

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФГБОУ ВПО «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Т.М. КОНДРАТЬЕВА, В.И. ТЕЛЬНОЙ, Т.В. МИТИНА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

**Учебное пособие
для студентов заочной формы обучения**

Москва 2013

ББК 30.11
УДК 744

Рецензент

заведующий кафедрой инженерной графики
ВА РВСН имени Петра Великого канд. техн. наук, профессор Г.А. Ивойлов

Пособие написано в соответствии с программой дисциплины «Инженерная графика». Изложено содержание домашних заданий, рассмотрены теоретические вопросы и требования к их выполнению, а также приведен график выполнения домашних заданий.

Предназначено для студентов 1-го курса заочной формы обучения.

Кондратьева Т.М., Тельной В.И., Митина Т.В. Инженерная графика.
Учебное пособие. - М.: МГСУ, 2013. - 110 с.

© Московский государственный строительный университет, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Инженерная графика относится к учебным дисциплинам, составляющим основу инженерного образования. Знание этой дисциплины и умение применять ее к решению практических задач – необходимое условие подготовки специалистов в высших учебных заведениях. В ходе изучения инженерной графики студенты приобретают знания, необходимые для усвоения других общенаучных и специальных дисциплин.

«Инженерная графика», как общепрофессиональная дисциплина, введена в учебные планы всех инженерных специальностей, а также таких специальностей, как архитектор и реставратор.

Проектирование зданий и сооружений, изготовление их элементов и изделий, разработка элементов декоративной отделки интерьеров, конструирование и изготовление деталей машин и механизмов сопровождаются соответствующими графическими изображениями: рисунками, чертежами, эскизами, а также пространственными моделями - макетами. Поэтому первоочередными задачами при подготовке будущих специалистов, изучающих дисциплину «Инженерная графика», являются:

- приобретение студентами навыков выполнения и чтения чертежей;
- получение знаний геометрического моделирования и образования сложных форм поверхностей, отвечающих требованиям, предъявляемым к архитектурно-строительным объектам, с учетом технической эстетики, эргономики, художественной выразительности и экономической целесообразности;
- овладение методами изображения пространственных форм на плоскости и умение использовать их в профессиональной деятельности.

В процессе изучения дисциплины «Инженерная графика» студент должен прослушать курс лекций, решить задачи из «Практикума», выполнить домашние задания по заданным вариантам.

Основной формой работы студентов-заочников является самостоятельное изучение материала по учебникам и учебным пособиям.

После успешной защиты домашних работ и решения задач из «Практикума» студент получает допуск к экзамену по инженерной графике.

На экзамен студент представляет выполненные работы и «Практикум». Во время экзамена студент решает три задачи и отвечает на теоретический вопрос. Экзаменатору предоставляется право задавать дополнительные вопросы.

ТЕОРИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРТЕЖА

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1. Точки, расположенные в пространстве, обозначают прописными буквами латинского алфавита A, B, C, D, \dots или римскими цифрами I, II, III, \dots (вспомогательные точки).

Ортогональные проекции точек - строчными буквами латинского алфавита или арабскими цифрами: a, b, c, d, \dots или $1, 2, 3, 4, \dots$ - на горизонтальной плоскости проекций; a', b', c', d', \dots или $1', 2', 3', 4', \dots$ - на фронтальной плоскости проекций.

2. Прямые линии в пространстве, задаваемые отрезками: AB, CD, EF, \dots ; проекции отрезков прямых линий: $ab, a'b', cd, c'd', \dots$; $1-2, 1'-2', \dots$; $1-a, 1'-a', \dots$.

3. Плоскости, расположенные в пространстве, - прописными буквами латинского алфавита: P, Q, R, S, T, \dots или ABC ; проекции плоскостей: $abc, a'b'c', \dots$.

4. Плоскости проекций: горизонтальная - H , фронтальная - V , профильная - W ; плоскости, заданные следами: $P_H, P_V; T_H, T_V; \dots$.

5. Поверхности - прописными буквами греческого алфавита: $\Gamma, \Pi, \Sigma, \Omega, \dots$.

6. Углы - строчными буквами греческого алфавита: $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \dots$.

7. Оси проекций: x, y, z, y_1 , или $\frac{V}{H}, \dots$.

8. Начало координат - буквой O .

9. Горизонтальные линии - h ; фронтальные линии - f ; профильные линии - p .

10. При преобразовании чертежа новое положение проекций точек: $a_1, b_1, \dots; a_2', b_2', \dots$.

11. Основные графические операции:

- совпадение (тождественность) двух геометрических элементов: $A \equiv B; a' \equiv b', \dots$;

- точка A принадлежит прямой AB : $A \in AB$; точка A принадлежит плоскости Σ : $A \in \Sigma$;

- прямая AB пересекает прямую CD , в результате получается точка C : $C = AB \cap CD$ или $C = AB \times CD$;

- параллельность прямых, плоскостей: $AB \parallel CD; S \parallel T$;

- перпендикулярность прямых, плоскостей: $AB \perp P; S \perp T$;

- прямые AB и CD - скрещивающиеся: $AB - CD$;

- прямой угол: графическим обозначением на изображении \perp ;

- прямые AB и CD образуют угол α : $\alpha = AB \wedge CD$.

1. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

1.1. Общие положения

1. Каждое задание (табл. 1.1) выполняется на листах ватмана формата А3 (420×297). Расположение листа может быть как вертикальное, так и горизонтальное.

Внутренняя рамка наносится на расстоянии 20 мм от левого края листа и на расстоянии 5 мм от остальных трех сторон.

В правом нижнем углу внутренней рамки помещается основная надпись, размеры и порядок заполнения которой приведены в Практикуме по начертательной геометрии.

2. Эпюры рекомендуется выполнять в тонких линиях с последующей обводкой тушью. Для лучшей наглядности эпюра при обводке можно использовать различные цвета.

3. Линии чертежа и шрифт надписей должны соответствовать ГОСТ 2.303-68 и ГОСТ 2.304-81. Толщину основной сплошной линии рекомендуется выбирать равной 0,7...0,8 мм.

4. В случае пересечения линии чертежа с обозначением, линию следует разомкнуть.

5. На эпюре должны быть сохранены и обведены все линии построения.

6. Порядок построений рекомендуется отмечать стрелками.

7. Точность построений должна быть в пределах 1 мм.

8. На все задания приведены примеры выполнения.

9. Работы, выполненные по чужим вариантам, не рассматриваются.

Т а б л и ц а 1.1

Контрольные задания - эпюры

| № п/п | Наименование заданий | Формат | Число листов формата |
|-------------------------------|--|--------|----------------------|
| 1-й семестр (осенний) | | | |
| 1 | Эпюр 1. Способы преобразования проекций в сечениях группы геометрических тел | А3 | 1 |
| 2-й семестр (весенний) | | | |
| 2 | Эпюр 2. Проектирование земляного сооружения | А3 | 2 |

1.2. Цель, содержание и оформление эдюров

1.2.1. Цель, содержание и оформление эдюра № 1

Цель задания – закрепить знания по темам «Пересечение поверхности плоскостью», «Способы преобразования проекций» и приобрести навыки в решении простейших геометрических задач на ортогональном чертеже.

Содержание задания

Д а н ы: сочетания геометрических тел: призмы, пирамиды, цилиндра, конуса, шара и проходящие через них секущие плоскости.

Т р е б у е т с я:

1. Построить три проекции заданных геометрических форм.
2. Любым способом преобразования проекций определить натуральную величину сечения геометрических форм плоскостью, указанной преподавателем.

Оформление эдюра. Эдюр выполняется на листе формата А3 тушью или в карандаше. Варианты заданий приведены в приложении А.

Пример выполнения задания приведен на рис. 1.1.

1.2.2. Цель, содержание и оформление эдюра № 2

Цель задания – закрепить теоретические знания по теме «Проекция с числовыми отметками» и приобрести навыки в построении чертежей инженерных сооружений на топографической поверхности.

Содержание задания. По заданным горизонталям топографической поверхности и плану горизонтальной площадки под сооружение и наклонной дороги **т р е б у е т с я:**

1. Определить границы земляных работ с построением линий пересечения откосов насыпей и выемок между собой и с топографической поверхностью, приняв уклоны откосов: выемки $i_v = 1:1$, насыпи $i_n = 2:3$, дорожного полотна $i_d = 1:3$ и кювета $i_k = 2:1$.

2. Построить профиль (сечение) рельефа местности и сооружения по заданному направлению горизонтального следа проецирующей плоскости, указанной преподавателем. Профиль водоотводного кювета – «равнобокая трапеция» шириной один метр.

Оформление эдюра. Эдюр выполняется в масштабе 1:100 на двух листах чертежной бумаги формата А3 тушью с цветной отмывкой. Горизонтали топографической поверхности, штриховка откосов выемок и насыпей, а также линии построения выполняются тонкими линиями толщиной 0,2...0,3 мм; контур земляного сооружения и линии пересечения откосов с

топографической поверхностью и между собой – линиями толщиной 0,6...0,7 мм.

Отмывка элементов эпора выполняется следующими цветами: строительная площадка и наклонная дорога – серым цветом; кювет – серым цветом более насыщенного тона; выемка – коричневым цветом; насыпь – желтым цветом; остальная топографическая поверхность – зеленым цветом.

Пример выполнения задания приведен на рис. 1.2 и 1.3.

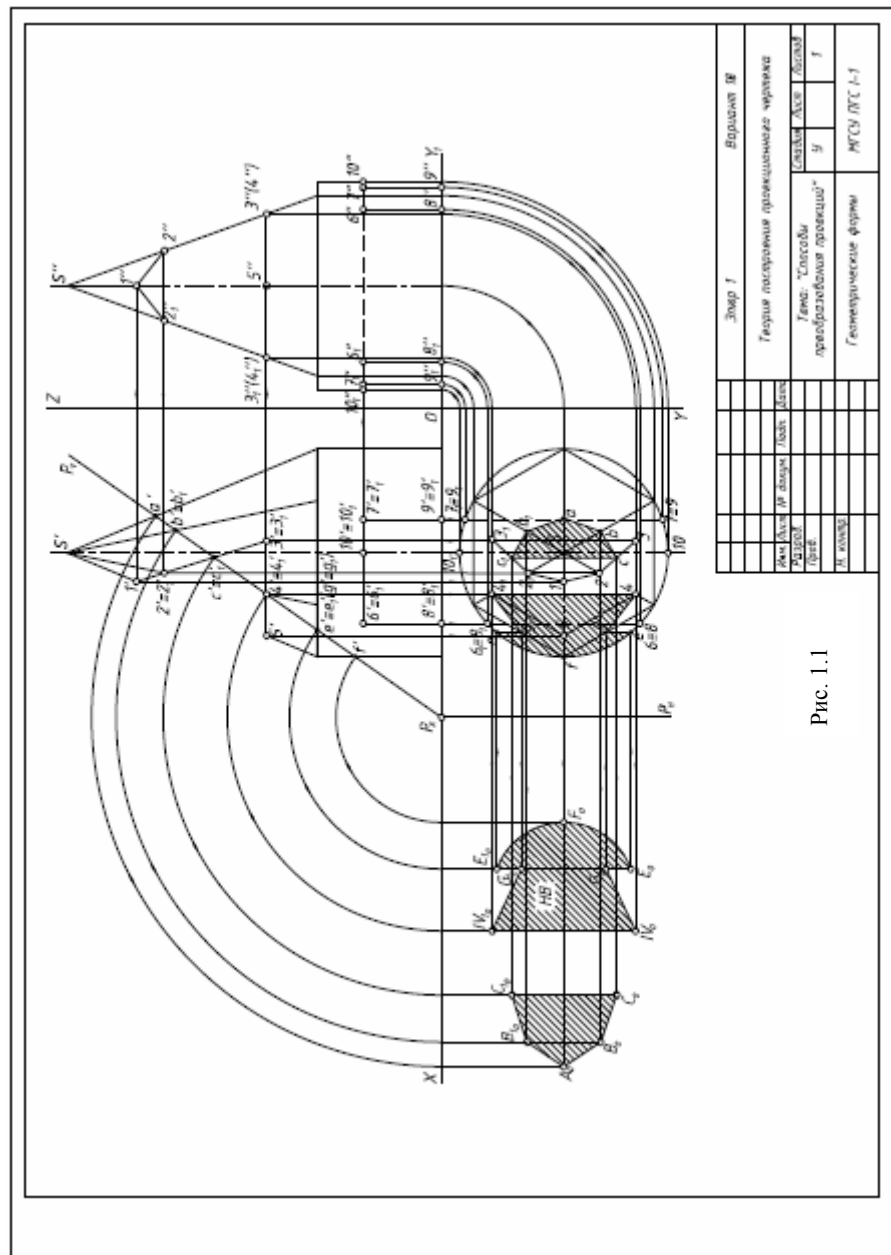


Рис. 1.1

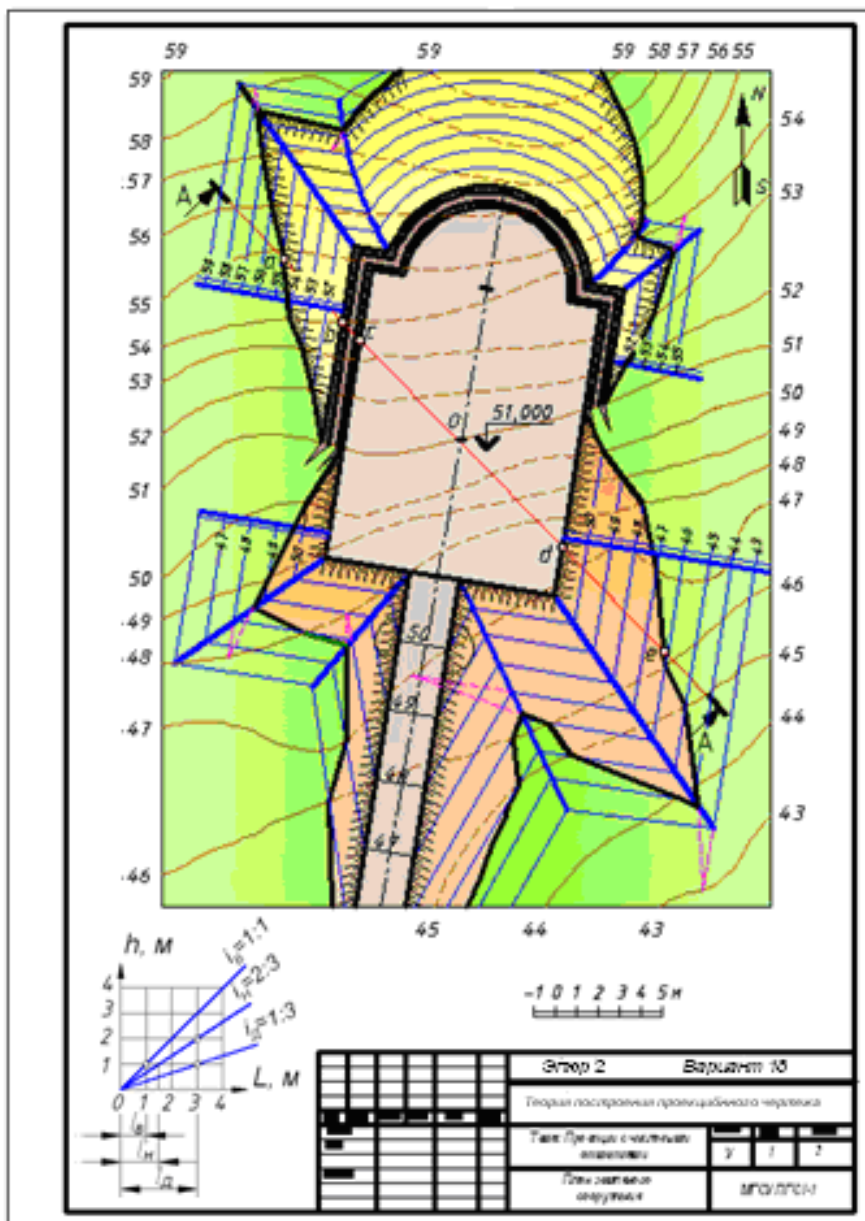


Рис. 1.2

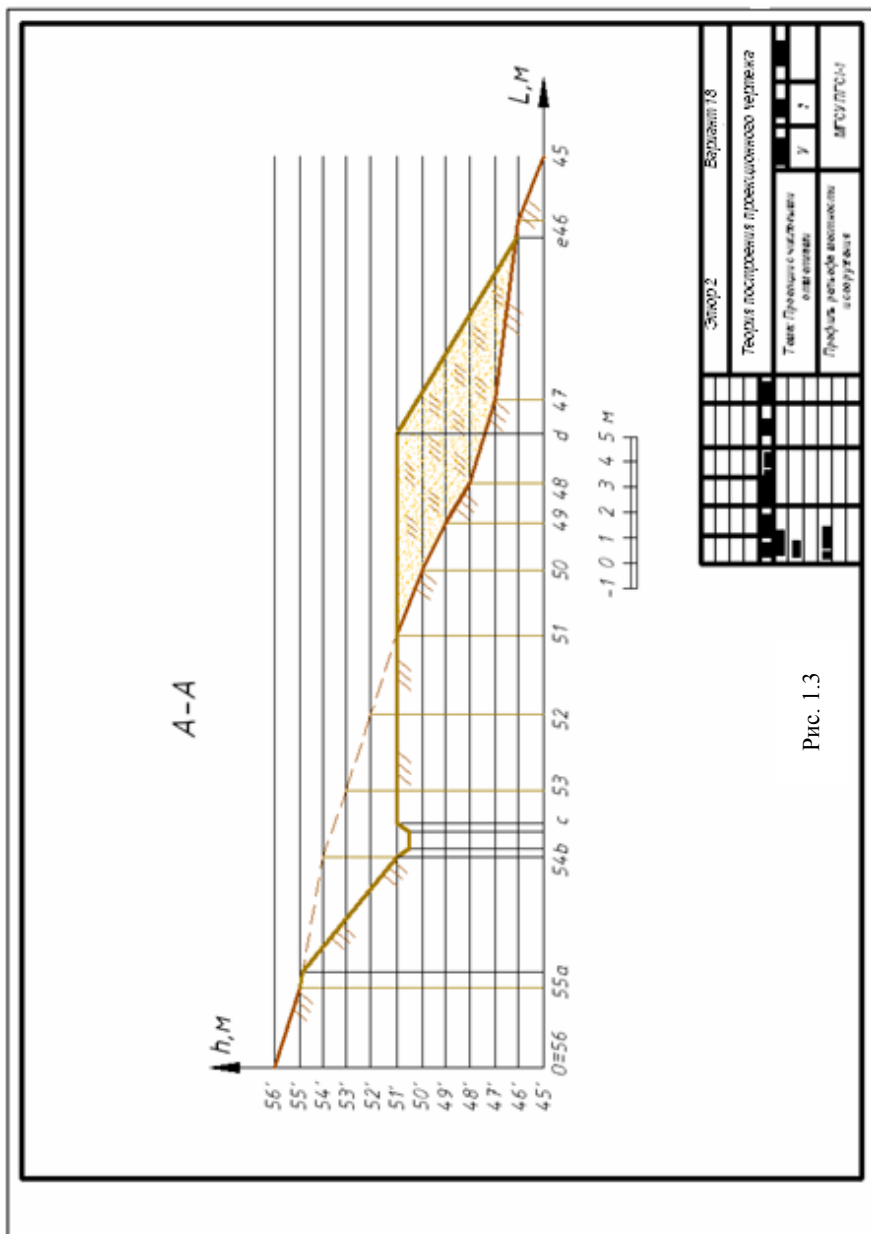


Рис. 1.3

2. «ТОЧКА, ПРЯМАЯ, ПЛОСКОСТЬ И ИХ ВЗАИМОРАСПОЛОЖЕНИЕ»

2.1. Построение следов плоскости

Каждый след плоскости представляет собой прямую, для построения которой нужно знать либо две точки, либо одну точку и направление. Двумя точками, с помощью которых определяется положение следа плоскости, могут быть одноименные следы двух прямых, принадлежащих плоскости. В качестве одной из точек может быть использована точка схода следов на оси проекций.

На рис. 2.1 показано построение следов плоскости, заданной треугольником BCD . Чтобы построить фронтальный след P_V плоскости BCD , находим фронтальные следы прямых CD и BC (точки N и N_I) в следующей последовательности:

- а) продолжаем горизонтальную проекцию cd стороны треугольника CD до пересечения с осью Ox в точке n ;
- б) из точки n восстанавливаем перпендикуляр к оси Ox ;
- в) продолжаем фронтальную проекцию CD ($c'd'$) до пересечения с перпендикуляром;
- г) на пересечении получаем фронтальный след прямой CD – точку $N \equiv n'$.

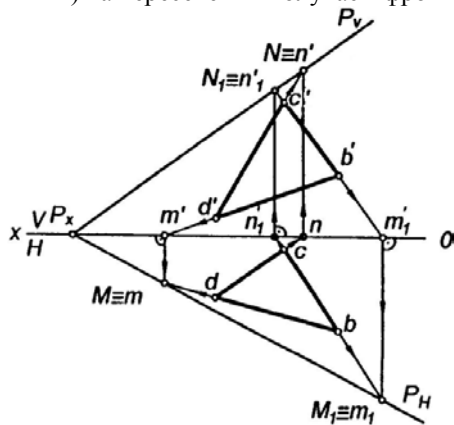


Рис. 2.1

Затем аналогично строим фронтальный след прямой BC – точку $N_I \equiv n'_I$. Фронтальный след P_V плоскости P будет проходить через точки N и N_I .

Горизонтальный след плоскости P_H строится аналогично. Следует отметить, что в данном случае для построения следа P_H достаточно иметь горизонтальный след только одной прямой, например, BD – точку M . Второй точкой, определяющей положение следа P_H , будет точка схода следов P_x (точка пересечения ранее построенного следа P_V с осью Ox).

