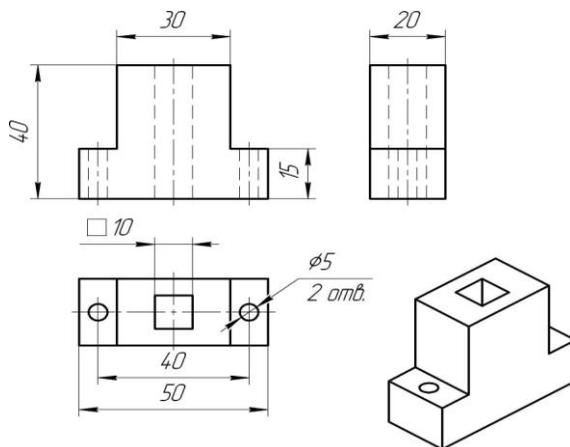


Рис. 3.2. Ортогональные проекции и аксонометрия модели (рис.3.1,а)

Построение проекций начнём с общей геометрической формы модели – прямоугольного параллелепипеда 1 (рис.3.3,а). На все три плоскости проекций параллелепипед проецируется в прямоугольники. Так как модель симметричная, на проекциях параллелепипеда проведём оси симметрии.



Инженерная графика

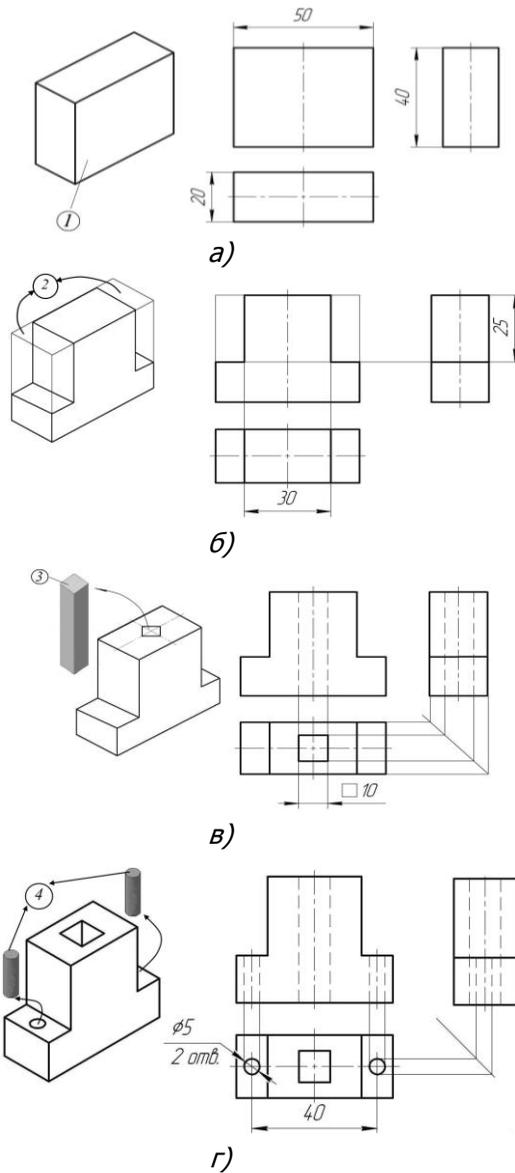


Рис. 3.3. Этапы построения ортогональных проекций модели (рис.3.1,а)

Покажем на проекциях параллелепипеда вырезы (рис. 3.3,б).



Их сначала начертим на горизонтальной проекции, для чего отложим по 15 мм влево и вправо от оси симметрии и начертим отрезки – горизонтальные проекции боковых граней параллелепипеда 2. Отложим величину 25 мм, которая равна высоте выреза, на профильной проекции параллелепипеда и проведём горизонтальный отрезок – проекцию нижних оснований вырезанных параллелепипедов 2.

Строим проекции сквозного призматического отверстия 3 (рис. 3.3, в). На горизонтальной проекции в месте пересечения осей симметрии строим квадрат со стороной 10 мм. Фронтальную и профильную проекции отверстия строим с помощью линий связи. На этих проекциях отверстие является невидимым, поэтому его показываем штриховыми линиями.

Строим проекции сквозных цилиндрических отверстий 4 (рис. 3.3, г). На горизонтальной проекции от места пересечения осей симметрии откладываем вправо и влево по 20 мм, чертим две окружности диаметром 5 мм. Фронтальную и профильную проекции отверстий строим с помощью линий связи. На этих проекциях отверстия невидимы, поэтому их показываем штриховыми линиями.

На проекциях предмета наносим все необходимые размеры и оформляем чертёж модели (рис.3.2).

На рис. 3.4 изображены ортогональные проекции и аксонометрия модели, показанной на рис. 3.1, б.

После анализа формы предмета, мы знаем, из каких геометрических тел он состоит. Теперь на всех проекциях последовательно будем чертить изображения геометрических тел, из которых состоит предмет.

Строим три проекции параллелепипеда 1 с вырезом в форме прямоугольного параллелепипеда 2 (рис. 50, а).

На проекциях параллелепипеда 1 покажем проекции призматических вырезов 3 (рис. 50, б).

В центре нижнего основания вырезанного прямоугольного параллелепипеда 2 покажем проекции прямого кругового цилиндра 4 (рис. 50, в).



Инженерная графика

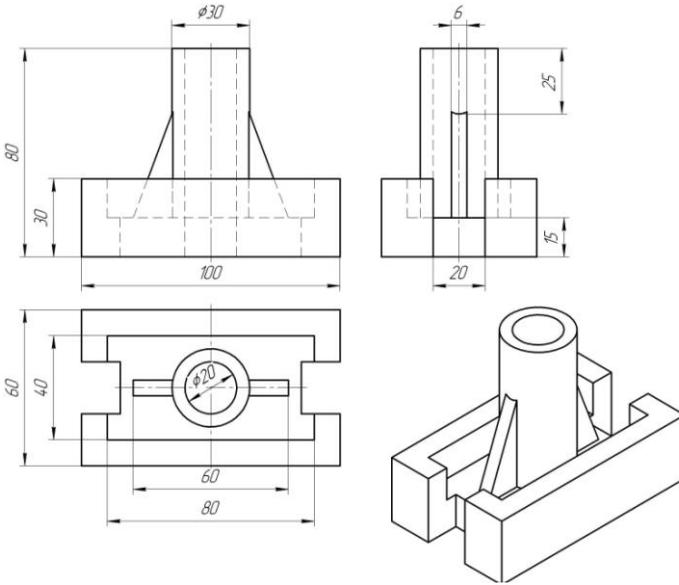
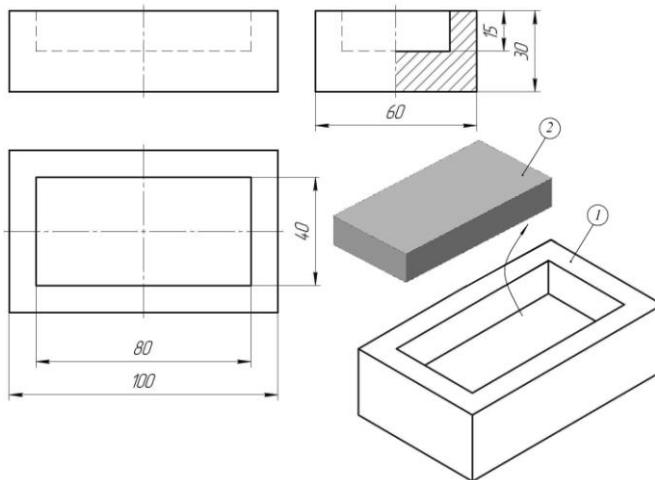


Рис. 3.4. Ортогональные проекции и аксонометрия модели (рис.3.1, б)

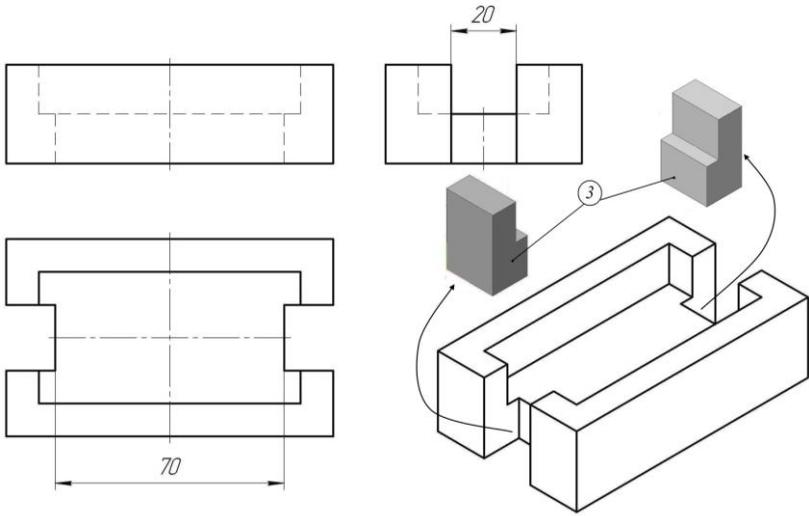


а)