2.2. Определение расстояния от точки до плоскости

Расстояние от точки до плоскости определяется длиной перпендикуляра, опущенного из точки на плоскость. Таким образом поставленная задача сводится к проведению через точку A прямой, перпендикулярной к плоско-

сти, нахождению точки встречи этой прямой с плоскостью и определению истинной величины отрезка прямой, заключенного между точкой A и точкой встречи. Как известно, если прямая перпендикулярна плоскости, то ее проекции перпендикулярны одноименным следам или соответствующим проекциям линий уровня этой плоскости (горизонтали и фронтали).

2.2.1. Определение расстояния от точки A до плоскости треугольника BCD

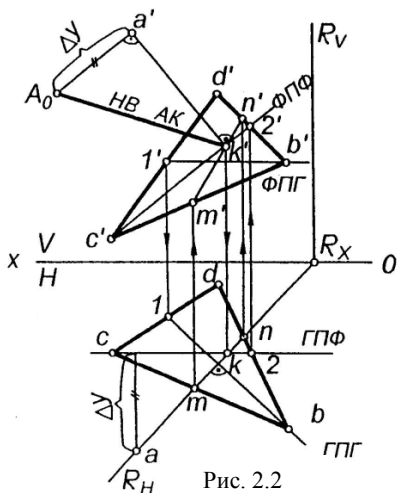


Рис. 2.2

Проведем в плоскости треугольника BCD (рис. 2.2) горизонталь BI ($b1; b'1'$) и фронталь CI ($c2; c'2'$) и опустим из точки a' перпендикуляр на прямую $c'2'$, а из точки a - перпендикуляр на прямую $b1$. Основанием перпендикуляра является точка его пересечения с плоскостью BCD .

Для того, чтобы найти точку пересечения перпендикуляра с плоскостью заключаем перпендикуляр в горизонтально проецирующую плоскость R , которая пересекает плоскость треугольника BCD по прямой MN ($mn; m'n'$). На пересечении $m'n'$ с фронтальной проекцией перпендикуляра находим фронтальную проекцию его основания - точку k' . Спроецировав точку

k' на горизонтальную проекцию линии MN (mn), получим точку k . Натуральную величину перпендикуляра AK определим способом прямоугольного треугольника как длину гипотенузы A_0k' треугольника $A_0a'k'$.

2.2.2 Определение расстояния от точки A до плоскости P , заданной следами

Строим проекции перпендикуляра к плоскости. Горизонтальную проекцию перпендикуляра проводим из точки a перпендикулярно горизонтальному следу плоскости P_H , а фронтальную проекцию из точки a' перпендикулярно P_V (рис. 2.3). Основанием перпендикуляра является точка его пересечения с плоскостью P .

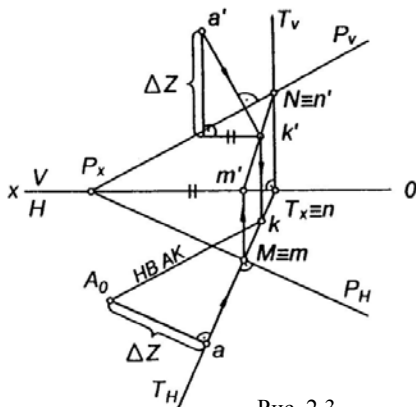


Рис. 2.3

Чтобы ее найти, заключаем перпендикуляр в горизонтально проецирующую плоскость T , которая пересекает плоскость P по прямой MN (mn ; $m'n'$). На пересечении фронтальной проекции прямой с фронтальной проекцией перпендикуляра находим фронтальную проекцию его основания – точку k' . Спроецировав точку k' на горизонтальную проекцию линии MN (mn), получим точку k . Натуральную величину перпендикуляра AK определим способом прямоугольного треугольника.

2.3. Построение плоскости S (S_H ; S_V), параллельной плоскости P и отстоящей от нее на три масштабные единицы

На натуральной величине перпендикуляра AK (рис. 2.4) откладываем от точки k' три масштабные единицы (30 мм) – получаем точку 3_0 . Опустив из этой точки перпендикуляр на фронтальную проекцию отрезка $a'k'$, получим точку $3'$, а затем в проекционной связи точку 3 на горизонтальной проекции перпендикуляра ak .

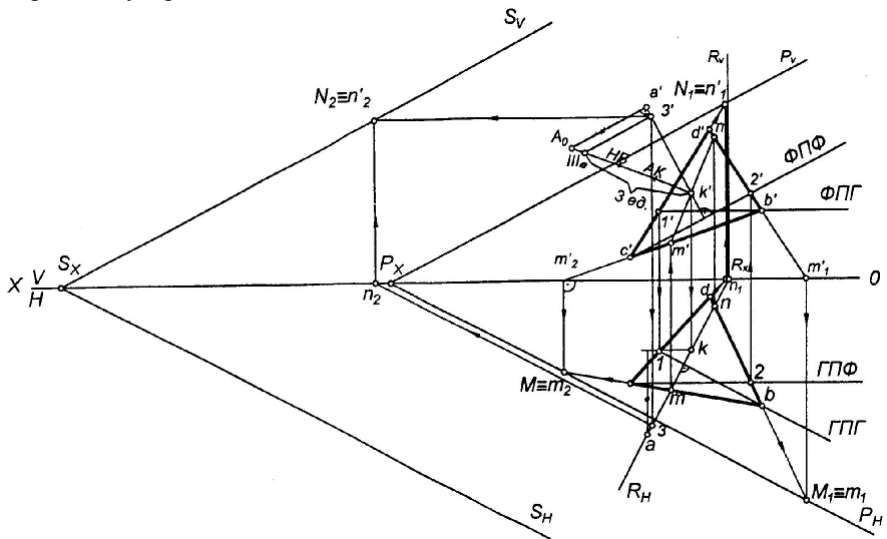


Рис. 2.4

Проводим через точку $(3, 3')$ горизонталь искомой плоскости S параллельно произвольной горизонтали плоскости P . Ее горизонтальная проекция должна проходить через точку 3 , параллельно следу P_H , а фронтальная проекция - через точку $3'$, параллельно оси проекций. Найдя фронтальный след этой горизонтали $N_2 \equiv n_2'$, проводим следы искомой плоскости: сначала фронтальный след S_V через точку $N_2 \equiv n_2'$, параллельно следу P_V до пересечения с

осью проекций в точке S_X , а затем через эту точку - горизонтальный след S_H , параллельно следу P_H .

2.4. Проведение через произвольно взятую точку E плоскости R , перпендикулярной к заданной прямой

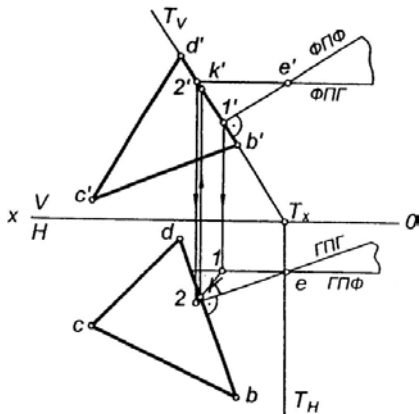


Рис. 2.5

$R(h \times f)$, проведенная через произвольную точку E ($e; e'$), на рис. 2.5. Нахождение точки $K(k, k')$ пересечения стороны BD с плоскостью R показано на рисунке.

Второй способ. Через произвольно взятую точку E проводим горизонталь: фронтальную проекцию горизонтали параллельно оси проекций Ox , а горизонтальную проекцию – перпендикулярно bc (рис. 2.6). Через фронтальный след горизонтали $N \equiv n'$ проводим фронтальный след плоскости R_V перпендикулярно $b'c'$. Из точки R_X проводим горизонтальный след плоскости R_H перпендикулярно bc . Для нахождения точки пересечения прямой BC с плоскостью R заключаем прямую BC в горизонтально проецирующую плоскость T . Находим линию пересечения M_1N_1 ($m_1n_1, m_1'n_1'$) плоскостей R и T . Отмечаем точку K (k, k') на пересечении прямых BC и M_1N_1 .

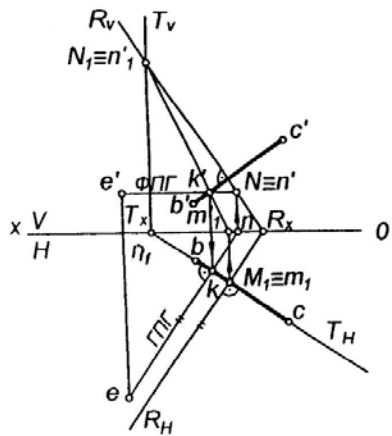


Рис. 2.6

2.5. Определение угла наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций

Для определения угла α наклона плоскости треугольника BCD к горизонтальной плоскости проекций H используем линию наибольшего наклона (ската) плоскости.

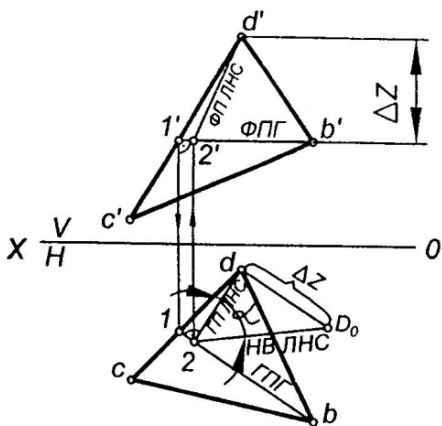


Рис. 2.7

Линиями наибольшего ската называют прямые данной плоскости, перпендикулярные к линиям уровня этой плоскости. Поэтому из точки d проводим горизонтальную проекцию линии наибольшего ската (ГП ЛНС) плоскости BCD под прямым углом к горизонтальной проекции горизонтали – получаем точку 2 (рис. 2.7). Затем строим фронтальную проекцию этой точки - $2'$. Фронтальная проекция линии наибольшего ската (ФП ЛНС) пройдет через точки d' и $2'$. Натуральную величину линии наибольшего ската DII определим способом прямоугольного треугольника. Угол α между линией наибольшего ската и ее горизонтальной проекцией определяет наклон плоскости BCD к плоскости H .

3. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ

Наиболее простое и точное решение задач удается получить, если заданные геометрические фигуры приведены в определенное частное положение относительно плоскостей проекций. Это достигается следующими способами:

1. оставляя проецируемый объект (фигуру) в заданном положении, изменяют положение плоскостей проекций относительно объекта (способ замены плоскостей проекций);

2. оставляя плоскости проекций в заданном положении, изменяют положение проецируемого объекта (фигуры) относительно этих плоскостей (способ вращения).

3.1. Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа замены плоскостей проекций состоит в том, что заданную систему плоскостей проекций заменяют новой системой так, что геометрические фигуры оказываются в частном положении относительно новой системы плоскостей проекций.

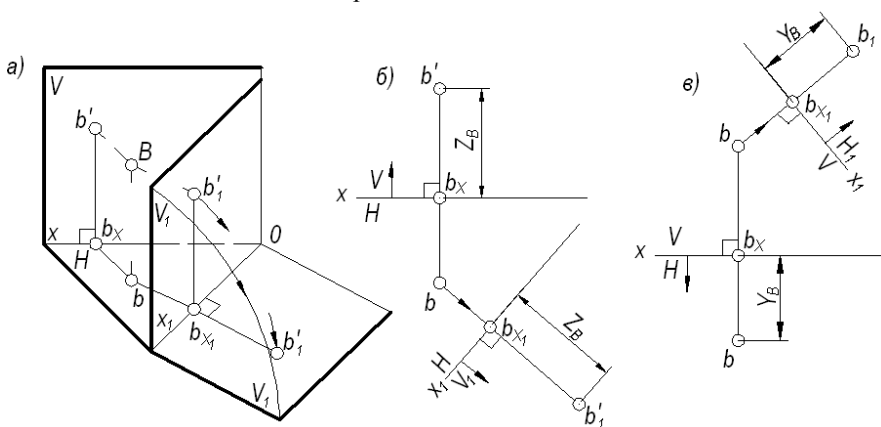


Рис. 3.1

Проследим, как изменятся проекции точки B , если плоскость V заменить на новую плоскость проекций V_1 (рис. 3.1, а). Плоскость V_1 проводим перпендикулярно плоскости H , положение которой остается без изменения. Плоскости H и V_1 пересекутся по прямой Ox_1 , определяющей новую ось проекций. В новой системе плоскостей проекций вместо проекций b и b' получим новые проекции b и b_1' . Легко убедиться, что расстояние от новой проекции точки b_1' до новой оси Ox_1

(координата Z) равно расстоянию от заменяемой проекции b' до заменяемой оси $0x$. Чтобы перейти от пространственного чертежа к эюру, нужно совместить плоскость V_1 с плоскостью H . На эюре (рис. 3.1, б) для построения новой проекции b_1' используем неизменность координаты Z точки B . Для этого достаточно из горизонтальной проекции b провести перпендикуляр к новой оси $0x_1$ и от точки b_{x_1} отложить координату Z , определяемую расстоянием $b'b_x$ (Z_B) в прежней системе.

Замена горизонтальной плоскости H новой плоскостью H_1 (рис. 3.1, в) производится аналогично, с той лишь разницей, что теперь не изменяется фронтальная проекция точки b' , для построения новой горизонтальной проекции b_1 необходимо из сохраняемой фронтальной проекции b' провести линию связи к новой оси $0x_1$ и отложить от новой оси расстояние, равное расстоянию от заменяемой проекции b до заменяемой оси $0x$.

Замена плоскостей проекций может осуществляться только последовательно, нельзя менять обе плоскости сразу.

Рассмотрим на примерах, как производится замена плоскостей проекций и строятся новые проекции фигур.

Задача 1. Определить длину отрезка прямой AB общего положения.

Заменяем плоскость V плоскостью V_1 , параллельной отрезку AB (рис. 3.2, а). Проводим новую ось X_1 параллельно ab и на перпендикулярах, проведенных к ней

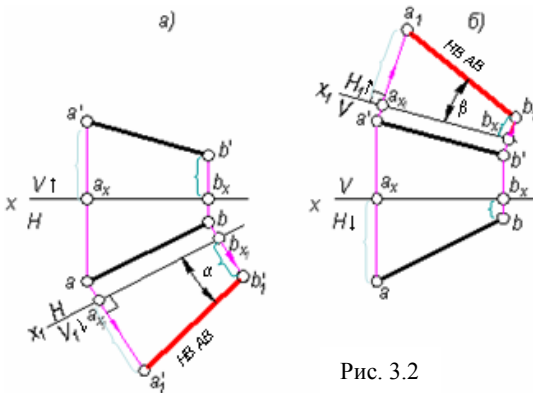


Рис. 3.2

из точек a и b , откладываем $a_{x_1}a_1' = a_x a'$ и $b_{x_1}b_1' = b_x b'$. Получаем новую проекцию $a_1'b_1' = AB$ и одновременно угол α наклона прямой к плоскости H .

Если плоскость H заменим плоскостью H_1 параллельной отрезку AB (рис. 3.2, б), то получим $a_1b_1 = AB$ и угол β наклона прямой к плоскости V .

Задача 2. Определить

натуральную величину треугольника ABC .

Задача решается последовательной заменой двух плоскостей проекций.

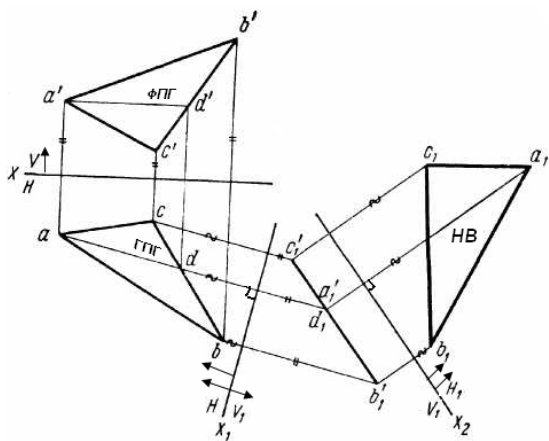


Рис. 3.3

Сначала плоскость V заменяем плоскостью V_1 , перпендикулярной к плоскости треугольника (рис. 3.3). Для этого в плоскости треугольника проводим горизонталь AD ($ad, a'd'$) и новую ось X_1 располагаем перпендикулярно к ad . На новой плоскости проекций треугольник спроецируется в прямую $b_1'a_1'c_1'$. На втором этапе плоскость H заменяем плоскостью H_1 , параллельной плоскости треугольника, располагая ось X_2 параллельно прямой $b_1'a_1'c_1'$. Построенная проекция $a_1b_1c_1$ определяет натуральную величину и форму треугольника ABC .

Задача 3. Определить расстояние от точки A (a, a') до плоскости P , заданной следами P_H и P_V (рис. 3.4).

Задача решается путем замены одной из плоскостей проекций новой, относительно которой плоскость P будет проецирующей.

Заменим, например, плоскость V плоскостью V_1 , перпендикулярной к

плоскости P . Новую ось X_1 проводим перпендикулярно к следу P_H . Выбираем на следе P_V произвольную точку N (n, n') и находим ее новую проекцию n_1' , откладывая $n_{X_1}n_1' = n_x n'_x = y_N$. Через точки P_{X_1} и n_1' проводим новый след P_{V_1} . Построив новую проекцию a_1' и опустив из нее перпендикуляр на P_{V_1} , определяем расстояние от точки A до плоскости P , которое равно отрезку $a_1'k_1'$. После этого определяем на первоначальном чертеже положение проекции основания перпендикуляра (k, k').

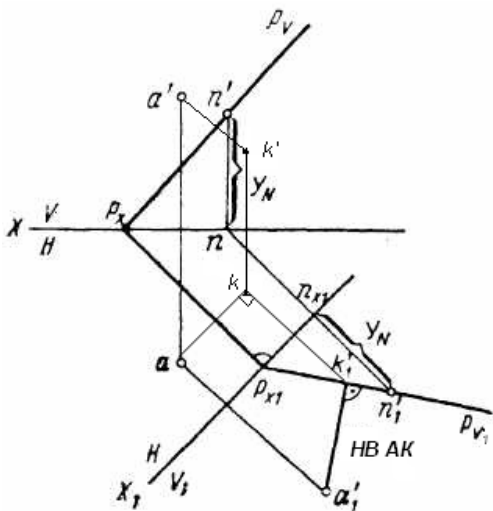


Рис.3.4

3.2. Способ вращения

Сущность способа вращения состоит в изменении положения объекта, заданного на эюре, таким образом, чтобы определенные его элементы заняли относительно плоскостей проекций частное положение и проецировались без искажений.

Рассмотрим следующие разновидности способа вращения: вращение вокруг линий уровня и совмещение.

При вращении важно правильно определить его элементы: ось, а также плоскость, центр, радиус и угол вращения.

3.2.1. Вращение вокруг линий уровня

Одним поворотом вокруг горизонтали или фронтали можно расположить плоскую фигуру или плоский угол параллельно одной из плоскостей проекций и тем самым определить их натуральную величину.

На рис. 3.5 показаны построения при вращении точки D вокруг горизонтали до положения, при котором радиус вращения $R_D = DO$ становится параллельным плоскости H и проецируется на нее в натуральную величину, т.е. $d_1o = D_1O = DO$.

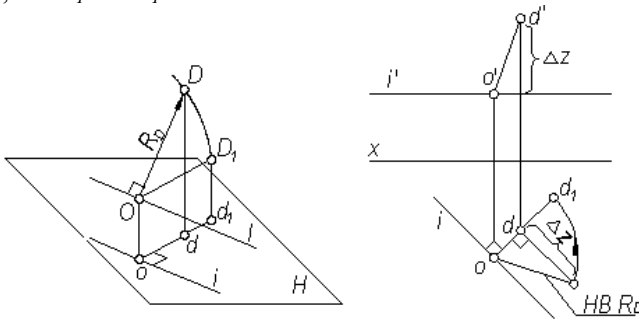


Рис. 3.5

Построения на эюре сводятся к определению способом прямоугольного треугольника длины радиуса вращения R_D и откладыванию ее на перпендикуляре, проведенном из точки d к горизонтали I (i, i'). Точка D (d, d') перемещается в положение D_1 (d_1, d_1').

Задача. Определить натуральную величину треугольника ABC (рис. 3.6).

В плоскости треугольника ABC ($abc, a'b'c'$) проводим горизонталь CD ($cd, c'd'$) и вращаем вокруг нее заданный треугольник до положения, при котором он станет параллельным плоскости H . Точки C (c, c') и D (d, d') неподвижны. Для определения повернутого положения вершины A определяем

величину радиуса R_A способом прямоугольного треугольника и откладываем ее на перпендикуляре к cd , опущенном из точки a . Получаем точку a_1 .

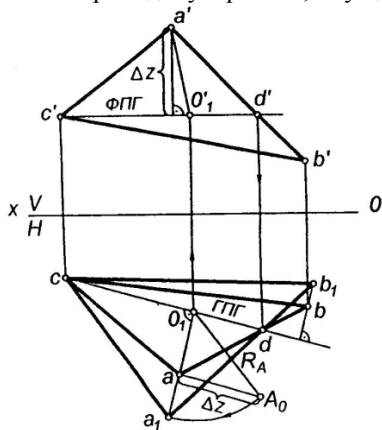


Рис. 3.6

нии уровня плоскости.

Способ совмещения заключается в том, что заданную плоскость P вместе с расположенными в ней геометрическими элементами вращают вокруг одного из ее следов P_H или P_V до совмещения с соответствующей плоскостью проекций H или V .

Все геометрические элементы (прямые и другие линии, фигуры), лежащие в заданной плоскости, изображаются в натуральную величину на плоскости проекций, с которой производится совмещение. Совмещение позволяет найти величину плоской фигуры по ее проекциям или построить проекции плоской фигуры, лежащей в какой-либо плоскости, по заданным ее размерам.

Если плоскость задана следами, то задача совмещения ее с плоскостью проекций сводится к построению совмещенного положения одного из следов, так как другой след, принимаемый за ось вращения, не меняет своего положения.

Как видно из рис. 3.7, для определения совмещенного следа P_{V_0} при вращении плоскости P вокруг следа P_H достаточно найти совмещенное положение N_0 любой точки N следа P_V . На рис. 3.7 показано также совмещение точки A (a, a'), лежащей в плоскости P , с плоскостью H при использовании горизонтали.

Задача. Найти натуральную величину треугольника ABC , расположенного в плоскости P общего положения (рис. 3.8).

Положение точки b_1 определяем, проводя прямую a_1d до пересечения с перпендикуляром, опущенным из точки b на cd .

Горизонтальная проекция треугольника $a_1b_1c_1$ по величине равна треугольнику ABC . Новая фронтальная проекция представляет собой прямую, совпадающую с $c'd'$.

3.2.2. Способ совмещения

Вращение плоскости вокруг оси, совпадающей с плоскостью проекций, т.е. вокруг следа плоскости, является частным случаем вращения вокруг ли-

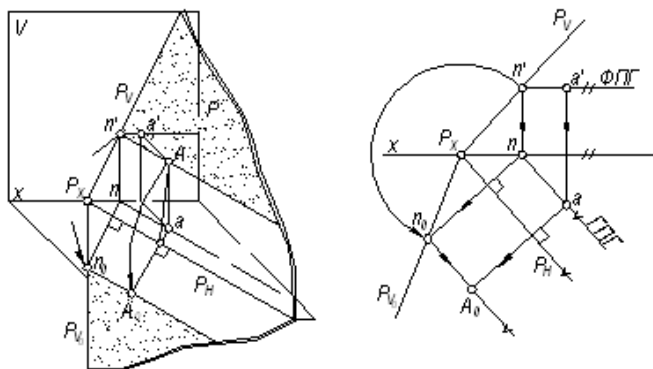


Рис. 3.7

Плоскость P совмещаем с плоскостью H вращением вокруг следа P_H . Используя горизонталь плоскости, на которых лежат вершины треугольника, находим совмещенные положения B_0, C_0 этих вершин и получаем треугольник $A_0B_0C_0$, равный заданному.

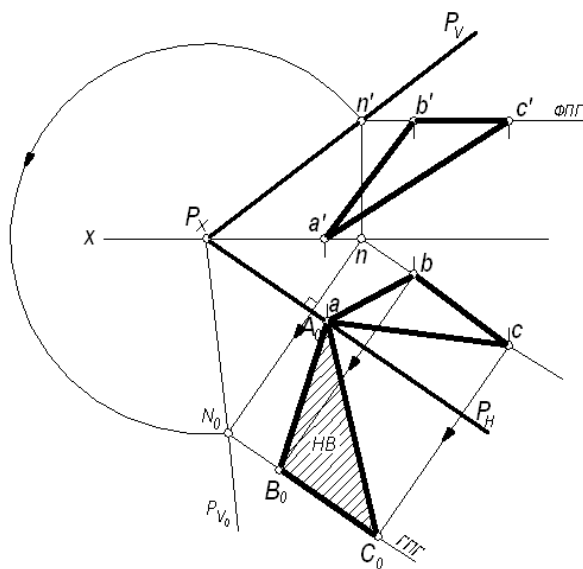


Рис. 3.8

4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЯМИ

4.1. Общие сведения

В общем случае, для того чтобы построить линию пересечения поверхности с плоскостью, нужно найти ряд точек, принадлежащих как поверхности, так и плоскости, а затем эти точки соединить плавной кривой или ломаной линией.

Для нахождения произвольной точки линии пересечения, необходимо:

1. рассечь заданные фигуры вспомогательной плоскостью;
2. найти линии пересечения этой плоскости с поверхностью и с заданной плоскостью;
3. на пересечении найденных линий получить искомые точки (чаще всего - две).

Последовательно проводя ряд вспомогательных плоскостей, можно найти необходимое число точек.

Вспомогательную плоскость следует выбирать так, чтобы ее линия пересечения с поверхностью проецировалась на плоскости проекций в виде простейших линий - прямой или окружности.

При построении линии пересечения находят, прежде всего, ее характерные (опорные) точки, а затем, по мере необходимости, промежуточные точки.

Характерные точки определяют характер линии пересечения и ее видимость. К ним относятся: экстремальные точки (высшая и низшая, крайняя левая и крайняя правая, ближняя и дальняя); точки, лежащие на проекциях очерка поверхности; точки, лежащие на проекциях осей поверхности.

Среди характерных точек выделяются очевидные точки, которые для своего нахождения не требуют дополнительных построений, а определяются при помощи линий проекционной связи. В некоторых случаях одна и та же точка может выполнять несколько функций.

Промежуточные точки выделяются на заданной линии для более точного графического построения искомой проекции линии.

Если заданная поверхность имеет прямолинейные образующие, то линию пересечения можно найти также следующим образом: нанести на поверхности ряд образующих и найти точки их пересечения с плоскостью, а затем соединить эти точки плавной кривой линией.

При построении сечения гранных поверхностей плоскостью используют два способа: *способ граней* – определяют стороны многоугольника сечения; *способ ребер* – определяют вершины многоугольника сечения.

Построение сечений значительно упрощается, если секущая плоскость является проецирующей. В этом случае одна проекция сечения совпадает с проецирующим следом плоскости.

Сечение многогранников. При пересечении многогранника плоскостью в сечении получается многоугольник. Количество вершин и размеры многоугольника зависят от формы и размеров многогранника, а также расположения секущей плоскости.

На рис. 4.1 показаны примеры сечений призмы, а на рис. 4.2 – пирамиды.

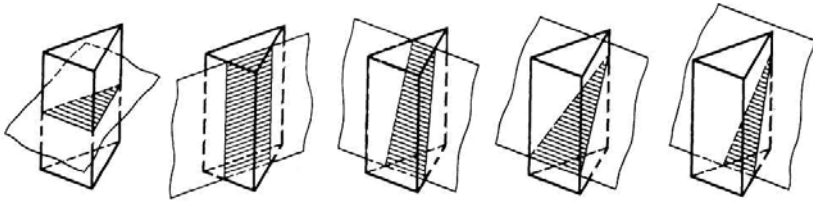


Рис. 4.1

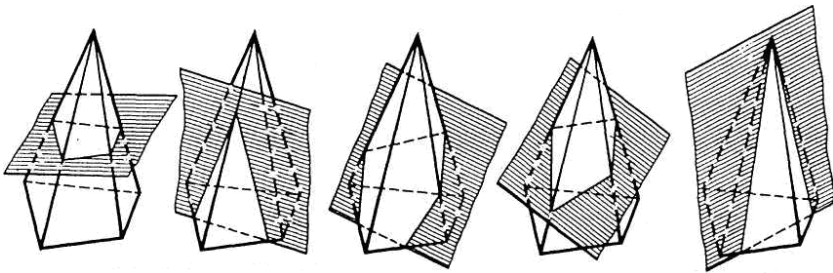


Рис. 4.2

Сечение цилиндра. Плоскость пересекает поверхность прямого кругового цилиндра:

- 1) *по окружности*, если она перпендикулярна оси цилиндра (рис. 4.3, а);
- 2) *по эллипсу* (части эллипса), если она произвольно наклонена к оси цилиндра (рис. 4.3, б, г, д);
- 3) *по прямоугольнику*, если она параллельна оси цилиндра и отстоит от нее на расстоянии, которое меньше радиуса цилиндра (рис. 4.3, в).

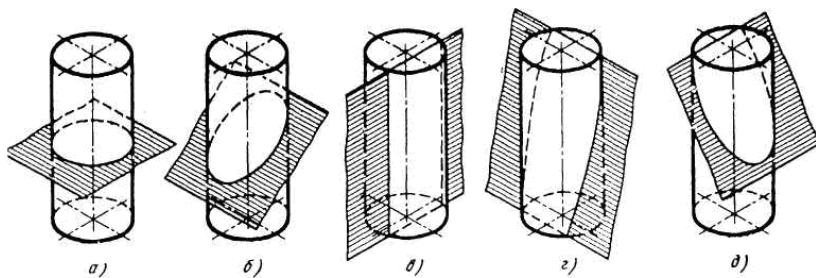


Рис. 4.3

Сечение конуса. На рис. 4.4 показаны примеры пересечения конуса плоскостями различного положения, где каждому наглядному изображению соответствует фронтальная проекция конуса со следами секущей плоскости. Обозначим угол наклона образующей конуса к его основанию через β , а угол наклона плоскости к основанию конуса – через α .

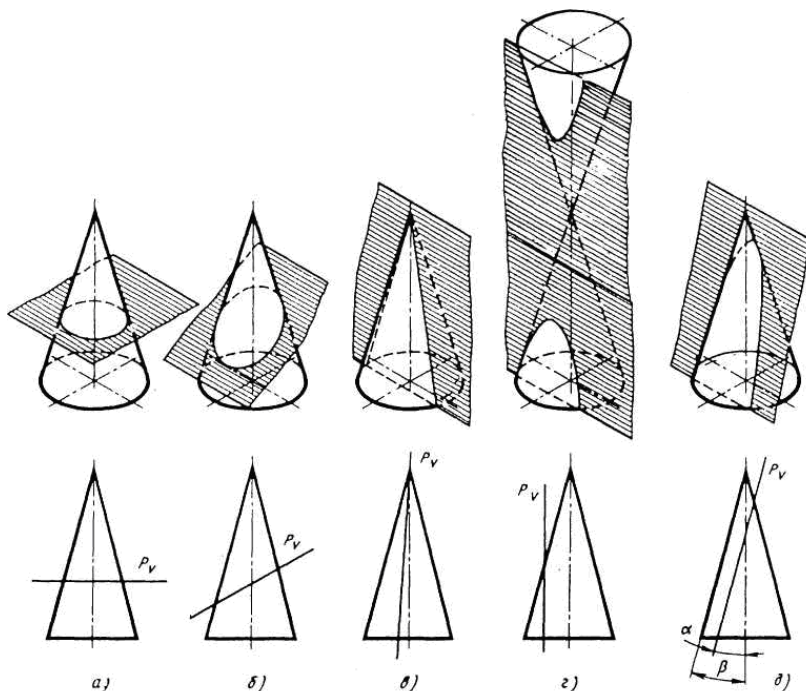


Рис. 4.4

Плоскость, *проходящая через вершину* прямого кругового конуса, пересекает его поверхность *по треугольнику*, если α больше β или $\alpha = 90^\circ$, т.е. когда плоскость проходит через ось конуса (рис. 4.4, *в*).

Плоскость, *не проходящая* через вершину прямого кругового конуса, пересекает его поверхность:

1) *по окружности*, если плоскость перпендикулярна оси конуса, т. е. $\alpha = 0$ (рис. 4.4, *а*);

2) *по эллипсу*, если α меньше β (рис. 4.4, *б*);

3) *по гиперболе*, если α больше β или $\alpha = 90^\circ$, т. е. когда плоскость параллельна оси конуса (рис. 4.4, *з*);

4) *по параболе*, если $\alpha = \beta$, т. е. плоскость параллельна одной из образующих конуса (рис. 4.4, *д*).

Для выявления вида линии пересечения, когда секущая плоскость - общего положения, вращают ее вокруг оси конуса до такого положения, чтобы она стала фронтально проецирующей, если ось конуса перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, и горизонтально проецирующей, если ось конуса перпендикулярна фронтальной плоскости проекций.

Сечение сферы. Любая плоскость пересекает поверхность сферы *по окружности*, если расстояние l от плоскости до центра сферы меньше радиуса R сферы (рис. 4.5).

Если плоскость занимает положение плоскости уровня, то на параллельную плоскость проекций эта окружность сечения будет проецироваться без искажения, а на перпендикулярную плоскость проекций – в отрезок прямой, равный по длине диаметру окружности.

На рис. 4.5, *а* P_V – горизонтальная плоскость уровня. Линия пересечения проецируется на горизонтальную плоскость проекций H без искажения в окружность, а на плоскость проекций V – в отрезок прямой.

Если секущая плоскость R_V занимает проецирующее положение, то на плоскость проекций, перпендикулярную плоскости R_V , линия сечения (окружность) будет проецироваться в отрезок прямой, равный по длине диаметру окружности, а на другую плоскость проекций – в эллипс, большая ось которого равна диаметру окружности (рис. 4.5, *б*).

В частном случае плоскость является *касательной* к поверхности сферы, если $l = R$.

В дальнейшем при решении задач придется задавать точку на поверхности. Для этого поступают так: проводят на поверхности *вспомогательную* линию (прямую, окружность) и затем на этой линии берут точку.

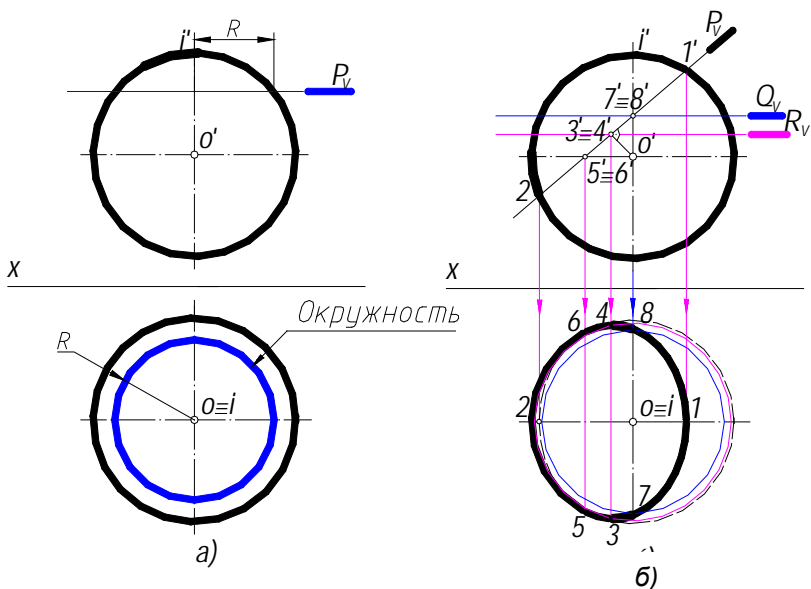


Рис. 4.5

4.2. Пересечение многогранников плоскостью

Линией пересечения поверхности многогранника плоскостью является плоский многоугольник. Его вершины являются точками пересечения ребер с заданной плоскостью, а стороны – линиями пересечения граней с плоскостью.

Сечение – это плоская фигура, которая получается при пересечении многогранника плоскостью.

Построить сечение многогранника плоскостью – это значит определить точки пересечения прямой с плоскостью или определить линии пересечения плоскостей.

4.2.1. Пересечение пирамиды фронтально проецирующей плоскостью P

Фронтальная проекция сечения пирамиды (рис. 4.6) совпадает с фронтальным следом P_v секущей плоскости. Горизонтальную проекцию фигуры сечения строят по точкам, которые являются точками пересечения плоскости P с ребрами пирамиды.

Действительный вид фигуры сечения в этом случае определяется способом замены плоскостей проекций или способом совмещения.

На рис. 4.6 для этой цели применен способ замены плоскостей проекций. В качестве дополнительной плоскости следует принять плоскость H_1 ,

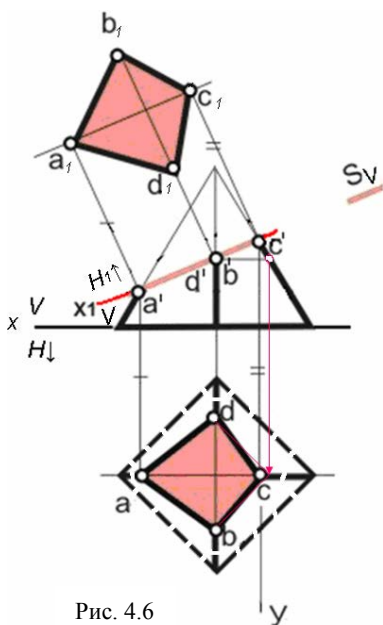


Рис. 4.6

Находим точку $(1, 1')$ пересечения ребра (a, a') с плоскостью P . Горизонтальная проекция (1) этой точки совпадает с горизонтальной проекцией ребра. Пользуясь условием, что точка $(1, 1')$ лежит и на плоскости P , находим фронтальную проекцию $(1')$ точки. Аналогично находим точки $(2, 2')$, $(3, 3')$, $(4, 4')$ пересечений остальных ребер с плоскостью P , используя фронтальную проекцию P . Соединив последовательно найденные точки, получаем фронтальную $(1'2'3'4')$ проекцию искомой линии пересечения. Из чертежа видно, что две стороны фронтальной проекции линии пересечения $(1'2'$ и $1'4')$ являются видимыми, а две другие стороны

параллельную плоскости S и перпендикулярную плоскости V (в данном примере H_1 совпадает с S). Натуральный вид фигуры сечения - $a_1b_1c_1d_1$.

4.2.2. Пересечение прямой призмы плоскостью общего положения P

Для того чтобы построить линию пересечения (рис. 4.7), нужно найти точки пересечения боковых ребер призмы с данной плоскостью P , используя их проецирующие свойства. Так как ребра призмы перпендикулярны к плоскости H , то горизонтальные проекции $(1, 2, 3, 4)$ точек пересечения совпадают с горизонтальными проекциями ребер (a, b, c, d) призмы.

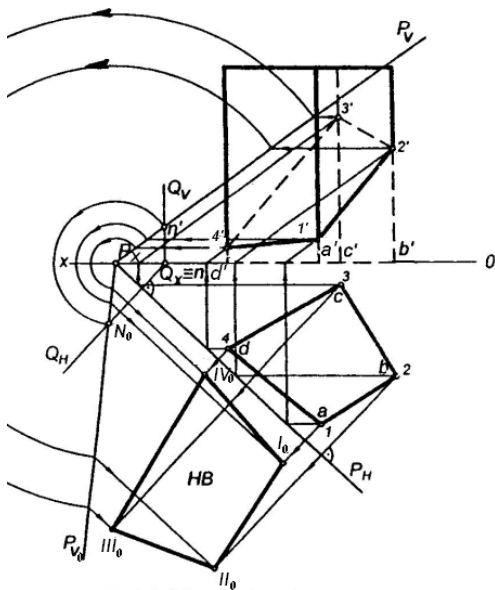


Рис. 4.7

($2'3'$ и $3'4'$) – невидимыми.

Находим натуральную величину линии пересечения способом совмещения плоскости P с плоскостью H .

4.3. Пересечение поверхностей вращения плоскостью

4.3.1. Пересечение прямого кругового конуса фронтально проецирующей плоскостью P

Секущая плоскость P пересекает боковую поверхность конуса по эллипсу ($\alpha > \beta$), фронтальная проекция которого совпадает с фронтальным следом (P_V) плоскости (рис. 4.8). Горизонтальную проекцию эллипса строим по точкам: задаем фронтальные проекции ряда его точек и находим их горизонтальные проекции. Сначала строим габаритные точки, т.е. точки, лежащие на большой и малой осях эллипса. На фронтальной проекции точки c' и d' лежат на крайних образующих, горизонтальные проекции которых совпадают с центральной линией, параллельной оси Ox . Опустив из точек c' , d' линии проецирующей связи до пересечения с центральной линией на горизонтальной проекции, получим точки c и d .

Малая ось эллипса $A-B$ перпендикулярна большой оси и делит ее пополам. Точки a и b строим с помощью параллели конуса.

Для построения горизонтальной проекции малой оси $A-B$ на фронтальной проекции через середину большой оси $c'd'$ эллипса проводим окружность, лежащую в горизонтальной плоскости $Q(Q_V)$, диаметр которой будет равняться малой оси эллипса. На горизонтальной плоскости проекций на пересечении линий проецирующей связи с окружностью получаем точки a и b . Промежуточные точки можно строить аналогично точкам A и B , а можно использовать образующие конуса, как это и сделано на рисунке. Через горизонтальные проекции точек проводим по лекалу плавную кривую – эллипс.

Для построения натуральной величины сечения используем способ замены плоскостей проекций.

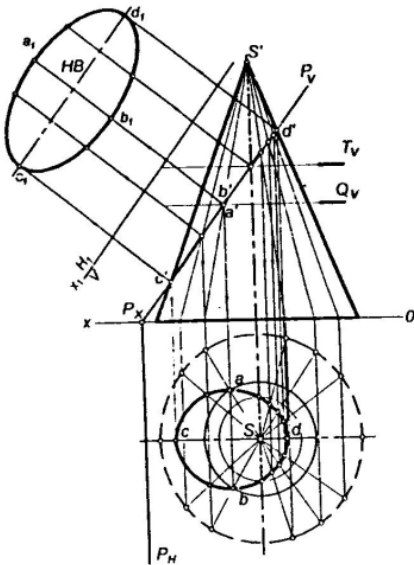


Рис. 4.8

4.3.2. Пересечение прямого кругового конуса

горизонтально проецирующей плоскостью S

На рис. 4.9 показано построение сечения конуса горизонтально проецирующей плоскостью S . Искомое сечение – гипербола.

4.3.3. Пересечение цилиндра вращения фронтально проецирующей плоскостью P

Фронтальная проекция сечения цилиндра изобразится прямой линией, совпадающей с фронтальным следом P_V (рис. 4.10). Горизонтальная проекция сечения – круг, совпадающий с горизонтальной проекцией основания цилиндра. Строим только профильную проекцию сечения (см. рисунок).

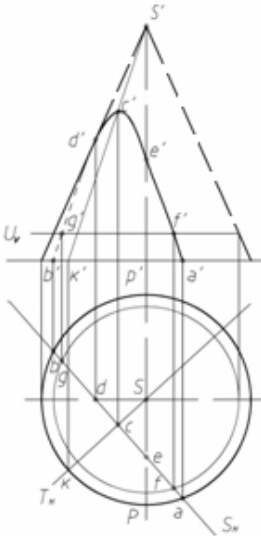


Рис. 4.9

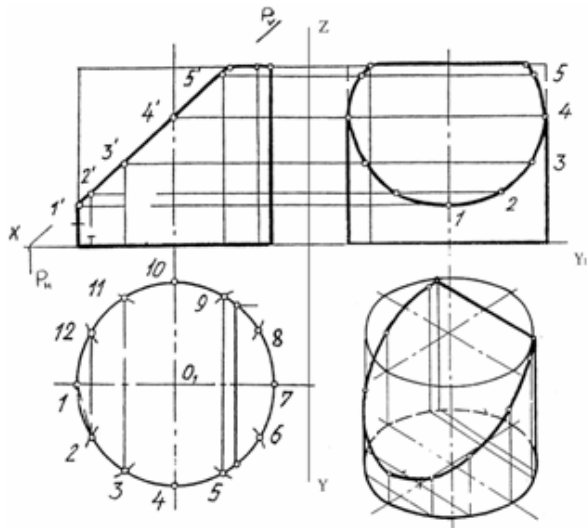


Рис. 4.10

4.3.4. Пересечение цилиндра вращения плоскостью общего положения P

Боковая поверхность цилиндра пересекается плоскостью P по эллипсу (рис. 4.11). Большая ось этого эллипса пересекается с осью цилиндра и имеет направление линии наибольшего ската плоскости, а малая ось пересекается с большой в ее середине и имеет направление горизонтали плоскости.