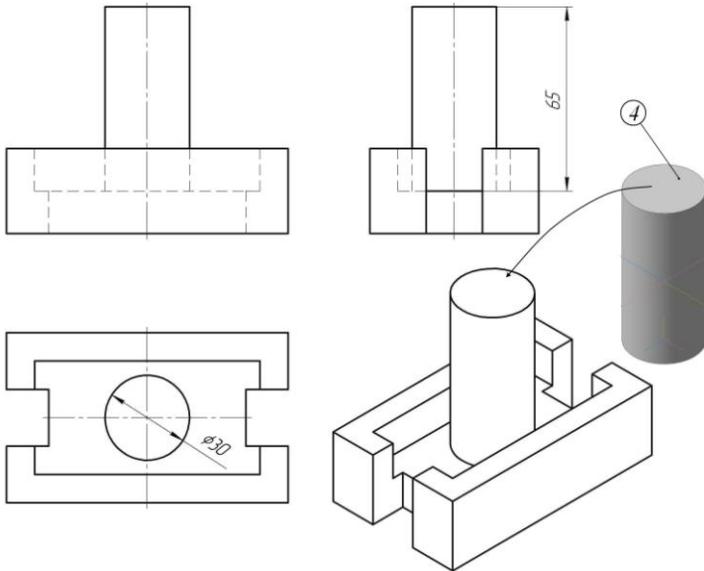
Рис. 3.5. Этапы построения ортогональных проекций модели (рис.3.1, б) (начало)



Инженерная графика



б)

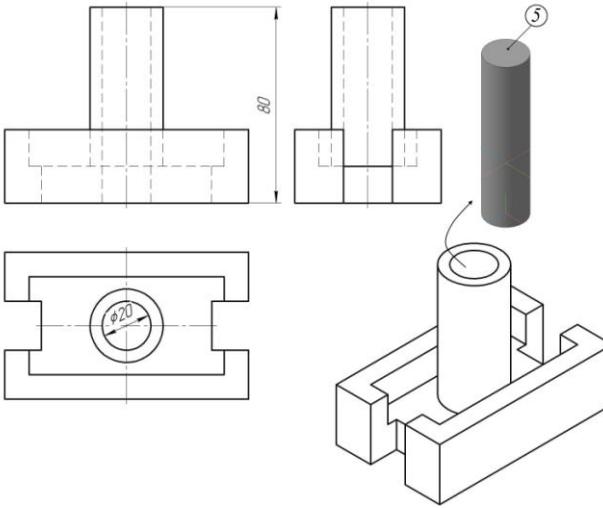


в)

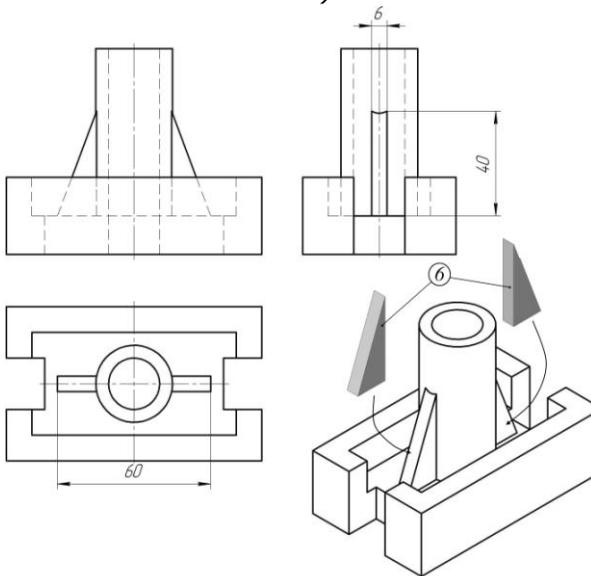
Рис. 3.5. Продолжение



Инженерная графика



г)



д)

Рис. 3.50. Окончание



Далее строим проекции сквозного цилиндрического отверстия 5 (рис. 3.5, г).

Построим три проекции рёбер жёсткости *б*, которые представляют собой треугольные призмы (рис. 3.5, д).

На проекциях предмета наносим все необходимые размеры и оформляем чертёж модели (рис.3.4).

3.3. Аксонометрические проекции предметов

Вспомним, что *аксонометрической проекцией* называют изображение, полученное при параллельном проецировании предмета вместе с осями прямоугольных координат, к которым он отнесен в пространстве, на какую-либо плоскость (рис.3.6).

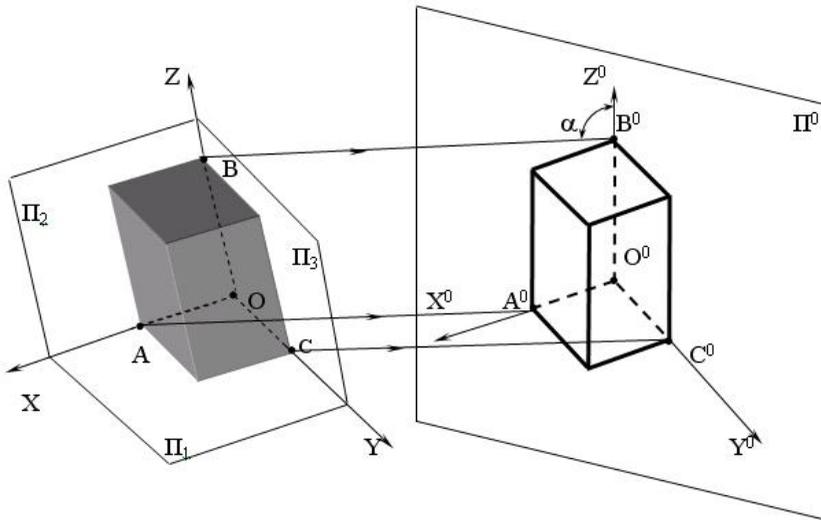


Рис.3.6. Получение аксонометрической проекции

Рассмотрим способы построения аксонометрических проекций деталей, а именно *прямоугольную изометрическую проекцию*, которая отличается наилучшей наглядностью, передают форму предмета с наименьшими искажениями, наиболее проста и удобна в построении. Так как все три *действительных коэффициента* искажения по аксонометрическим осям одинаковы и равны 0,82, а в соответствии с ГОСТ 2.317—69 при выполнении технических чертежей в прямоугольной изометрической проекции применяют *приведенные коэффициенты* искажения по осям, равные 1, то изображения получаются увеличенными 1,22 раза. Однако увели-



чение не влияет на наглядность, а время на выполнение изображения уменьшается, так как сокращаются математические расчеты.

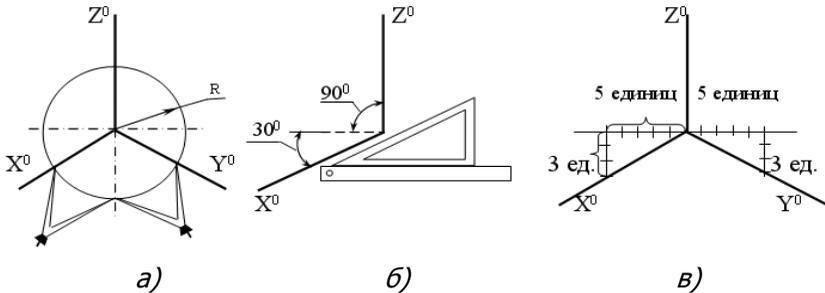


Рис.3.7 способы построения аксонометрических осей

Напомним, что углы между аксонометрическими осями в этом виде проекций равны 120° . Их строят тремя способами: с помощью циркуля (рис. 3.7, а), с помощью угольника и линейки (рис. 3.7, б) и с помощью отношения 5:3 катетов прямоугольного треугольника (рис. 3.7, в).

3.3.1 Способы построения аксонометрических проекций моделей

Построение аксонометрических проекций моделей сводится к последовательному изображению геометрических тел, составляющих форму их, и линий взаимного пересечения поверхностей.

Как правило, аксонометрические проекции моделей выполняют по чертежам. Масштабы изображения модели в аксонометрической проекции и на чертеже могут быть различными.

Аксонометрическая проекция обратима. Она содержит такие данные, по которым можно построить чертеж (ортогональные проекции) изображенной модели или детали.

В практике черчения выработано несколько способов, упрощающих построение аксонометрических проекций моделей. Исходя из формы модели, в каждом конкретном случае выбирают наиболее рациональный способ.

Первый способ. Сначала строят вторичную проекцию одной из видимых граней модели, а затем изображением элементов достраивают остальную часть детали.

Этот способ рассмотрим на примере изображения модели (рис. 3.8).



Инженерная графика

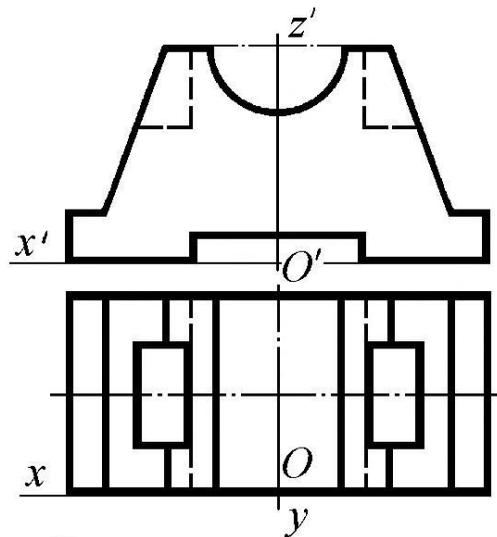


Рис. 3.8. Ортогональные проекции модели

Строим аксонометрические оси, учитывая необходимость правильного композиционного расположения габаритных очертаний модели на свободном поле чертежа (рис. 3.9, *а*), и выполняем построение аксонометрической проекции передней грани модели по её фронтальной проекции.