Характерными точками будут высшая и низшая точки линии пересечения, являющиеся конечными точками большой оси эллипса, и точки, делящие линию пересечения на две части – видимую и невидимую.

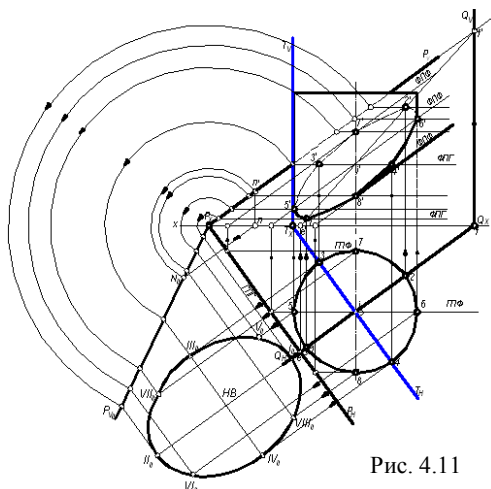


Рис. 4.11

Важно определить также концы малой оси эллипса, которые необходимы для построения его натуральной величины. Для нахождения высшей и нижней точек используем горизонтально проецирующую плоскость Q , проходящую через ось цилиндра перпендикулярно к следу P_n . Эта плоскость пересекает плоскость P по линии EF ($ef, e'f'$), а поверхность цилиндра по образующим, в пересечении которых и находим точки III и IV . Натуральная величина малой оси эллипса, как видно, равна диаметру цилиндра.

Определим теперь границы видимости фронтальной проекции кривой сечения. Точки, являющиеся границей видимости кривой, лежат на очерковых образующих. Отмечаем горизонтальные проекции этих точек (5 и 6) и находим фронтальные проекции ($5'$ и $6'$), проведя через эти точки фронталь плоскости P .

Характерные точки $VII(7, 7')$ и $VIII(8, 8')$ находим аналогично точкам V и VI .

Для построения натуральной величины сечения совмещаем плоскость P с плоскостью H , вращая ее вокруг следа P_n . В совмещенном положении строим след P_{V_0} , а затем точки $I_0, II_0, III_0, \dots, VIII_0$, используя горизонтали плоскости P . По этим точкам строим искомый эллипс.

5. ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ С ВЫРЕЗАМИ

5.1. Построение проекций пирамиды с вырезом

Рассмотрим построение проекций пирамиды с вырезом при помощи вспомогательных секущих плоскостей, параллельных плоскостям проекций.

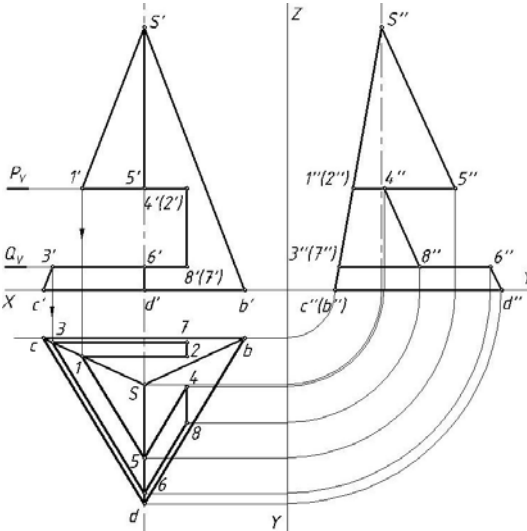


Рис. 5.1

На рис. 5.1 показано построение выреза в треугольной пирамиде. В этом случае удобно применять горизонтальные секущие плоскости P и Q . В результате пересечения пирамиды этими плоскостями получаются два треугольника, подобные основанию.

Пересечение рёбер пирамиды с этими треугольниками даёт точки I, III, V, VI . Соединяя проекции этих точек, с точками $2, 7$ и $4, 8$ получаем горизонтальную проекцию выреза на поверхности пирамиды.

На рис. 5.2 показано построение линий пересечения треугольной пирамиды с гранями отверстия в виде трехгранной призмы (три фронтально проецирующие плоскости). В данном случае удобно использовать прямые, проходящие через вершину пирамиды (SM и SN). Проводим их фронтальные проекции через фронтальные проекции ребер призмы ($1'1'$ и $2'2'$). Строим горизонтальные проекции этих образующих и нахо-

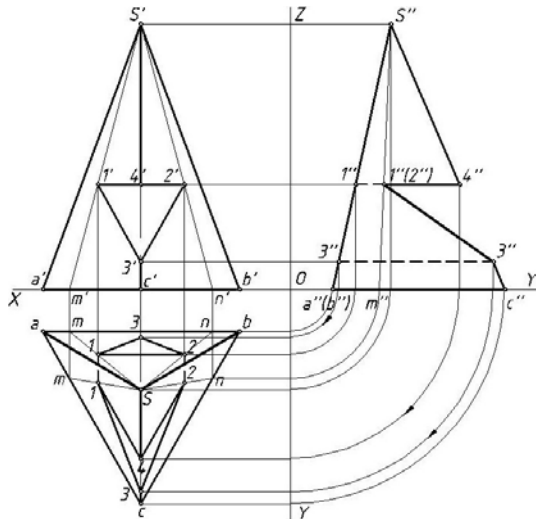


Рис. 5.2

дим на них проекции точек входа и выхода ребер призмы. Проекции точек III, III и IV отмечаем на профильном виде ($3''$, $3''$, $4''$) и переносим их на вид сверху. Все полученные точки на плоскостях проекций соединяем с учетом их видимости.

5.2. Построение проекций конуса с вырезом

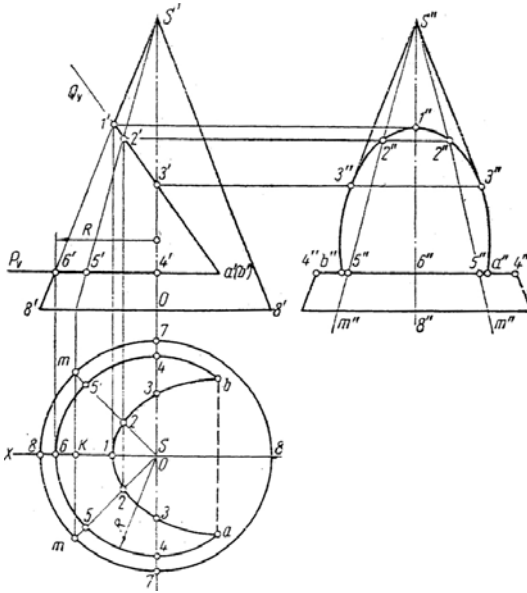


Рис. 5.3

На рис. 5.3 изображен конус с вырезом, полученным от двух проецирующих секущих плоскостей P и Q .

Плоскость P - горизонтальная, расположена параллельно основанию конуса, пересекая который даст в сечении окружность радиуса R .

Плоскость Q - проецирующая, имеет угол наклона меньший, чем угол наклона образующей к горизонтальной плоскости проекций. Прямая AB является линией пересечения этих плоскостей. В сечении получают неполный эллипс.

5.3. Построение проекций сферы с вырезом

На рис. 5.4 показано построение проекций шара (сферы) с вырезом, полученным от проецирующих секущих плоскостей P и Q .

Для построения наклонного сечения плоскостью Q определяем характерные точки, расположенные на очерковых окружностях.

Точка I (I') - наивысшая точка сечения. На виде сверху её проекция I находится на осевой линии.

Точки A и B (a , b) лежат на очерковой окружности шара. На фронтальном виде их проекции a' , b' расположены на осевой линии шара.

Для определения большой оси эллипса, в который проецируется окружность сечения плоскостью Q на горизонтальную плоскость проекций, на фронтальном виде из центра O опускают к следу Q_V перпендикуляр $O'3'$.

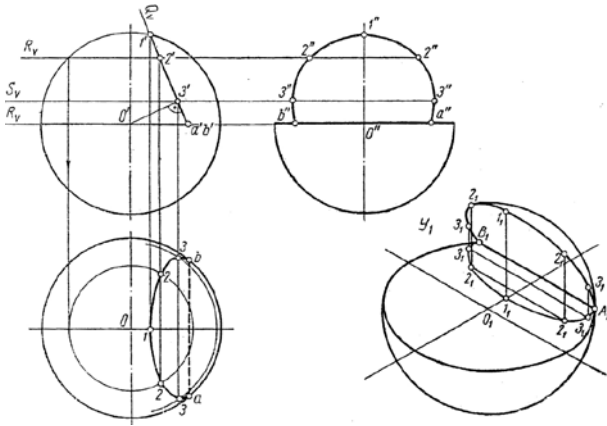


Рис. 5.4

33 – большая ось эллипса. Для нахождения промежуточных точек используют вспомогательные горизонтальные секущие плоскости, которые рассекают шар по окружностям. Эти окружности на главном (фронтальном) виде проецируются в виде прямых линий, а на виде сверху – в натуральную величину.

Имея фронтальные проекции $2'2'$ точек, определяют их горизонтальные проекции на соответствующих проекциях окружностей вида сверху.

На рис. 5.5 даны проекции полушара с выемкой, форма которой задана на вертикальной проекции. Горизонтальные проекции e и f точек E и F построены по их фронтальным проекциям. Для получения горизонтальных проекций точек A, B, C и D нижнего основания выемки проводим через эти точки горизонтальную плоскость P , которая рассекает поверхность полушара по окружности M (m', m).

На горизонтальную проекцию этой окружности переносим искомые точки. Полученные на горизонтальной проекции точки выемки соединяем между собой, как указано на рисунке. Профильную проекцию полушара с выемкой получим на основании фронтальной и горизонтальной проекций. При этом следует иметь в виду, что линия AEB ($aeb, a'e'b'$) и симметричная ей линия CFD ($cf d, c'f'd'$)

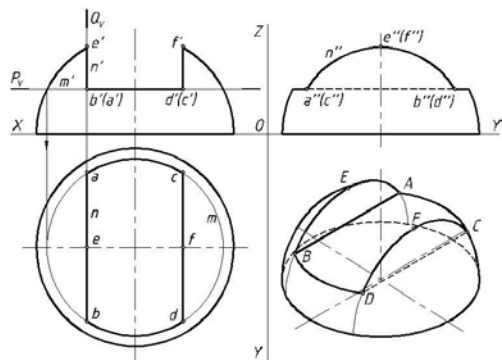


Рис. 5.5

представляют собою дуги окружности, и при построении этих точек на боковом виде целесообразно на горизонтальной плоскости провести профильную секущую плоскость (Q_H), проходящую через указанные точки A, E, B . Плоскость рассекает полушар по кругу N (n, n', n''), на котором и будут получены искомые точки A, E, B . Аналогично строятся боковые проекции точек C, F, D .

6. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

6.1. Общие сведения

Для того чтобы построить линию пересечения двух поверхностей, нужно найти ряд общих точек, принадлежащих им, а затем соединить эти точки в *определенной последовательности*. Линия пересечения не должна выходить за очерки наложения двух поверхностей.

Линией пересечения может быть:

- 1) *пространственная кривая* – при пересечении двух кривых поверхностей или кривой поверхности и многогранника;
- 2) *пространственная ломаная линия* – при пересечении двух многогранников.

Иногда линия пересечения двух поверхностей может оказаться *плоской* – прямой линией, окружностью, эллипсом и т. д.

Построение линии пересечения поверхностей в общем случае осуществляется при помощи вспомогательных секущих поверхностей – посредников.

Чтобы найти точки линии пересечения двух поверхностей A и B (рис. 6.1), проводим вспомогательную поверхность P и находим линии K и L пересечения поверхностей A и B с поверхностью P . Точки M и N пересечения найденных линий будут искомыми. Проведя несколько вспомогательных поверхностей, найдем требуемое количество точек, определяющих линию пересечения заданных поверхностей.

Вспомогательную поверхность следует выбирать так, чтобы ее линия пересечения с каждой поверхностью проецировалась на плоскости проекций в виде графически простых линий – прямой или окружности. В качестве вспомогательных поверхностей можно использовать плоскости или сферы. Если в качестве вспомогательных секущих поверхностей используются плоскости, то способ построения называют способом вспомогательных плоскостей. Если используются сферы – способом вспомогательных сфер.

Построение линии пересечения поверхностей начинают с определения характерных ее точек – *экстремальных* (вышей и низшей) и *точек видимости*, отделяющих видимую часть линии пересечения от невидимой.

Видимыми являются те точки, которые принадлежат видимой части как первой, так и второй поверхности. Так, на рис. 6.2 видимыми на фронтальной проекции линии пересечения будут только те

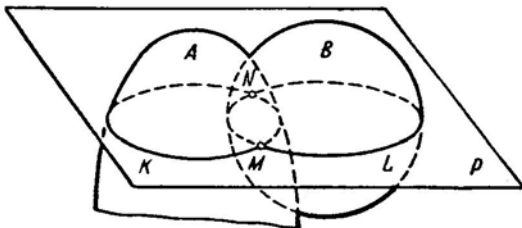


Рис. 6.1

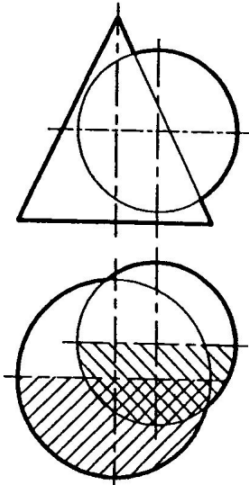


Рис. 6.2

точки, которые принадлежат заштрихованным частям конуса и сферы одновременно.

Порядок построения линии пересечения двух многогранников (A и B):

1. находят точки пересечения ребер *одного* многогранника (A) с гранями другого (B);
2. находят точки пересечения ребер *второго* многогранника (B) с гранями первого (A);
3. найденные точки *последовательно* соединяют между собой прямыми линиями.

Указание. Соединяют между собой *обязательно* только те точки, которые лежат на одних и тех же гранях каждого многогранника.

Если одна из пересекающихся поверхностей является проецирующей (цилиндр, призма), то задача на пересечение поверхностей сводится к более простой задаче на принадлежность линии поверхности, ибо одна из проекций искомой линии в этом случае известна.

6.2. Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей

При построении линии пересечения двух поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей секущие плоскости, принятые в качестве посредников, могут быть как общего, так и частного положения. Более широкое применение находят плоскости частного положения.

Плоскости общего положения применяются в ограниченных случаях. Например, их удобно использовать при построении линии пересечения конических и цилиндрических, а также пирамидальных и призматических поверхностей общего вида, когда основания этих поверхностей расположены в одной и той же плоскости.

6.2.1. Пересечение двух призм

При пересечении гранных поверхностей линия пересечения представляет собой пространственную ломаную линию с точками излома на ребрах призм.

Задача 1. На рис. 6.3 представлен пример неполного пересечения поверхностей, так как у каждой из призм не все ребра участвуют в пересечении. В результате получается одна замкнутая ломаная линия. В случае полного пересечения получаются две замкнутые ломаные линии.

Поверхность шестигранной призмы – проецирующая на плоскость H ,

поэтому горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с очерком шестигранной призмы, и задача решается только на фронтальной проекции.

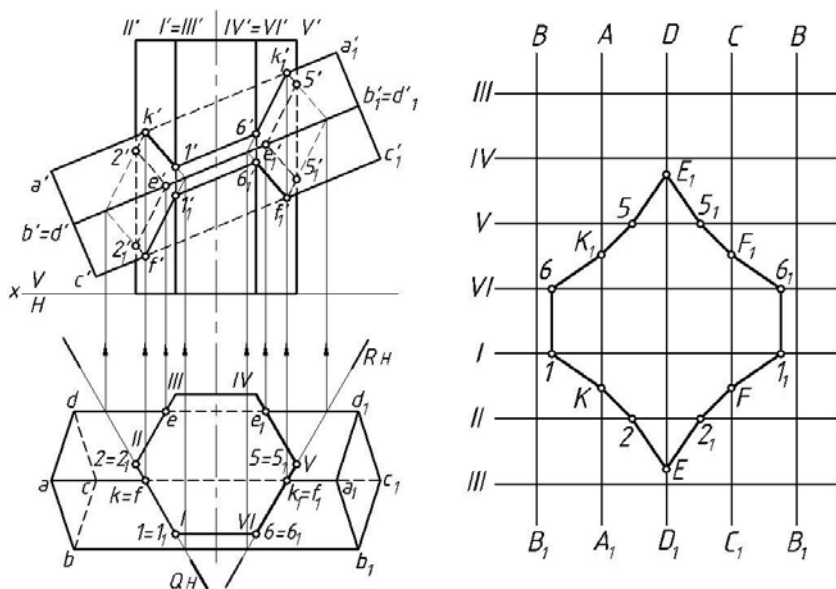


Рис. 6.3

Левая передняя грань шестигранной призмы представляет собой горизонтально проецирующую плоскость (плоскость Q). В сечении плоскости Q с четырехгранной призмой получается четырехугольник, показанный штрихпунктирной линией. Построив аналогично пересечение правой передней грани шестигранной призмы, можно добавить к полученным точкам еще две - точки пересечения ребра DD_1 (точки E и E_1) и затем последовательно, с учетом видимости, соединить их.

Соединение точек не вызывает затруднений, если использовать способ сетки. Вертикальные линии сетки соответствуют, например, ребрам наклонной призмы, а горизонтальные – ребрам шестигранной призмы, причем первое ребро изображается дважды. Первым ребром обычно выбирается то ребро, которое не участвует в пересечении (например такие ребра как BB_1 и III). Далее все ребра обозначают последовательно, читая их на горизонтальной проекции в одном направлении, по часовой стрелке или против нее. Затем отмечают на сетке все полученные точки в соответствии с их принадлежностью грани или ребру. Например, точка E принадлежит ребру DD_1 и находится в грани $II-III$. Отметив на сетке все точки, соединяют их между собой так, чтобы соединяющая линия не пересекала линии сетки.

Пользуясь сеткой, в той же последовательности соединяют точки на фронтальной проекции с учетом видимости граней. Звено ломаной считается видимым, если обе грани, которым оно принадлежит, видимы. Если хотя бы одна из граней является невидимой, звено ломаной также будет невидимым.

Задача 2. Рассмотрим две проецирующие поверхности призм, каждая из которых соответственно перпендикулярна только одной плоскости проекций H , V , или W (рис. 6.4).

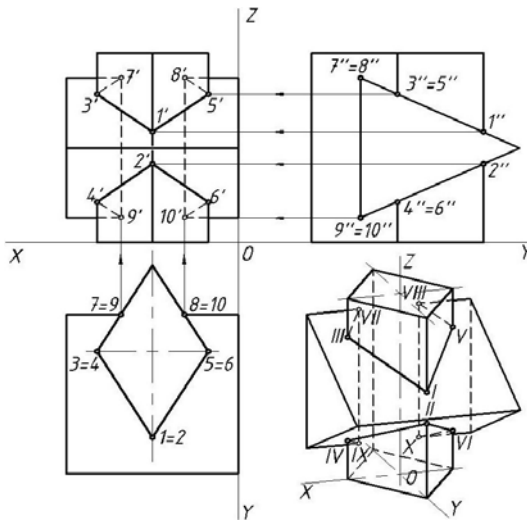


Рис. 6.4

Линия пересечения определена на двух плоскостях проекций. Требуется построить третью проекцию линии Пересечения данных поверхностей.

Линии пересечения двух призм, боковые грани которых – проецирующие плоскости, строятся наиболее просто. На рис. 6.4 показано построение проекций линии взаимного пересечения прямой четырёхгранной призмы, стоящей на горизонтальной плоскости проекций H , и прямой трехгранной призмы, боковые грани которой перпендикулярны к плоскости проекций W .

Рассматривая горизонтальную и профильную проекции, устанавливаем, что в данном примере имеет место частичное пересечение призм и, следовательно, получается одна замкнутая пространственная ломаная линия пересечения их поверхностей. Переднее ребро трехгранной призмы и заднее ребро четырёхгранной призмы в пересечении не участвуют. Горизонтальная проекция линии пересечения располагается на сторонах четырёхугольника, в который проецируется на плоскость H вертикальная призма, а профильная проекция – на сторонах треугольника, в который проецируется на плоскость W горизонтальная призма. Остаётся построить фронтальную проекцию линии пересечения, для чего достаточно найти фронтальные проекции точек пересечения ребёр одной призмы с гранями другой. Фронтальные проекции $1'$ и $2'$, $3'$ и $4'$, $5'$ и $6'$ точек пересечения ребёр вертикальной призмы находим по профильным проекциям $1''$, $2''$, ..., $6''$ этих точек при помощи линий связи. Фронтальные проекции $7'$ и $9'$, $8'$ и $10'$ точек пересечения ребёр горизонтальной призмы с гранями вертикальной находим по их

горизонтальным проекциям также при помощи линий связи. Соединив последовательно найденные точки прямыми с учётом их видимости, определяем фронтальную проекцию линии пересечения поверхностей заданных призм. Наглядное изображение пересекающихся призм показано также на рис. 6.4.