Параллельно оси Y из вершин передней грани проводим прямые и откладываем на них ширину модели, измерив ее на горизонтальной проекции (рис. 3.9, *б*).

Соединяем отмеченные точки и получаем видимое очертание боковых и верхней поверхностей модели (рис. 3.9, *в*).

Изображаем элементы модели - призматические выемки в её верхней части (рис. 3.9, *г*). Проверяем правильность построений и обводим аксонометрическую проекцию линией видимого контура.



Инженерная графика

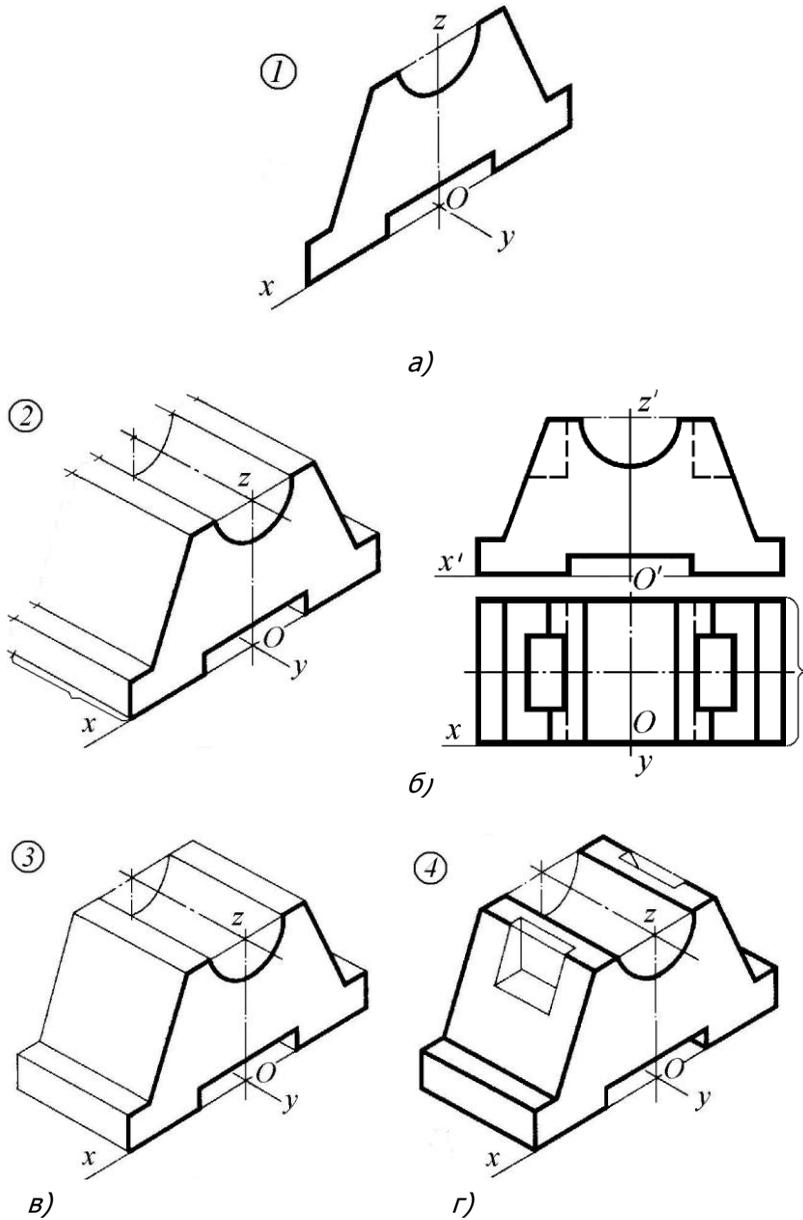


Рис.3.9. Этапы построения аксонометрической проекции модели по её ортогональным проекциям (первый способ)
 Второй способ основан на мысленном вписывании отдельных



Инженерная графика

частей детали в поверхность какого-либо простого геометрического тела. Этот способ показан на примере изображения детали (рис. 3.10).