6.2.2. Пересечение призмы и пирамиды

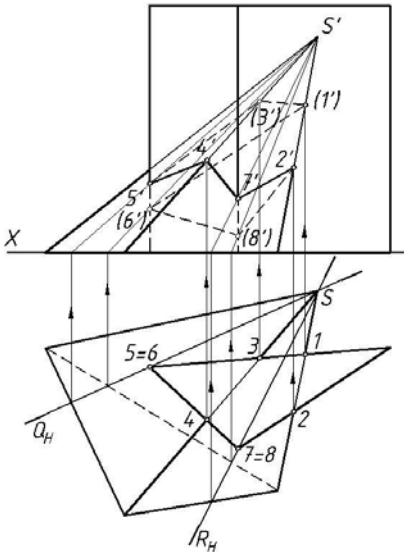


Рис. 6.5

Задача 1. На рис. 6.5 дан пример пересечения двух гранных поверхностей (пирамиды и призмы), одна из которых (призма) является проецирующей на плоскость H .

Поверхность пирамиды пересекается с горизонтально проецирующей поверхностью призмы. В пересечении заданных поверхностей получается пространственная ломаная, звенья которой представляют собой линии пересечения граней двух многогранников. В данном варианте не все рёбра многогранников участвуют в пересечении, поэтому искомая линия пересечения поверхностей представляет одну замкнутую пространственную ломаную.

Поверхность призмы – проецирующая на H , поэтому горизонтальные проекции 1, 2, 3, 4 точек пересечения

двух рёбер пирамиды, участвующих в пересечении, с гранями призмы определяем без вспомогательных построений, проецируем их на фронтальные проекции соответствующих рёбер пирамиды. Получаем, таким образом, четыре точки искомой ломаной.

Далее проводим горизонтально проецирующие плоскости Q и R через вершину пирамиды S и через те рёбра призмы, которые участвуют в пересечении. Каждое из двух рёбер призмы пересекается с пирамидой в двух точках ($5'$, 5), ($6'$, 6) и ($7'$, 7), ($8'$, 8). Таким образом, получим ещё четыре точки искомой ломаной. Остаётся соединить полученные точки с учётом видимости.

Соединять можно лишь те точки, которые одновременно принадлежат одним и тем же граням данных многогранников. Звено ломаной будет видимым, если обе грани, которым оно принадлежит, видимы.

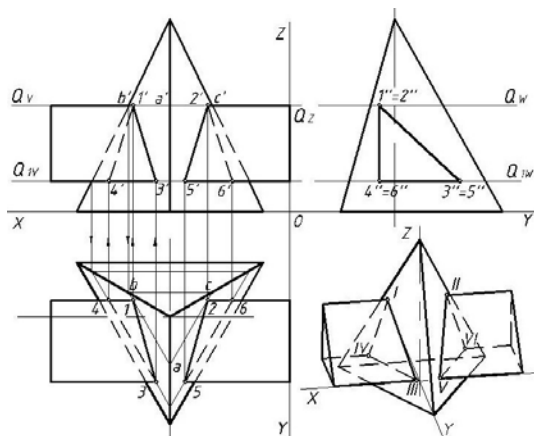


Рис. 6.6

Более того, устанавливаем, что поверхность призмы пересекается с левой и правой боковыми гранями пирамиды, а задняя грань пирамиды в пересечении не участвует. Следовательно, линии пересечения представляют собой плоские фигуры – треугольники. Профильные проекции линии пересечения совпадают с профильной проекцией призмы – треугольником $1''3''4''$. Для построения двух других проекций линии пересечения необходимо найти проекции точек пересечения ребер призмы с гранями пирамиды. Для определения проекций точек I и II пересечения верхнего ребра воспользуемся горизонтальной плоскостью-посредником Q . Она пересекает поверхность пирамиды по треугольнику ABC , подобному основанию. Его фронтальная проекция $a'b'c'$ лежит на следе (Q_V) , а горизонтальная abc определяется посредством линии связи. Отметив горизонтальные проекции I и 2 искомых точек, при помощи линий связи строим их фронтальные проекции $1'$ и $2'$. Аналогично при помощи плоскости Q_1 находим проекции точек пересечения $III - VI$ двух других ребер призмы с гранями пирамиды. Заметим, что в плоскости Q_1 лежит вся нижняя грань боковой поверхности призмы. Поэтому решение этой части задачи можно рассматривать как решение задачи на пересечение двух плоскостей – граней пирамиды и призмы. Соединив последовательно найденные одноименные проекции точек, получаем проекции линии пересечения поверхностей данных многогранников.

6.2.3. Пересечение трехгранной призмы с конусом вращения

Рассмотрим задачи, в которых одна из поверхностей является проецирующей по отношению к какой-либо из плоскостей проекций (например, прямая призма или цилиндр), а другая поверхность не обладает указанным

Задача 2. На рис. 6.6 показан пример построения проекций линии пересечения поверхностей правильной трехгранной пирамиды, стоящей на плоскости проекций H , и прямой трехгранной призмы, основание которой расположено в плоскости проекций W . Профильная проекция показывает, что поверхность призмы полностью пересекает поверхность пирамиды, и, следовательно, имеем две ломаные

свойством (например, конус или пирамида).

В этом случае линия пересечения поверхностей на одной из плоскостей проекций определяется без построений. Остаётся только построить вторую проекцию линии пересечения заданных поверхностей.

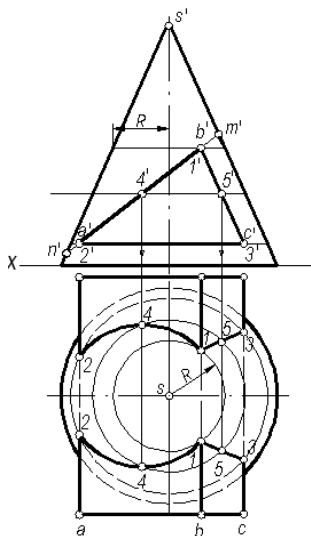


Рис. 6.7

который является большей осью эллипса.

На горизонтальной проекции часть линии будет видимой, а часть – невидимой.

Задача 2. На рис. 6.8 дан прямой круговой конус и фронтально проецирующая поверхность призмы. Линия пересечения определена на плоскости V , на которую она спроецировалась в виде двух прямых, совпадающих с очерком призмы.

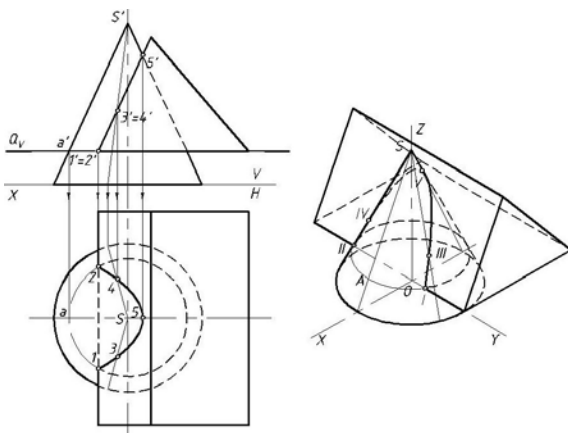


Рис. 6.8

Задача 1. На рис. 6.7 три боковые грани призмы являются фронтально проецирующими плоскостями, поэтому построение линии пересечения поверхностей сводится к решению задачи на пересечение поверхности проецирующей секущей плоскостью.

Линия пересечения данных поверхностей представляет собой кривую, состоящую из неполных эллипса, параболы и окружности.

В данном случае вспомогательными плоскостями можно не пользоваться, так как фронтальные проекции точек линии пересечения известны. Горизонтальные проекции $I, 2, 3$ характерных точек I, II, III линии пересечения строим с помощью двух параллелей, проведенных через эти точки. Для этого из центра S проводим горизонтальные проекции дуг окружностей и используя линии связи находим горизонтальные проекции точек пересечения $1, 2$ и 3 . Точки $4, 4'$ и $5, 5'$ построены также с помощью параллели. При этом точка $4, 4'$ выбрана посередине отрезка mn ,

Требуется построить горизонтальную проекцию линии пересечения заданных поверхностей, которая будет состоять из двух кривых линий: дуги окружности от нижней горизонтальной грани призмы и части параболы от наклонной левой грани призмы. Обе кривые строятся из условия принадлежности их конической поверхности. На рисунке показано построение точек 3 и 4, принадлежащих параболе.

6.2.4. Пересечение цилиндра и сферы

Боковая поверхность цилиндра является горизонтально проецирующей, следовательно, горизонтальная проекция линии пересечения известна. Она совпадает с проекцией боковой поверхности цилиндра (рис. 5.5).

В качестве вспомогательных плоскостей используем фронтальные плоскости, которые пересекут цилиндр по образующим, а сферу – по окружностям, параллельным фронтальной плоскости проекций. Точки пересечения окружностей с прямыми – фронтальными проекциями образующих и будут фронтальными проекциями $1', 2', 3', \dots, 8'$ точек линии пересечения.

Характерными (опорными) точками являются;

1) низшая точка 1 и высшая точка 4 определяются на плане с помощью

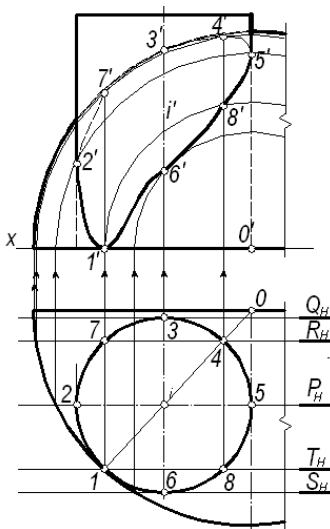


Рис. 6.9

меридиана сферы, проходящего через ось цилиндра. При этом фронтальная проекция $1'$ низшей точки проецируется с очерка на осевую линию сферы, а фронтальная проекция $4'$ высшей точки определяется с помощью вспомогательной плоскости $R (R_H)$.

2) точки видимости 2, $2'$ и 5, $5'$ определены с использованием вспомогательной плоскости $P (P_H)$;

3) фронтальные проекции $3', 6'$ точек определены с помощью вспомогательных плоскостей $Q (Q_H)$ и $S (S_H)$.

Проекции $7'$ и $8'$ промежуточных точек определяются попутно с высшей точкой и с использованием вспомогательной плоскости $T (T_H)$.

Точки $1', 2', 3', \dots, 8'$ соединяют плавной кривой, получают фронтальную проекцию линии пересечения.

6.2.5. Пересечение круговых цилиндра и конуса

Как видно из чертежа (рис. 6.10), основания обеих поверхностей лежат в плоскости H , и поэтому точки пересечения окружностей оснований принадлежат искомой линии пересечения (точки 1 и 2).

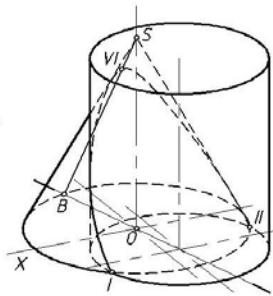
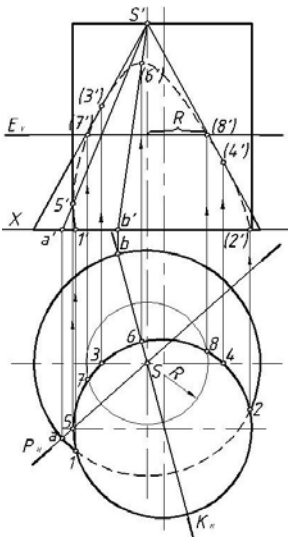


Рис. 6.10

проекция точки 2 расположена выше горизонтального диаметра окружности его основания).

Обозначения проекций невидимых точек будем заключать в скобки. При проведении проекций линии пересечения это позволит сразу установить их видимость.

Найдём точки линии пересечения, расположенные на очерках заданных поверхностей.

Очерковые образующие (правая и левая) конической поверхности проецируются на плоскость H прямыми линиями, совпадающими с горизонтальным диаметром окружности основания конуса. Точки пересечения этого диаметра с окружностью основания цилиндра, в которую проецируется вся поверхность этого цилиндра (точки 3 и 4), являются горизонтальными проекциями точек встречи очерковых образующих конуса с поверхностью цилиндра. Фронтальные проекции 3' и 4' найдутся в проекционной связи на фронтальных проекциях этих образующих. Поскольку рассматриваемые точки расположены на задней половине поверхности цилиндра, на фронтальной плоскости проекций они будут невидимы.

Рассмотрим очерковые образующие цилиндра.

Определим видимость этих точек на элююре.

Как известно, точка, принадлежащая линии пересечения, видима в том случае, когда она лежит на видимых частях обеих пересекающихся поверхностей.

На горизонтальной плоскости проекций обе точки видимы, а на фронтальной плоскости проекций точка 1 видима, а точка 2 невидима, так как она лежит на задней, невидимой половине по-верхности цилиндра (го-ризон-тальная проек-

Как видно из чертежа, правая образующая цилиндра не пересекает поверхность конуса, так как точка, в которую она проецируется на плоскость H , лежит вне окружности основания конуса. Для нахождения точки встречи левой образующей цилиндра с поверхностью конуса необходимо заключить образующую во вспомогательную плоскость, построить проекции сечения конуса этой плоскостью и зафиксировать точку пересечения одноимённых проекций этого сечения и образующей. Эта точка и будет проекцией искомой точки встречи.

Заключаем левую образующую цилиндра в горизонтально проецирующую плоскость P , проходящую через ось конуса. Эта плоскость рассекает поверхность конуса по образующей AS . Фронтальная проекция этой образующей – прямая $a's'$ – пересечёт одноимённую проекцию левой образующей цилиндра в точке $5'$, являющейся фронтальной проекцией искомой точки встречи. Найденная точка 5 важна тем, что является границей видимости линии пересечения на фронтальной плоскости проекций.

Участок этой линии, заключённый между видимыми точками $1'$ и $5'$, видим, а за проекцией $5'$ линия пересечения переходит на заднюю, невидимую половину поверхности цилиндра и становится невидимой.

Плоскость P мы провели через ось конуса потому, что эта плоскость даёт наиболее простое сечение конуса (он рассекается по образующим). Любая другая плоскость, заключающая в себе левую образующую цилиндра, разрекла бы конус по гиперболе, построение которой затруднило бы решение.

Для нахождения наивысшей точки линии пересечения проведём горизонтально проецирующую плоскость K , проходящую через ось заданных конуса и цилиндра. Эта плоскость пересекает конус по образующей BS , горизонтальная проекция которой пересечёт очерк поверхности цилиндра в точке 6 . Проекция $6'$ найдётся в проекционной связи на фронтальной проекции образующей BS . Проекция $6'$ и будет наивысшей точкой линии пересечения.

Теперь, после нахождения главных точек линии пересечения, можно найти несколько промежуточных точек. Может оказаться, что характер линии пересечения, расположенной между уже построенными точками, недостаточно ясен. На этих участках и следует проводить вспомогательные сечущие плоскости, выбирая их так, чтобы заданные поверхности рассекались ими по наиболее простым сечениям. Для заданных поверхностей такими плоскостями будут плоскости горизонтальные, так как они разрежут обе поверхности по окружностям.

Для уточнения линии пересечения на участке между точками 3 и 5 , а также точками 4 и 6 проводим вспомогательную горизонтальную плоскость E на этом уровне. Эта плоскость пересечет конус по окружности указанного радиуса R , а цилиндр – по окружности, совпадающей с горизонтальной проекцией этой поверхности. Строим горизонтальные проекции этих сечений и

фиксируем точки их пересечения – точки 7 и 8. Фронтальные проекции этих точек найдутся на фронтальном следе вспомогательной плоскости E .

Рассекая заданные поверхности другими горизонтальными плоскостями, мы можем получить неограниченное число промежуточных точек искомой линии пересечения, однако уже построенных точек достаточно для её уверенного проведения.

Построенные точки в правильной последовательности соединяем между собой плавной кривой, с учётом видимости. Невидимые точки 2, 4, 8, 6, 3 и 7 соединяются штриховой линией невидимого контура, которая продолжается до видимой точки 5. В точке 5, как уже упоминалось, линия пересечения становится видимой, и поэтому участок её между точками 5 и 1 обводится линией видимого контура.

6.2.6. Пересечение сферы с конусом вращения

Для построения линии пересечения заданных поверхностей удобно в качестве вспомогательных поверхностей использовать ряд горизонтальных плоскостей, перпендикулярных оси конуса, которые пересекают сферу и конус по окружностям. На пересечении этих окружностей находят точки искомой линии пересечения.

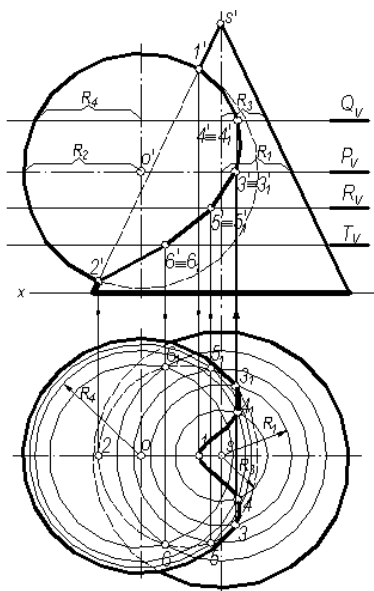


Рис. 6.11

Так как пересекаются две поверхности второго порядка, линией пересечения будет пространственная кривая четвертого порядка.

На рис. 6.11 сначала отметим очевидные общие точки I и II поверхностей в пересечении их фронтальных проекций очертков, так как центр сферы и ось конуса лежат в плоскости, параллельной плоскости V . Эти характерные точки являются высшей и низшей точками линии пересечения. Их горизонтальные $1, 2$ проекции находим в проекционной связи.

Для определения точек видимости $III (3, 3')$ и $III_1 (3_1, 3_1')$, лежащих на экваторе сферы, используем горизонтальную плоскость $P (P_V)$, проходящую через центр сферы $O (o')$. Она пересекает сферу по экватору, а конус по окружности радиуса R_P , в пересечении горизонтальных проекций которых и находим горизонтальные проекции $3, 3_1$ точек иско-

мой линии пересечения. Горизонтальные проекции 3 и 3_1 этих точек являются границами видимости участков линии пересечения на этой проекции.

Проекции промежуточных точек 4 , $4'$ и 4_1 , $4_1'$ найдены с помощью вспомогательной горизонтальной плоскости Q (Q_V). Их построение ясно из чертежа. Аналогично построены точки V (5 , $5'$) и V_1 (5_1 , $5_1'$); VI (6 , $6'$) и VI_1 (6_1 , $6_1'$).

6.3. Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных концентрических сфер

Для построения линии пересечения поверхностей вместо вспомогательных секущих плоскостей при определенных условиях удобно применять вспомогательные сферические поверхности. При этом могут быть использованы концентрические и эксцентрические сферы.

В отличие от метода вспомогательных секущих плоскостей метод вспомогательных сфер имеет преимущество, так как при построении фронтальной проекции линии пересечения поверхностей не используются две другие проекции пересекающихся поверхностей (рис. 6.12).

Условия применения способа вспомогательных концентрических сфер для построения линии пересечения двух поверхностей:

1. пересекающиеся поверхности должны быть поверхностями вращения;
2. оси поверхностей вращения должны пересекаться; точка пересечения осей является центром вспомогательных (концентрических) сфер;
3. плоскость, образованная осями поверхностей (плоскость симметрии), должна быть параллельна какой-либо плоскости проекций.

Рассмотрим применение способа вспомогательных концентрических сфер – сфер с постоянным центром для построения линии пересечения цилиндра с конусом вращения (рис. 6.12).

Прежде всего, отметим четыре общие точки $1'$, $2'$, $3'$, $4'$ цилиндра и конуса в пересечении очерковых образующих главных меридианов поверхностей. Оси поверхностей вращения пересекаются в точке O (o'), которая является центром вспомогательных сфер. Радиусы сфер изменяются в пре-

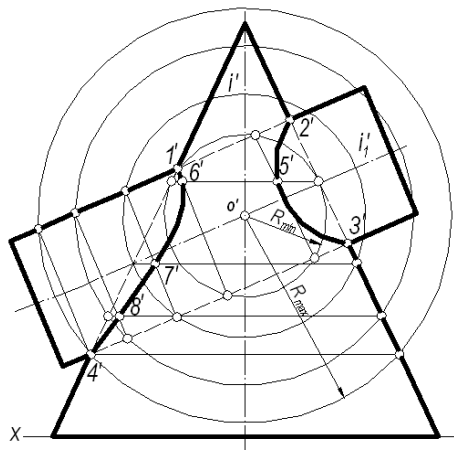


Рис. 6.12

делах $R_{min} < R < R_{max}$. Пределы радиусов сферических поверхностей находят следующим образом: радиус максимальной сферы определяется расстоянием от центра O до наиболее удаленной точки IV ($R_{max} = o'4'$), а радиус минимальной сферы определяется как радиус сферы, касающейся одной поверхности (конуса) и пересекающей другую (цилиндр). Каждая сфера пересечет заданные поверхности по окружностям, на пересечении которых и отмечают искомые точки.

Проведем сферу наименьшего радиуса, которая пересечет цилиндр по двум окружностям и коснется конуса. Это сферическое сечение определяет четыре характерные точки линии пересечения, попарно совпадающих ($5'$, $6'$) на фронтальной проекции.

Введя две вспомогательные сферические поверхности, построили промежуточные точки $7'$, $8'$ линии пересечения.

Соединяя одноименные проекции построенных точек с учетом их видимости, получаем проекции линии пересечения поверхностей.

6.4. Частные случаи пересечения поверхностей второго порядка

Оси двух пересекающихся поверхностей вращения совпадают (рис. 6.13). Две соосные поверхности вращения пересекаются по окружностям. При этом если оси поверхностей параллельны плоскости проекции, то окружности проецируются на эту плоскость прямыми линиями, перпендикулярными проекции оси.

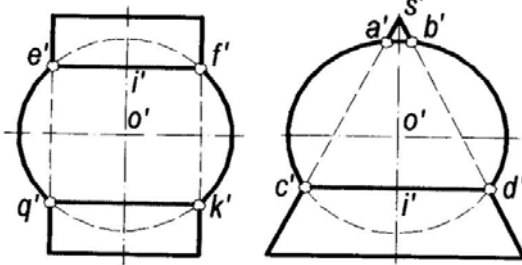


Рис. 6.13

Две пересекающиеся поверхности касаются третьей поверхности второго порядка (рис. 6.14). Поверхности конуса и цилиндра с общей фронтальной плоскостью симметрии касаются сферы. Линии пересечения поверхностей представляют собой эллипсы с проекциями $1'3'$ и $2'4'$, плоскости которых перпендикулярны фронтальной плоскости проекций.