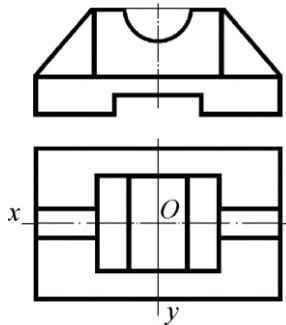
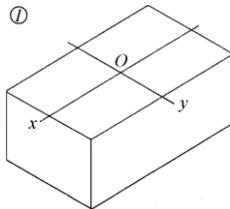
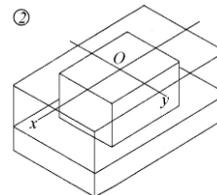


Рис. 3.10. Ортогональные проекции модели

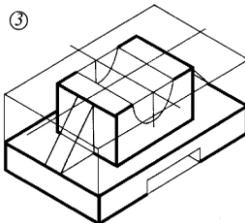
Сначала анализируем форму детали. Общая геометрическая форма предмета представляет собой прямоугольный параллелепипед. Затем строим тонкими линиями аксонометрическую проекцию габаритного параллелепипеда. Для этого проводим аксонометрические оси, изображаем верхнее основание и видимую часть нижнего основания (рис. 3.11, а).



а)



б)



в)

Рис.3.11. Этапы построения аксонометрической проекции модели по её ортогональным проекциям (второй способ)

Намечаем габаритные параллелепипеды отдельных частей детали — верхней опоры и нижней плиты (рис. 3.11, б).

Завершаем построение изображением мелких частей детали:



цилиндрической и призматической выемки и ребра жесткости (рис. 3.11, в).

Третий способ начинают с изображения основания предмета, а затем путем «наращивания» элементов достраивают его полностью. Способ показан на примере изображения детали (рис. 3.12).

Анализируем форму предмета. Предмет состоит из прямоугольного параллелепипеда с вырезами, на котором расположен цилиндр. Сначала строим аксонометрию основания параллелепипеда с вырезами с левой и правой стороны.

В центре основания параллелепипеда (точка O) строим эллипс, который является аксонометрией основания цилиндра. Достраиваем аксонометрию цилиндра.

Проверяем правильность построений и обводим аксонометрическую проекцию линией видимого контура.

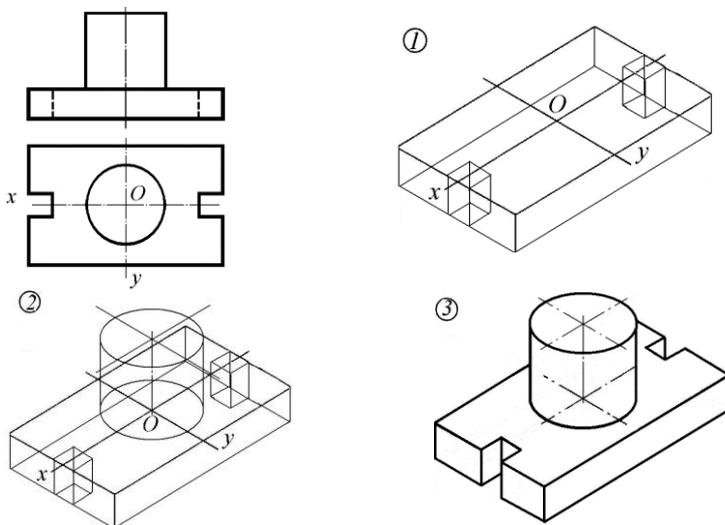


Рис. 3.12. Этапы построения аксонометрической проекции модели по её ортогональным проекциям (третий способ)

Структурно-логическая схема темы «Тела вращения» приведена на рис. 3.13 и 3.14.