тальной плоскости проекций.

Рассмотренный пример пересечения двух поверхностей вращения, описанных вокруг сферы, является частным случаем, следующим из теоремы Монжа.

Теорема Монжа: Если две поверхности второго порядка описаны вокруг третьей поверхности второго порядка или вписаны в нее, то они пересекаются по двум плоским кривым второго порядка.

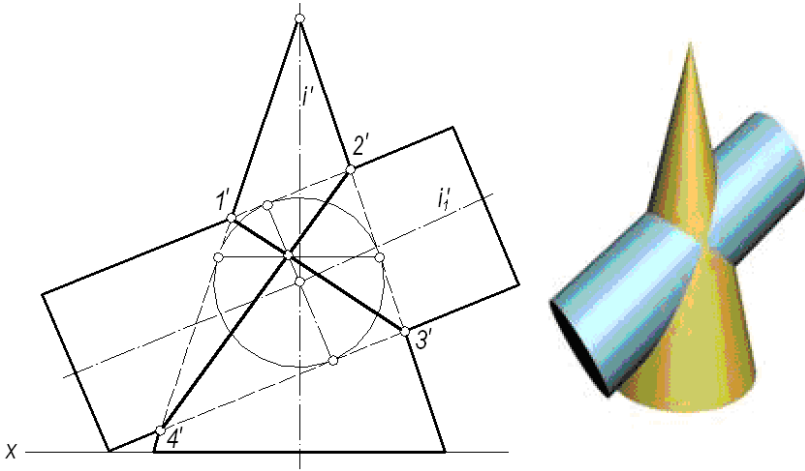


Рис. 6.14

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО СООРУЖЕНИЯ

7.1. Определение границы земляных работ с построением линий пересечения откосов насыпей и выемок между собой и с топографической поверхностью

1. Вычертить формат чертежа и рамку, ограничивающую поле чертежа. В правом нижнем углу провести прямоугольник 185×55 мм для оформления основной надписи (см. рис. 1.2).

2. Установить линейный масштаб. За единицу линейного масштаба принять отрезок, равный десяти миллиметрам, соответствующий одному метру ($1 \text{ м} \approx 10 \text{ мм}$).

3. Вычертить внутри рамки чертежа габаритный прямоугольник 260×330 мм в масштабе чертежа и разбить его на 20 прямоугольников 65×66 мм.

4. Нанести на данную сетку горизонтали рельефа местности по своему варианту.

5. Построить в левом нижнем углу график уклонов (см. рис. 1.2) и отметить отрезки – интервалы горизонталей откосов: выемки (l_v), насыпи (l_n) и дорожного полотна (l_d).

6. Нанести на сетку горизонталей рельефа площадку под сооружение и наклонную дорогу (аппарель) так, чтобы условный центр площадки O совпал с точкой O горизонтали 25 или 50 (в зависимости от варианта), а вертикальная ось площадки была наклонена к меридиану под углом φ .

Вариант площадки, ее размеры и угол наклона оси площадки φ даны в задании.

7. Задать плоскости откосов выемок и насыпей масштабами уклонов, проведенными перпендикулярно к сторонам площадки.

Масштаб уклона плоскости на картах и планах изображают двумя линиями (толстой и тонкой), близко расположенными друг к другу. Разметка точек делается на тонкой линии.

Горизонталю откосов провести параллельно сторонам площадки (перпендикулярно масштабам уклонов) с учетом определенных интервалов выемки $l_v = I: i_v = 1 \text{ м}$ и насыпи $l_n = I: i_n = 1,5 \text{ м}$.

Горизонталю откоса дороги строить, как касательные к прямым круговым конусам с вершинами в точках пересечения соответствующих горизонталей полотна ($l_d = 3 \text{ м}$) с бровками дороги, радиусы оснований которых будут равны интервалам $l_n = 1,5 \text{ м}$. Задать плоскости откосов масштабами уклонов и провести остальные горизонталю.

8. Определить линии пересечения смежных откосов, проводя их через точки пересечения одноименных горизонталей.

Линия пересечения смежных откосов, имеющих одинаковый уклон, а, следовательно, и равные интервалы, может быть определена как биссектриса угла, образованного горизонталями этих откосов.

Линии пересечения конической и плоских откосов площадки будут криволинейными (часть дуги параболы).

9. Построить границы земляных работ каждого откоса по точкам пересечения одноименных (с одинаковыми отметками) горизонталей топографической поверхности и поверхности откоса и установить точки «схода» границ смежных откосов.

10. Провести бергштрихи согласно ГОСТу 21.204-93 от границы земляных работ откосов выемок, от сторон контура сооружения и бровок дорожного полотна откосов насыпи – перпендикулярно горизонталям плоскости откоса, если контур площадки и бровки дороги – прямые линии или к центру кривизны, если площадка или дорога содержат криволинейные участки.

В учебных целях допускается бергштрихи проводить упрощенно не по всей границе, а участками.

11. Выполнить отвод от насыпи сточной канавы. Для этого продлить кюветы глубиной 0,5 м до горизонтали рельефа 51, отводя их от насыпи в стороны таким образом, чтобы в кювете не образовывался водяной «мешок».

12. Провести штриховой линией горизонтали рельефа местности, попавшие в зоны выемки и насыпи, кроме горизонтали 25 (50). Горизонталы рельефа 20, 25, 30 (45, 50, 55) обвести утолщенной линией.

7.2. Построение профиля (сечения) рельефа местности и сооружения по заданному направлению горизонтального следа проецирующей плоскости

1. Установить линейный масштаб единый с линейным масштабом сооружения (см. рис. 1.5).

2. Совместить горизонталь 45 рельефа с нижней горизонтальной прямой линией OL и принять ее за базовую.

3. Отложить на вертикальной прямой линии Oh высотные отметки 45...56 в соответствии с линейным масштабом чертежа и нанести сетку горизонтальных прямых.

4. Снять положение точек горизонталей рельефа и сооружения, попавших в секущую плоскость $A-A$ и отметить их положение на базовой горизонтали профиля.

5. Отложить величины превышения точек горизонталей рельефа на перпендикулярах от базовой линии. Соединив полученные точки ломаной линией, получим профиль местности.

6. Нанести на профиль топографической поверхности линию пересечения заданной секущей плоскости с сооружением (выемку, кювет, площадку, дорогу, насыпь).

7. Нанести графические обозначения местного грунта и насыпи в сечении согласно ГОСТу 2.306-68.

8. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНАЦИОННЫМ БИЛЕТАМ

1. Какие размеры чертежного шрифта установлены ГОСТом?
2. Основные линии чертежа, особенности их начертания в соответствии с ГОСТом.
3. Наименование и расположение видов, установленных ГОСТом ЕСКД.
4. Расположение основных видов на чертеже.
5. Выбор главного вида детали.
6. Разрез. Основные виды разрезов.
7. Простой разрез. Его оформление на чертеже.
8. Как расположена секущая плоскость при выполнении горизонтального, фронтального и профильного разрезов?
9. В каком случае допускается совмещение половины вида с половиной разреза на одном изображении?
10. Какой разрез называется сложным? Как он оформляется на чертеже?
11. Правила выполнения разрезов.
12. Условности, допускаемые при выполнении разреза.
13. Сечение.
14. Разновидности сечений, их оформление на чертеже.
15. Отличие разреза от сечения.
16. Разъемные и неразъемные соединения деталей.
17. Какие бывают резьбы: по назначению, по профилю зуба, по направлению?
18. Изображение и обозначение метрической резьбы на стержне и в отверстии.
19. Изображение и обозначение трубной резьбы.
20. Болтовой комплект. Упрощенное, условное изображение болтового соединения.
21. Общие требования к оформлению чертежей согласно ГОСТам ЕСКД.
22. Основные требования к рабочим чертежам деталей.
23. Основные правила нанесения размеров на чертеже.
24. Применение масштабов при изображении чертежей.
25. Стандартные виды аксонометрических проекций.
26. Построение окружности в прямоугольной изометрии.

ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

9. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

9.1. Общие положения

1. Каждое задание (табл. 9.1) выполняется на листах ватмана формата А3 (420×297). Расположение листа может быть как вертикальное, так и горизонтальное.

Внутренняя рамка наносится на расстоянии 20 мм от левого края листа и на расстоянии 5 мм от остальных трех сторон.

В правом нижнем углу внутренней рамки помещается основная надпись, размеры которой приведены в сборнике задач по начертательной геометрии.

2. Задания рекомендуется выполнять в тонких линиях с последующей обводкой карандашом.

3. Линии чертежа и шрифт надписей должны соответствовать ГОСТ 2.303-68 и ГОСТ 2.304-81. Толщину основной сплошной линии рекомендуется выбирать равной 0,7...0,8 мм.

4. В случае пересечения линии чертежа с обозначением, линию следует разомкнуть.

5. На чертеже должны быть сохранены все линии построения.

6. Точность построений должна быть в пределах 1 мм.

7. На все задания приведены примеры выполнения.

8. Работы, выполненные по чужим вариантам, не рассматриваются.

Т а б л и ц а 9.1

Контрольные задания

| № п/п | Наименование заданий | Формат | Число листов формата |
|-------------------------------|--|--------|----------------------|
| 1-й семестр (осенний) | | | |
| 1 | Задание 1. Проекционное черчение | А3 | 2 |
| 2-й семестр (весенний) | | | |
| 2 | Задание 2. Архитектурно-строительный чертеж здания | А3 | 3 |

9.2. Цель и содержание заданий

9.2.1. Цель и содержание задания № 1

Цель задания – применить основы начертательной геометрии в проекционном черчении. Изучить основные положения и условности по ГОСТу при выполнении чертежей и приобрести навыки в построении проекций деталей и аксонометрических проекций.

Содержание задания

Д а н ы: Две проекции детали.

Т р е б у е т с я:

Лист 1.

1. Построить третью проекцию детали.
2. Выполнить разрезы, поставить размеры.
3. Построить наклонное сечение. Секущая плоскость для построения наклонного сечения указывается преподавателем.

Пример выполнения задания приведен на рис. 9.1.

Лист 2.

1. Построить прямоугольную изометрию с вырезом.

Пример выполнения задания приведен на рис. 9.2.

9.2.2. Цель и содержание задания № 2

Цель задания – изучить условности и порядок выполнения и оформления строительных чертежей, а также выработать навыки правильного чтения и составления таких чертежей.

Содержание задания

Д а н ы: Схематический чертеж плана; разрез 1-1, не проходящий по лестнице и фасад здания.

Т р е б у е т с я в ы ч е р т и т ь:

1. План 1-го этажа здания в масштабе 1:100.
2. Разрез по лестничной клетке в масштабе 1:50.
3. Фасад со стороны входа в здание в масштабе 1:100.

Примеры выполнения задания приведены на рис. 9.3, 9.4 и 9.5.

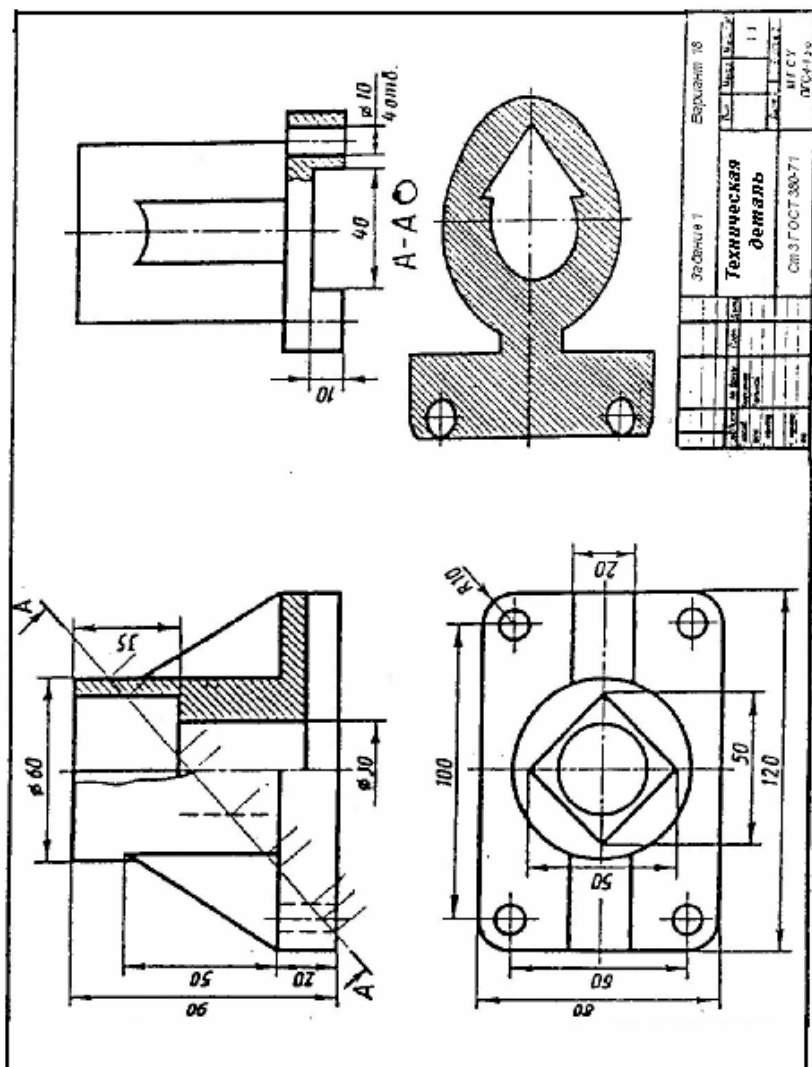


Рис. 9.1

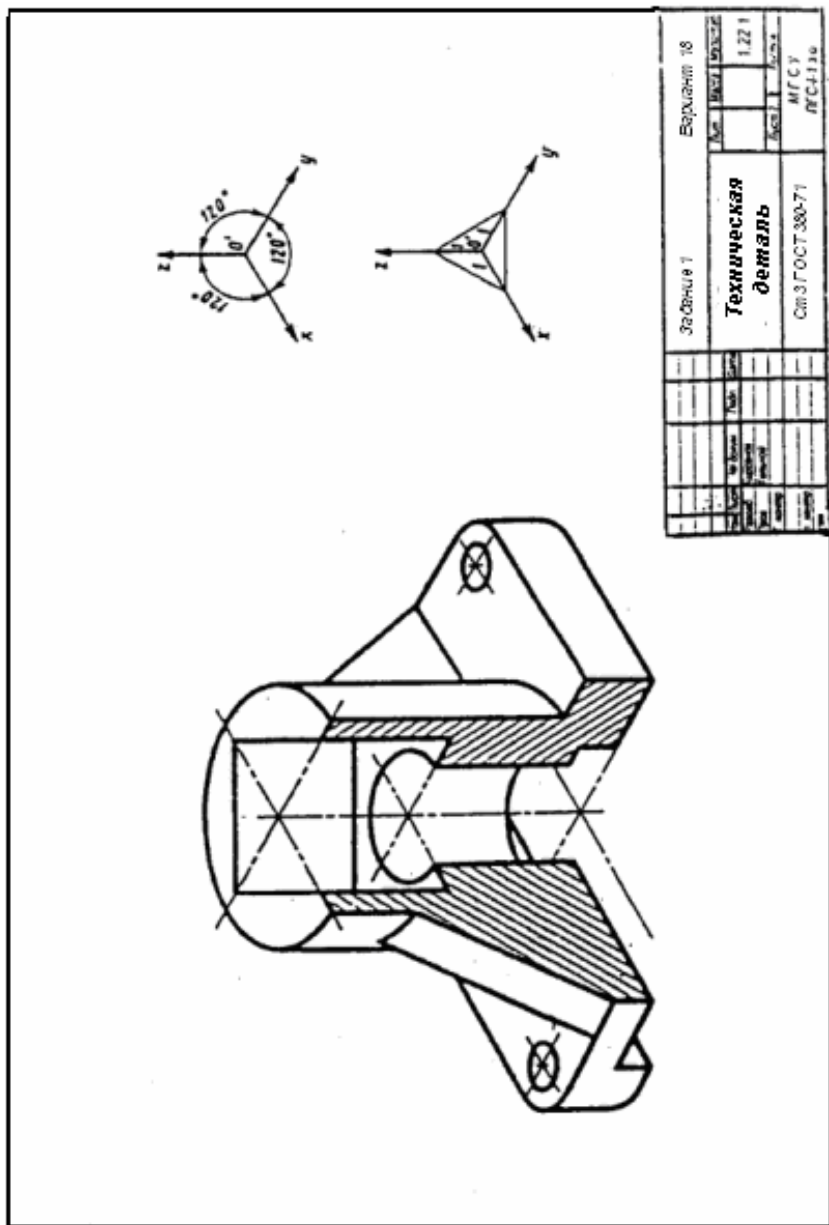


Рис. 9.2

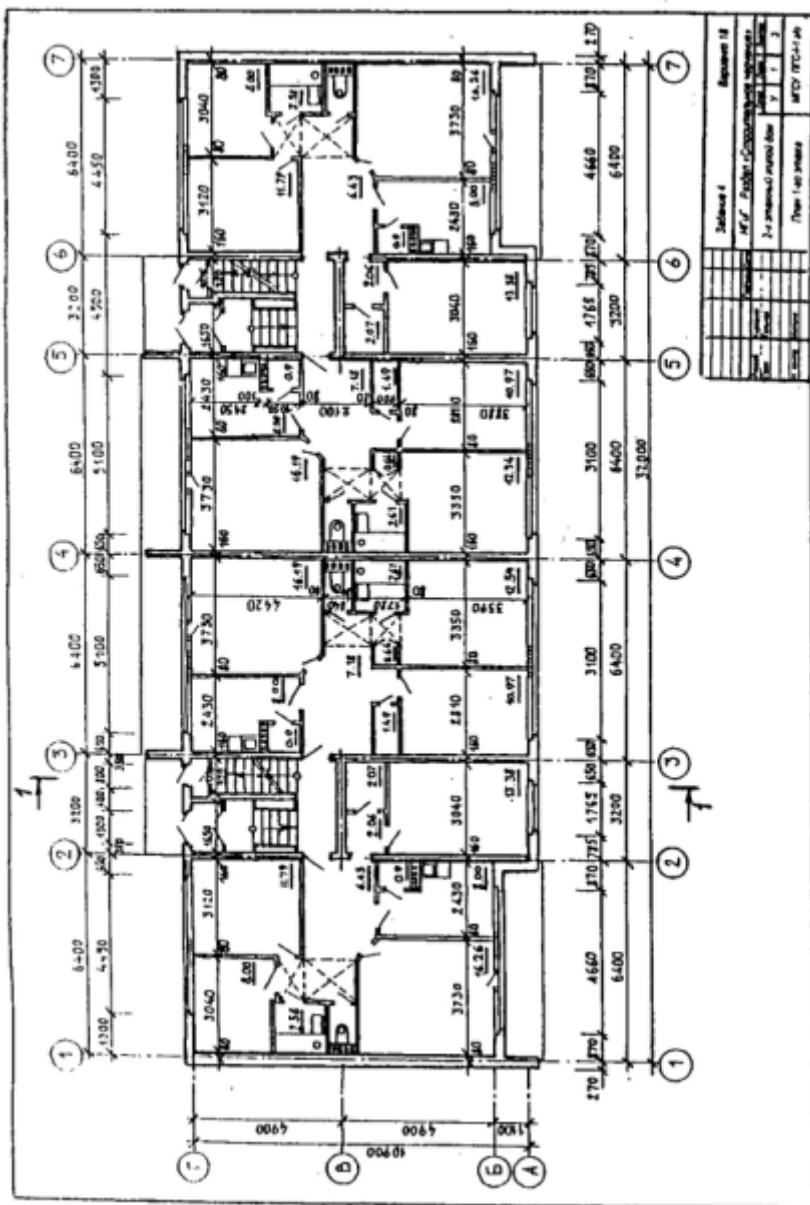


Рис. 9.3

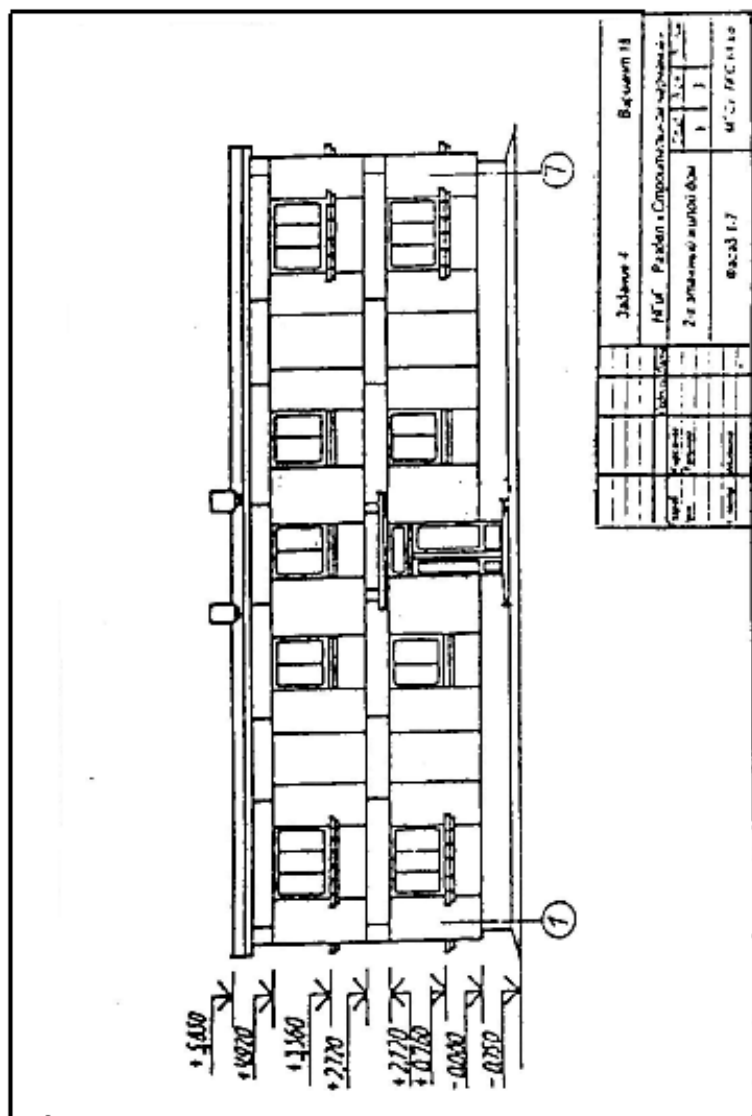


Рис. 9.5

10. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ

В зависимости от содержания изображения на чертежах разделяют на виды, разрезы, сечения. Правила изображения предметов (изделий, сооружений и их составных элементов) установлены ГОСТ 2.305-68 ЕСКД.

10.1. Виды

10.1.1. Основные положения

Видом называют изображение видимой части поверхности предмета, обращенной к наблюдателю (рис. 10.1, а).

Чтобы получить изображение предмета на плоскости, его условно помещают внутри пустотелого куба, грани которого принимают за основные плоскости проекций. Предполагается, что предмет расположен между глазом наблюдателя и соответствующими гранями куба; изображения предмета на этих гранях получают по методу прямоугольного проецирования (рис. 10.1, б).

Развернув куб по ребрам и совместив все его грани с фронтальной плоскостью чертежа, получают расположение изображений на шести плоскостях проекций, принятых за основные (рис. 10.1, в). Допускается располагать грань *б* рядом с гранью *4*, исключая возможность повторения вида в первоначально указанном положении. Такое расположение изображений предмета на чертежах соответствует Европейской системе, условно обозначаемой буквой «Е» и символом, указанным на рис. 10.1, но так как эта система принята большинством стран мира, символ и буквенное обозначение на чертежах не проставляют.

Установлены следующие названия видов, полученных на основных плоскостях проекций (рис. 10.1, в):

- 1 — *вид спереди* (главный вид),
- 2 — *вид сверху*,
- 3 — *вид слева*,
- 4 — *вид справа*,
- 5 — *вид снизу*,
- 6 — *вид сзади*.

Главным видом называют изображение предмета на фронтальной плоскости проекций, дающее наиболее полное представление о его форме и размерах (см. рис. 10.1).

Названия видов на чертежах надписывать не следует, за исключением случаев, когда виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в проекционной связи с главным изображением, отделены от него другими изображениями или расположены не на одном с ним листе, тогда эти

виды должны быть отмечены на чертеже надписью по типу *A* (рис. 10.2), а направление взгляда указано стрелкой, обозначенной той же прописной буквой, что и вид.

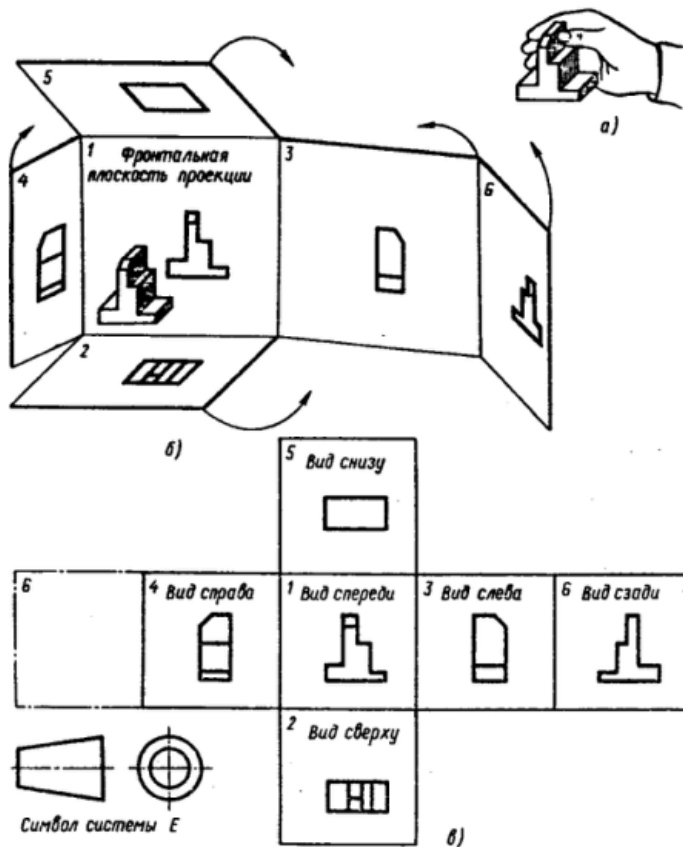


Рис. 10.1

10.1.2. Дополнительные виды

В том случае, если на основных видах нельзя показать без искажения форму и размеры элементов, то применяют *дополнительные виды*, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций (рис. 10.3).

Дополнительные виды располагают, как показано на рис. 10.3, и отмечают на чертеже надписью типа *A*. Направление взгляда должно быть указано стрелкой, обозначенной прописной буквой (стрелка *A*, см. рис. 10.3).

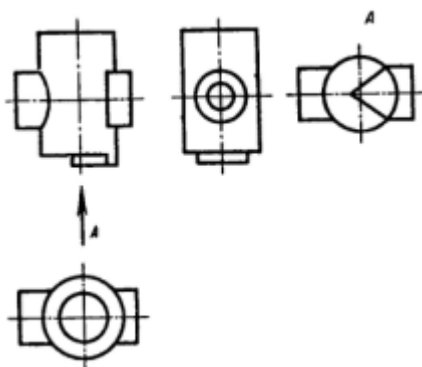


Рис. 10.2

Соотношение размеров стрелки, указывающей направление взгляда, приведено на рис. 10.4.

Если дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и надпись над видом не наносят (рис. 10.5). Допускается поворачивать дополнительный вид, сохраняя при этом положение, принятое для данного предмета на главном изображении; при этом к

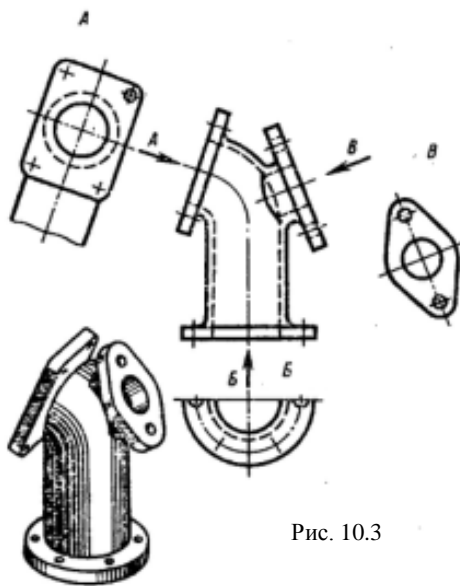


Рис. 10.3

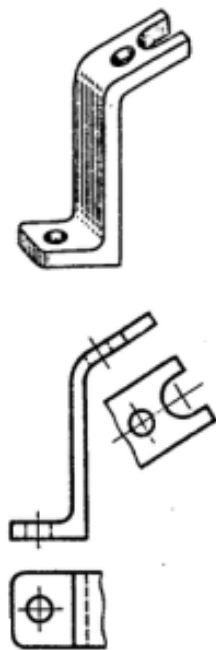


Рис.10.5

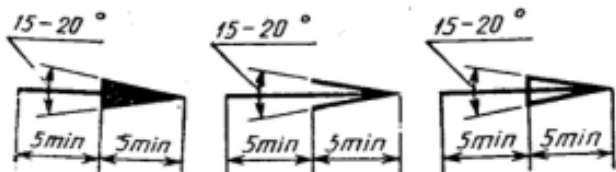


Рис. 10.4

надписи *A* добавляют знак \curvearrowright , заменяющий слово «повернуто» (рис. 10.6).

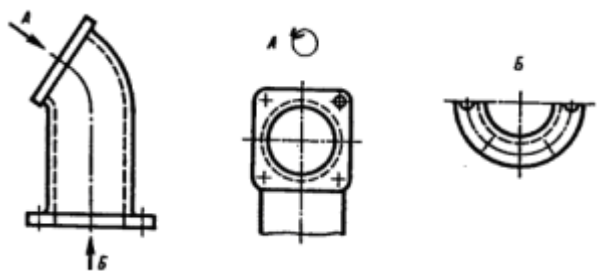


Рис. 10.6

10.1.3. Местные виды

Местным видом называют изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета (рис. 10.7 и 10.8). Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (см. рис. 10.7), или не ограничен (см. рис. 10.8). На чертеже этот вид отмечают подобно дополнительному виду.

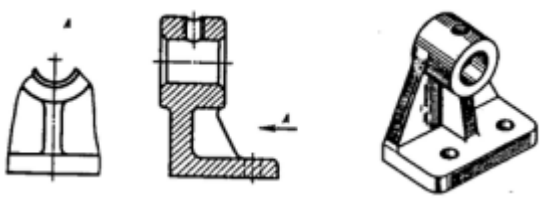


Рис. 10.7

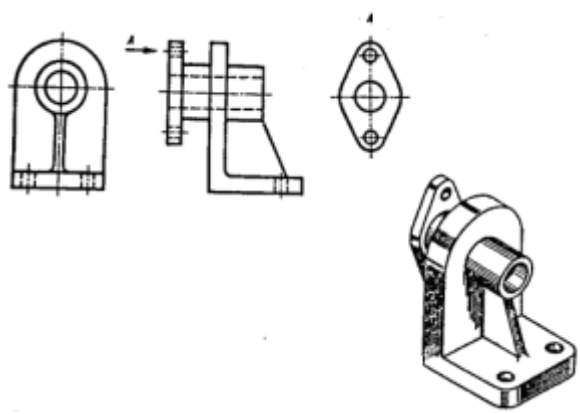


Рис. 10.8

10.2. Разрезы

Разрезом называют изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывают то, что расположено в секущей плоскости и за ней (см. рис. 10.7). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета.

Изображение разреза от изображения вида отличают по штриховке, нанесенной на части предмета, расположенной в секущей плоскости (рис. 10.9). Графическое обозначение различных материалов на разрезах устанавливает ГОСТ 2.306-68.

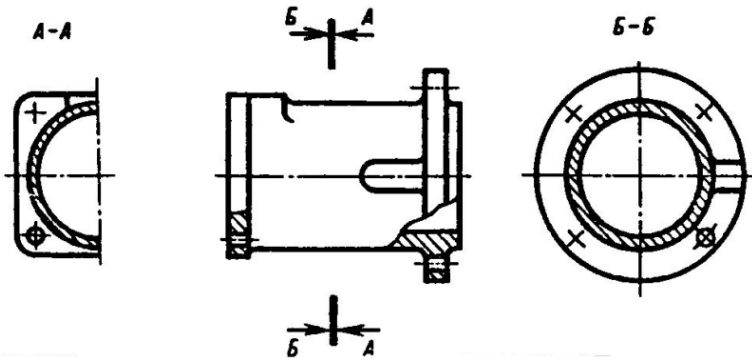


Рис. 10.9

Положение секущей плоскости на чертеже указывают линией сечения, выполненной в виде разомкнутой линии, начальный и конечный штрихи которой не должны пересекать контур соответствующего изображения. Штрихи проводят также у мест пересечения между собой секущих плоскостей. Перпендикулярно к начальному и конечному штрихам на расстоянии 2-3 мм от их концов наносят стрелки, указывающие направление взгляда.

У начала и конца линии сечения, а при необходимости и у перегибов этой линии, ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда, и в местах перегиба со стороны внешнего угла. Разрез должен быть отмечен надписью по типу *А—А* (всегда двумя буквами, через тире).

Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета, а соответствующие изображения расположены на одном листе чертежа в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, положение секущей плоскости на горизонтальных, фронт-

тальных и профильных разрезах не отмечают и разрез надписью не сопровождают.

В зависимости от числа секущих плоскостей различают разрезы: *простые* — при одной секущей плоскости (рис. 10.10 и 9.11); *сложные* — при нескольких секущих плоскостях (рис. 10.12 и 10.13).

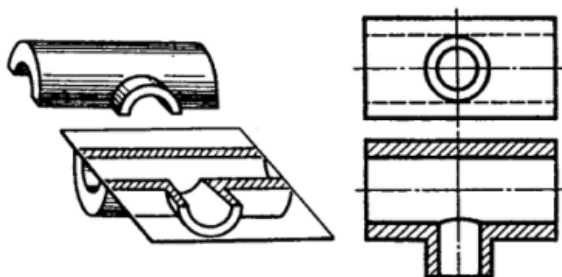


Рис. 10.10

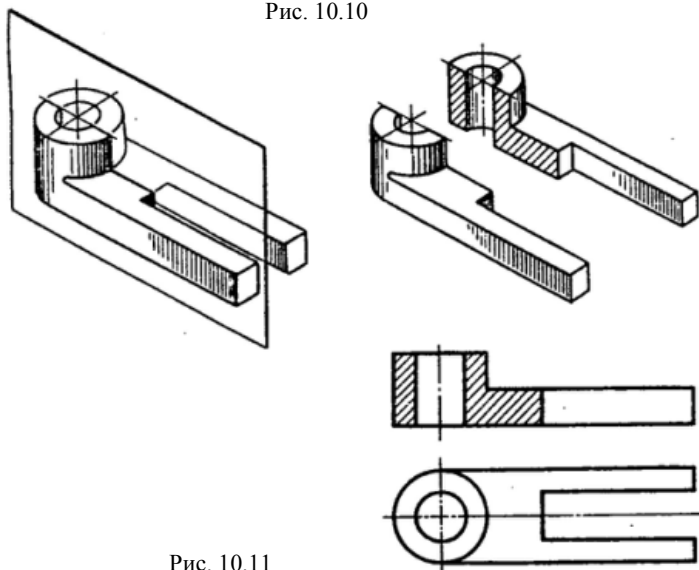


Рис. 10.11

Простой разрез в зависимости от положения секущей плоскости называют: *горизонтальным*, если секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (см. рис. 10.10);

вертикальным, если секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (см. рис. 10.11). Вертикальный разрез называют также фронтальным, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (см. рис. 10.11), и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (см. рис. 10.9);

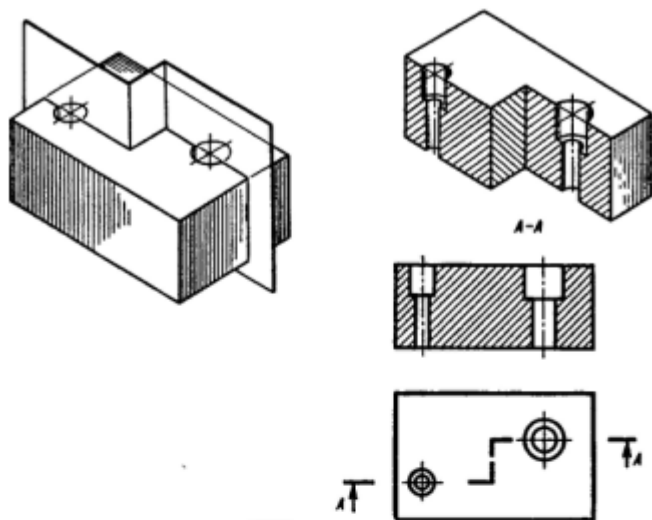


Рис. 10.12

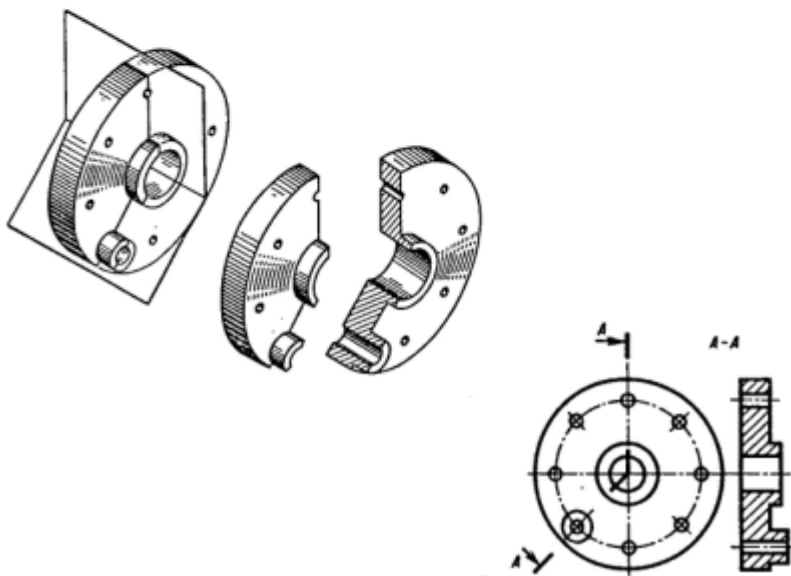


Рис. 10.13

наклонным, если секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (рис. 10.14);

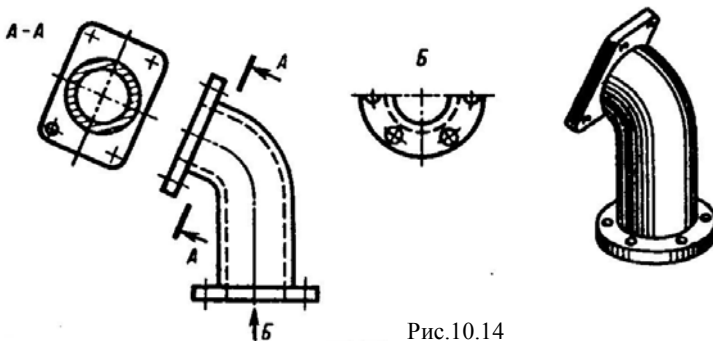



Рис.10.14

продольным, если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета (см. рис. 10.10);

поперечным, если секущая плоскость перпендикулярна длине или высоте предмета (см. рис. 10.9).

Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы на чертежах совмещают с соответствующими основными видами (см. рис. 10.9, 10.10 и 10.11).

Вертикальный разрез в том случае, когда секущая плоскость не параллельна фронтальной или профильной плоскости проекций, а также наклонный разрез располагают в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения (см. рис. 10.14). Допускается располагать такие разрезы в любом месте чертежа или поворачивать их до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи должно быть добавлено условное графическое обозначение .

Сложный разрез называют:

ступенчатым, если секущие плоскости параллельны (см. рис. 10.12);

ломаным, если секущие плоскости пересекаются (см. рис. 10.13).

При выполнении ломаных разрезов секущие плоскости условно поворачивают до совмещения их в одну плоскость. Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида (см. рис. 10.13).

При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, до которой производится совмещение (рис. 10.15).

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называют *местным* (рис. 10.16). Местный разрез

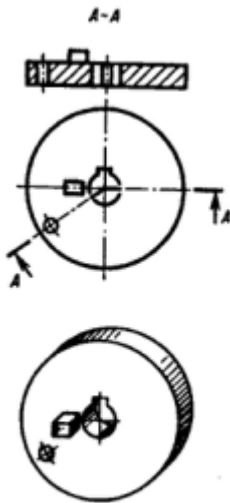


Рис. 10.15

выделяют на виде сплошной волнистой линией. Эта линия не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

Если изделие симметрично, допускается совмещать половину вида с половиной разреза (рис. 10.17). Ось симметрии, разделяющая обе половины, говорит об условности разреза.

При совмещении вида с разрезом на главном виде в разрезе выполняют правую часть предмета (см. рис. 10.17); на горизонтальной проекции — часть предмета, расположенную снизу от горизонтальной оси или справа от вертикальной оси; на профильной проекции — правую часть.

Допускается разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией при симметрии не всего предмета, а лишь его части, если эта часть является телом вращения (рис. 10.18). Если с осью симметрии совпадает контурная линия, то границу между видом и разрезом следует отодвинуть и изобразить ее

тонкой волнистой линией (рис. 10.19, а, б и в).

На продольном разрезе деталей (рис. 10.20 и 10.21) нерассеченными показывают такие элементы, как хвостовики, зубья колес, ребра жесткости, спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес и т. п.; на продольном разрезе сборочной единицы — крепежные детали (болты, винты, гай-

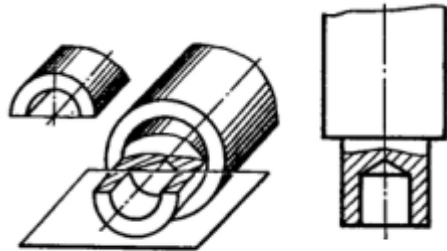


Рис. 10.16

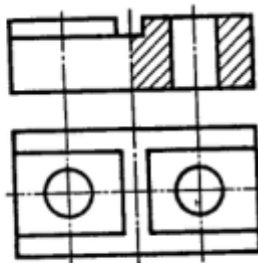
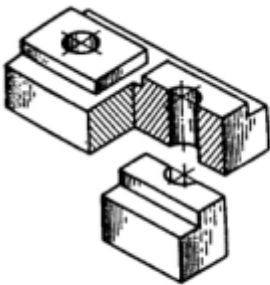


Рис. 10.17

ки, шайбы, заклепки и др.), шпонки, непустотелые валы, шатуны, рукоятки, шарики и т. п.

Если в нерассеченных элементах детали имеются отверстия, углубления и т. п., то на этих элементах делают местный разрез (рис. 10.22).