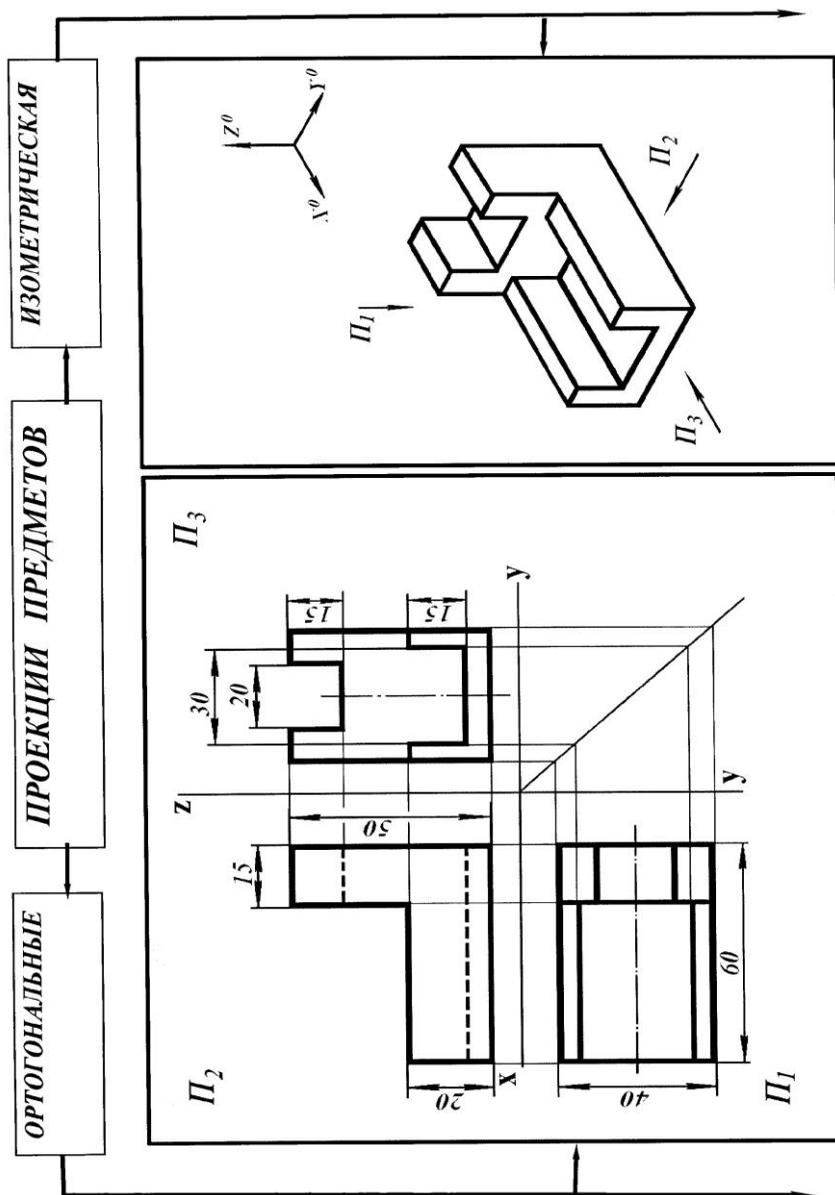


Рис. 3.13. Структурно-логическая схема темы «Проецирование предметов». Построение ортогональных проекций предмета



Инженерная графика

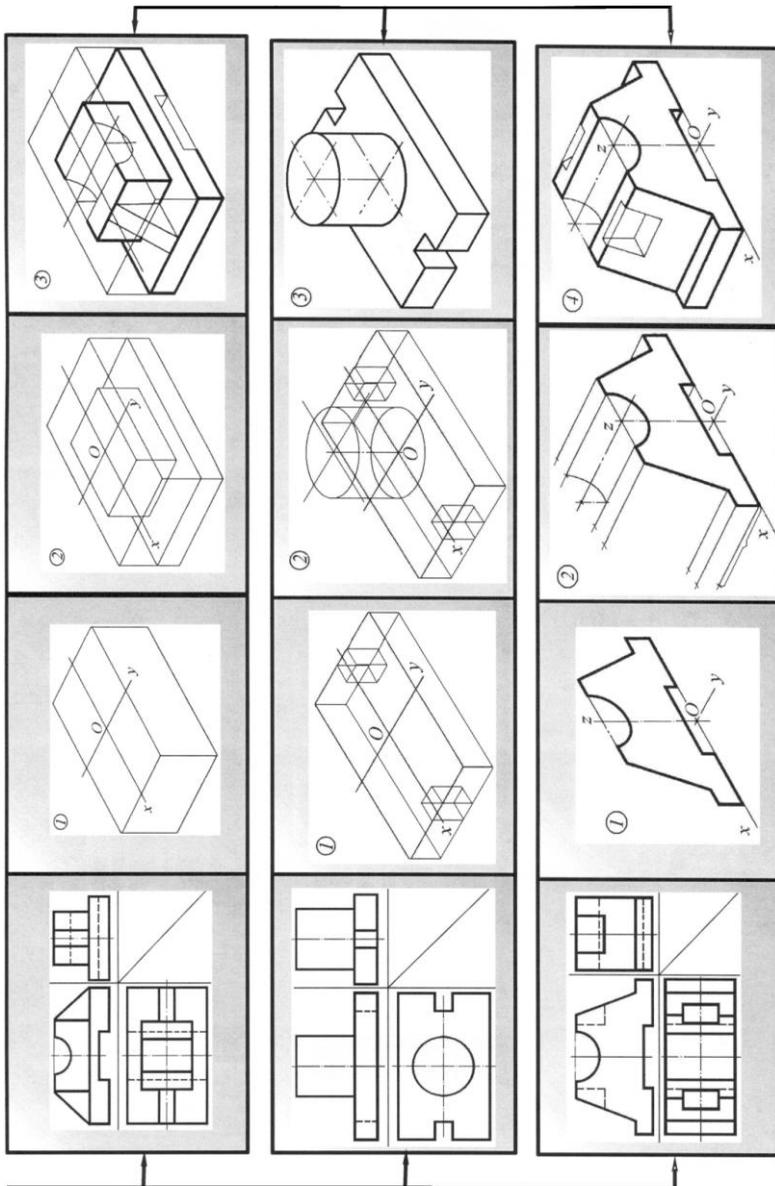


Рис. 3.14. Структурно-логическая схема темы «Проецирование предметов». Построение аксонометрии предмета



Инженерная графика

Выполните задания:

Задание 1.

Ответьте на вопросы.

1. В каком порядке выполняются ортогональные проекции модели?
2. Какие способы построения аксонометрической проекции модели по её ортогональным проекциям вы знаете?
3. Что означает обратимость аксонометрической проекции?

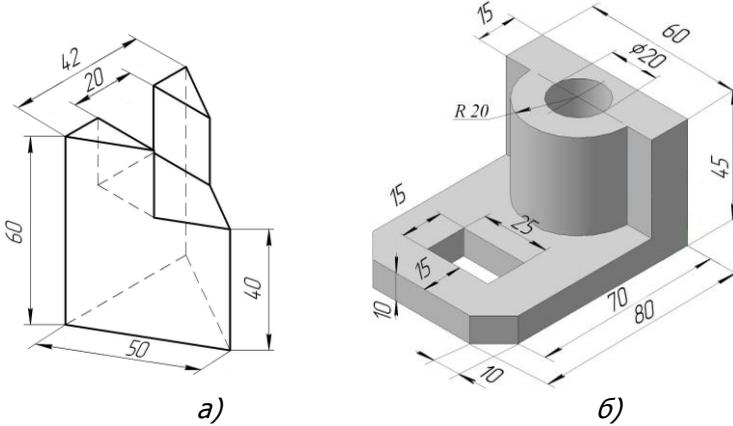


Рис. 3.15.

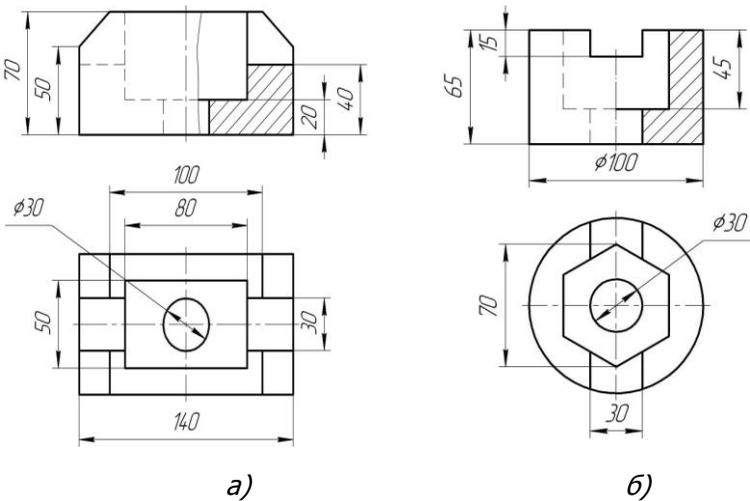


Рис. 3.16.



Задание 2. Выполните в тетради построения.

1. По заданной аксонометрической проекции модели (рис.3.15, *а, б*) постройте ортогональные проекции в М 1:1 и нанесите размеры.

2. По заданным двум ортогональным проекциям модели (рис.3.16, *а, б*) постройте в М 1:1 три проекции и прямоугольную изометрию данной модели.



ПОСЛЕСЛОВИЕ

Одним из условий успешного овладения техническими знаниями является умение правильно применять положения и методы начертательной геометрии, в которой представлена система ортогональных и аксонометрических проекций, как основа различных способов графического изображения на плоскости пространственных объектов.

Теоретический материал и практические задания, представленные в пособии, ориентированы на формирование определённых компетенций, а также на преодоление лингвистических трудностей, возникающих при восприятии и осмыслении технической терминологии, представленной на русском языке как иностранном.

Систематическое использование пособия в учебном процессе и регулярная самостоятельная работа с его материалами позволит иностранным студентам вспомнить начальные сведения по основам начертательной геометрии и проекционному черчению, изучить терминологию на русском языке, освоить способы построения изображения пространственных геометрических тел и предметов на плоском чертеже, определять положение и проекции точек, принадлежащих поверхности геометрических тел, строить линии пересечения тел плоскостью, что необходимо при конструировании различных деталей.



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазурова И.И. Казакова Т.Б. Черчение: учебное пособие для иностранных учащихся - слушателей подготовительных отделений вузов. – 2-е изд., перераб. - М.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
2. Калашникова С.Б. Инженерная графика. Проекция прямой. Метод. указания для иностранных студентов довузовской подготовки. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2006. - 27 с.
3. Калашникова С.Б. Инженерная графика. Проекция плоской фигуры. Учеб. пособие для иностранных студентов довузовской подготовки. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2007. - 52 с.