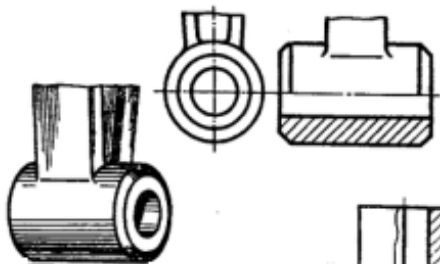


Рис. 10.18

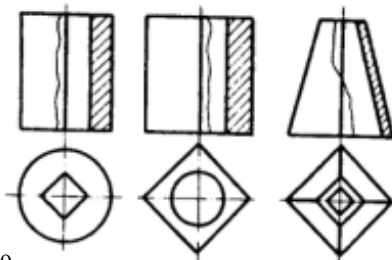


Рис. 10.19

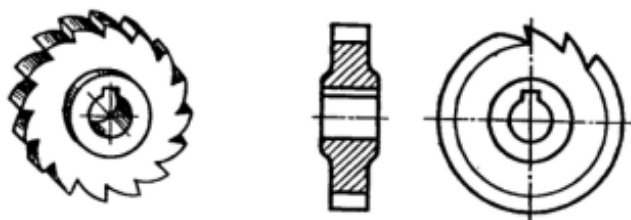


Рис. 10.20

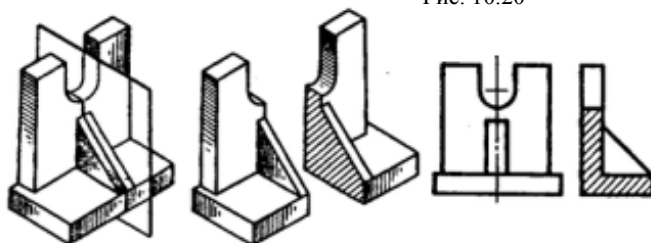


Рис. 10.21



Рис. 10.22

10.3. Сечения

Сечением называют изображение фигуры, получающееся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (рис. 10.23). На сечении показывают только то, что попадает в секущую плоскость. Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (рис. 10.24). Условное графическое обозначение «развернуто» должно соответствовать \bigcirc .

Сечения (рис. 10.25), не вошедшие в разрез, называют *вынесенными* или *наложенными*.

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения — сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (см. рис. 10.25).

Расположение сечений на чертеже должно соответствовать направлению, указанному стрелками (рис. 10.26). Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 10.27).

Положение секущей плоскости выбирают таким, чтобы получить неискаженное изображение (рис. 10.28, *а*). Допускается располагать сечение в любом месте поля чертежа, а также поворачивать его с добавлением к надписи условного графического обозначения \bigcirc (рис. 10.28, *б*).

Если фигуры вынесенного и наложенного сечений симметричны (рис. 10.28, *а* и 10.29), то линии сечений и стрелки не наносят. Оси симметрии таких сечений указывают штрихпунктирной тонкой линией. Для несимметричных вынесенных, расположенных в разрыве (рис. 10.30, *а*) или наложенных (рис. 10.30, *б*) сечений линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают. Во всех остальных случаях проводят линии сечения в виде разомкнутой линии с указанием стрелками направления взгляда и обозначением ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Сечение сопровождают надписью по типу *А-А* (рис. 10.31).

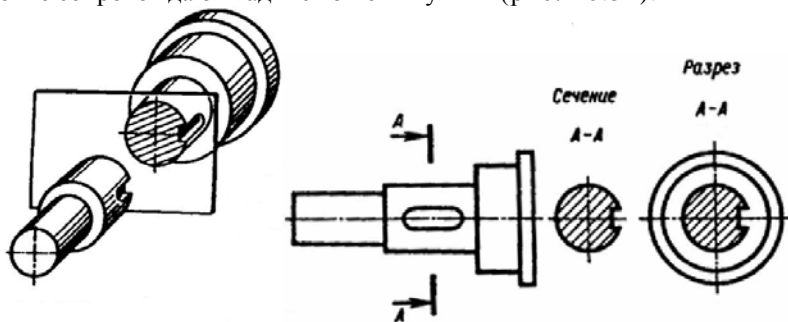


Рис. 10.23

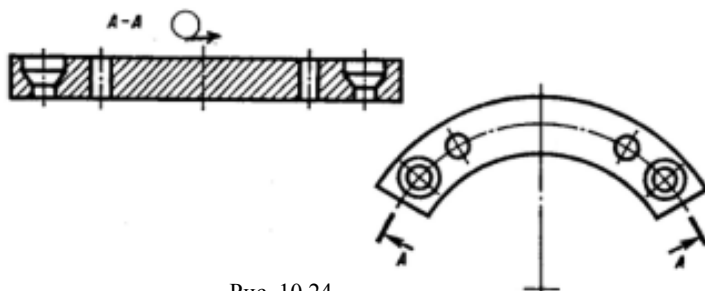


Рис. 10.24

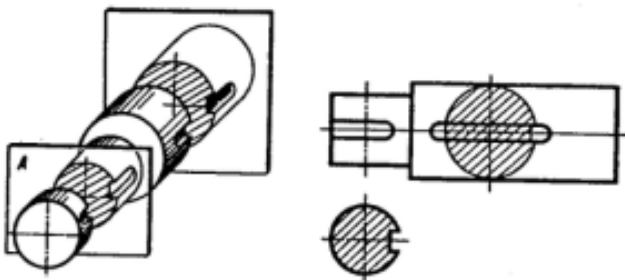


Рис. 10.25

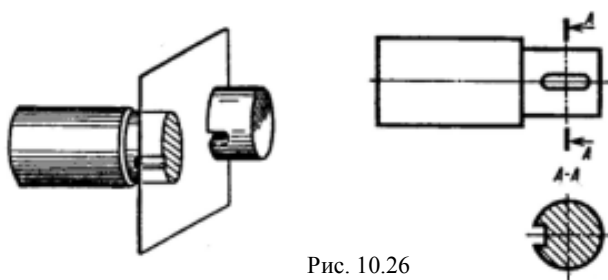


Рис. 10.26

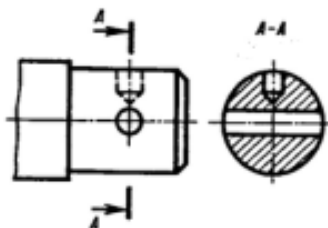


Рис. 10.27

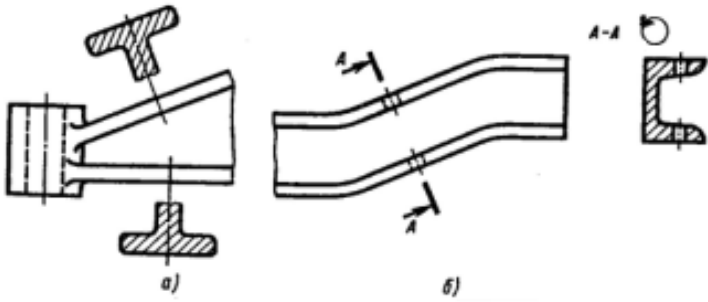


Рис. 10.28

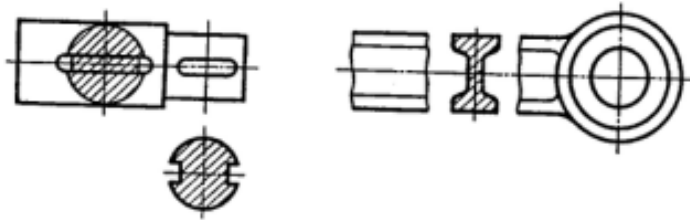


Рис. 10.29

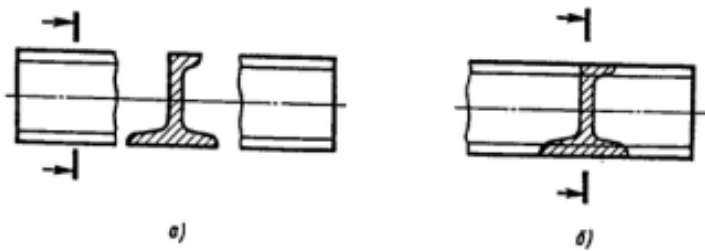


Рис. 10.30

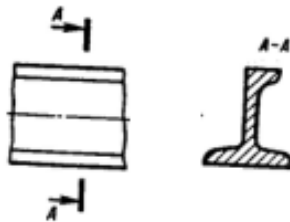


Рис. 10.31

10.4. Компоновка и последовательность выполнения чертежа детали

Выполняя чертеж детали, следует прежде всего думать о его компоновке (размещении) на поле чертежа. Зная размеры изображаемого предмета, масштаб и число проекций, прежде всего вычерчивают тонкими линиями габаритные прямоугольники, размещая их на поле чертежа таким образом, чтобы они расположились равномерно. Плохая компоновка чертежа усложняет, а порой и делает невозможным правильное нанесение размеров на чертеже и затрудняет чтение чертежа.

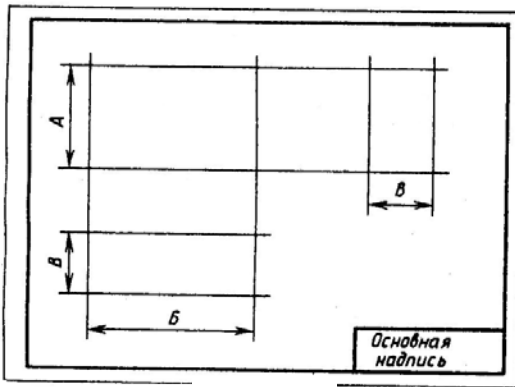


Рис. 10.32

Компоновка чертежа из трех проекций показана на рис. 10.32. Размеры габаритных прямоугольников соответствуют габаритным размерам будущего изображения с учетом размеров предмета и масштаба, в котором он будет изображаться. В их пределах строят изображения.

10.5. Построение третьей проекции детали по двум данным проекциям

На рис. 10.33 по заданным фронтальной и горизонтальной проекциям построена профильная. Построение выполнено методом прямоугольного (ортогонального) проецирования, т.е. все три изображения (проекции) построены

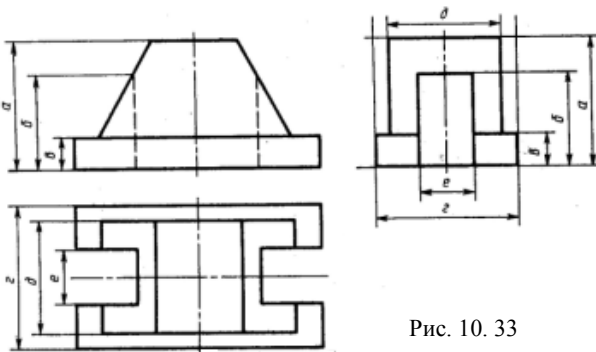


Рис. 10.33

без нарушения проекционной связи, но оси координат и линии проекционной связи на чертеже отсутствуют. Чтобы при построении изображений не нарушалась проекционная связь, необходимо при-

кладывать рейсину или треугольник в направлении соответствующей проекционной связи одновременно к двум проекциям, на которых в данный момент проводят построение.

По двум заданным проекциям (фронтальной и горизонтальной) строится профильная методом переноса размеров по высоте с фронтальной проекции, а по ширине — с горизонтальной проекции. Для этого сначала определяют место положения профильного габаритного прямоугольника, проводят ось симметрии и выполняют построения.

10.6. Построение натуральной величины наклонного сечения

На рис. 10.34 показано построение натуральной величины (НВ) наклонного сечения предмета, состоящего из призмы, сферы и цилиндра.

Приступая к построению, необходимо установить, что получается в сечении отдельных геометрических тел (сферы, цилиндра, призмы) фронтально проецирующей секущей плоскостью.

На участке I при пересечении цилиндра плоскостью в сечении получается эллипс; на участке II сечением сферы является окружность радиуса R ; на участке III сечением призмы - прямоугольник. При пересечении внутреннего цилиндрического отверстия получается также эллипс.

Построение НВ сечения сводится к определению НВ отдельных его элементов (см. рис. 10.34).

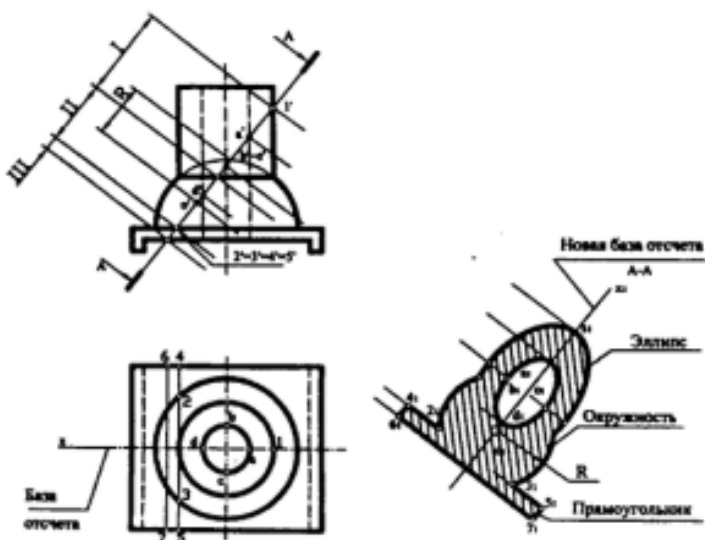


Рис. 10.34

11. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

11.1. Содержание чертежа детали

Детализированием называется процесс выполнения рабочих чертежей деталей по чертежу общего вида или сборочному чертежу.

Содержание чертежа детали и требования к его выполнению установлены соответствующими стандартами ЕСКД.

Согласно ГОСТ 2.101-68*, *деталь* представляет собой изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Чертеж детали, согласно ГОСТ 2.102-68 является документом, содержащим изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Чертеж детали в общем случае содержит:

необходимые изображения; виды, разрезы, сечения, выносные элементы, выполненные в соответствии с требованиями ГОСТ 2.305-68;

номинальные размеры и предельные отклонения (наносятся в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307-68);

обозначение шероховатости поверхностей (наносится в соответствии с требованиями ГОСТ 2.309-73);

основную надпись (заполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104-68 и ГОСТ 2.109-73);

текстовую часть, включающую надписи, технические требования и технические характеристики, таблицы (оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.316-68).

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. При выполнении чертежей деталей как задания по учебной дисциплине предельные отклонения и шероховатость не наносятся.

2. Чертеж детали должен также содержать указания о допусках формы и расположения поверхностей, предусмотренные ГОСТ 2.308-79. Однако на чертежах деталей, выполняемых по учебной дисциплине, эти указания опускаются.

10.2. Алгоритм выполнения чертежа детали

1. Изучить деталь и уяснить название, материал, а также ее назначение. Определить геометрические формы элементов детали и способ ее изготовления.

На сборочном чертеже нужную деталь находят по номеру позиции, указанному на линии-выноске в соответствии со спецификацией на изделие. По проекциям, приведенным на сборочном чертеже, изучают ее наружную и внутреннюю форму.

2. Определить необходимое количество изображений детали и содержание каждого из них. Выбрать главный вид и положение детали относительно плоскостей проекций. Выбрать масштаб изображений и формат листа чертежа.

Чертеж должен содержать минимальное количество изображений детали, но достаточное для понимания ее формы и размеров при изготовлении, контроле и приемке. Оптимальное решение зависит от правильного выбора главного изображения детали, которое определяет количество дополнительных видов.

Следует выбирать такое расположение детали, чтобы при проецировании ее на всех проекциях было больше линий видимого контура (наружного и внутреннего). Желательно линии невидимого контура не вычерчивать на чертеже, а использовать разрезы и сечения так, чтобы все линии были видны, так как линии невидимого контура не упрощают чтение чертежа, а, наоборот, усложняют чертеж.

Главный вид должен давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Главным видом может быть или «вид» или «разрез», или соединение изображения «вида с разрезом». Поэтому при выборе главного вида и числа изображений параллельно решается вопрос и о разрезах.

Для выбора главного изображения можно дать некоторые рекомендации. Деталь следует показывать на главном виде *в положении при обработке на том рабочем месте* (станке), на котором производится обработка преобладающего числа элементов детали. Так деталь представляющую собой тело вращения и обрабатываемую на токатном станке (валы, шпиндели, штоки, оси и т. д.) предпочтительно изображать так, чтобы ее продольная ось располагалась горизонтально - параллельно основной надписи. Такое изображение зрительно сочетается с положением детали на станке.

Корпуса, крышки, детали с фланцами и другие подобные детали, изготавливаемые обычно литьем (с незначительной механической обработкой посадочных плоскостей или отверстий) предпочтительно изображать так, чтобы основная плоскость детали (обычно обработанная механически) располагалась горизонтально. Чертеж с изображением детали в таком положении будет удобен разметчику, модельщику, литейщику.

Но в тех случаях, когда для минимально необходимого числа изображений лучше использовать другое расположение детали, следует отступить от этих рекомендаций для получения менее трудоемкого чертежа.

3. Вычертить внешнюю и внутреннюю рамки в соответствии с выбранным форматом. Выделить место для основной надписи. Определить на поле чертежа место для каждого из выбранных изображений в виде прямоугольников, равномерно располагаемых на поле чертежа. Провести (при необходимости) осевые линии.

4. Вычертить (в тонких линиях) изображения детали.

Для того чтобы определить истинные размеры деталей, пользуются графиком пропорционального масштаба (рис. 11.1), который выполняют на миллиметровой бумаге. Для этого строят координатные оси z и x . На оси x от центра пересечения осей O откладывают размер 22 мм (например, внутренний диаметр втулки), измеренный циркулем по чертежу, а на оси z — размер, указанный на чертеже, — 30 мм. Проведя из найденных точек линии, параллельные осям x и z , определим точку A , через которую пройдет прямой луч, выходящий из точки O . Определяя размеры по графику, можно перейти от масштаба данного чертежа к масштабу 1:1.

Для определения действительного размера элемента детали замеренный с помощью циркуля размер, например диаметр втулки D , откладывают по оси x от точки O . Из конца отрезка по вертикали проводят линию до пересечения с прямолинейным лучом в точке B . Перпендикуляр из этой точки к оси z определит действительную величину размера D , равную 40 мм. Если есть необходимость построить линию пропорционального масштаба, например 1:2, то для данного случая на оси z откладывают размер 15 мм, а на оси x — 22 мм.

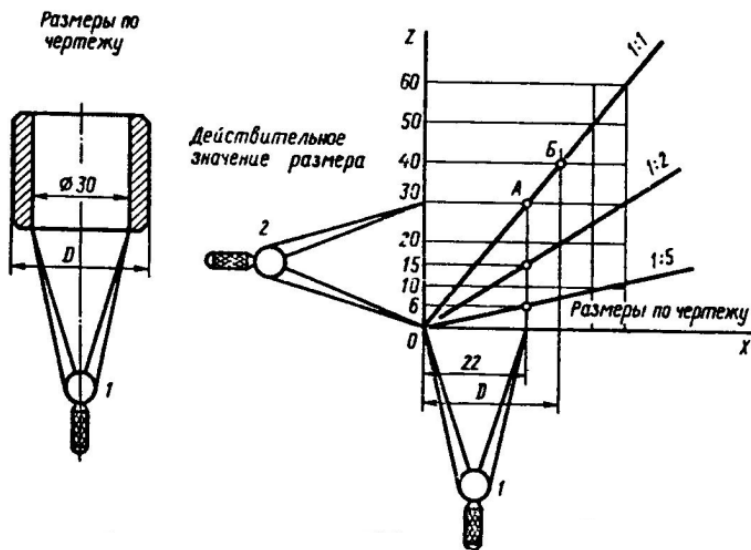


Рис. 11.1

На рабочем чертеже детали должны быть показаны элементы, упущенные на сборочных чертежах или изображенные упрощенно, условно, схематично, например: скругления, уклоны, конусность, фаски, проточки и т. п. Размеры подобных конструктивных элементов, как и размеры шпоночных пазов, шлицев, гнезд под крепежные винты, шпильки, центровые от-

верстия и т. п., должны быть взяты из соответствующих стандартов на эти элементы.

5. Нанести выносные и размерные линии. Над размерными линиями проставить знаки диаметра, радиуса, сферы, квадрата, резьбы, а при необходимости указать конусность, уклон. Нанести знаки шероховатости поверхностей.

Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления, контроля и испытания изделия. Размеры одного и того же элемента на разных изображениях повторять не допускается.

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (отверстию, пазу, выступу, проточке и т. п.), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно.

Обозначение диаметра отверстия на проекции, где оно изображается в виде окружности, усложняет чтение чертежа.

Нельзя обозначать размеры невидимого контура, т. е. проводить выносные линии от линии невидимого контура, изображенного штриховыми линиями.

6. Проставить полученные размеры на нанесенных размерных линиях чертежа. Проставить значения параметров шероховатости поверхностей. Обозначить штриховку разрезов и сечений тремя-четырьмя линиями.

7. Вычертить основную надпись и заполнить ее. Выполнить текстовую часть чертежа.

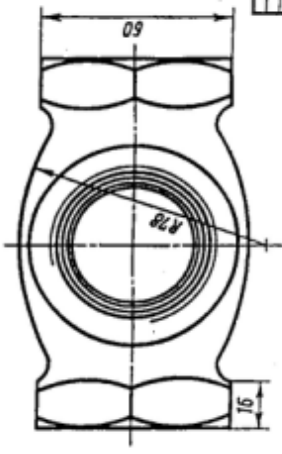
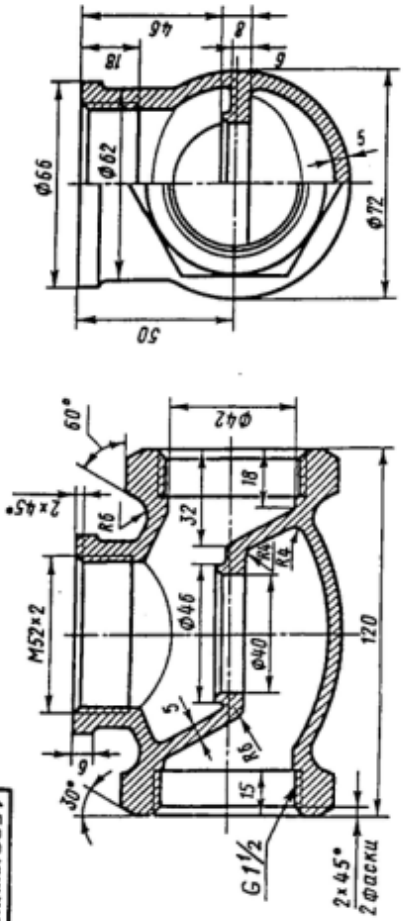
В основной надписи чертежа наименование детали записывают в именительном падеже в единственном числе. Наименование должно соответствовать принятой терминологии и быть кратким. Если наименование состоит из нескольких слов, то на первом месте помещают имя существительное, например, «Втулка сальника», «Гайка накидная» и др.

В графе 2 указывают установленное стандартом обозначение материала: его полное или сокращенное наименование, марку (если она установлена) и номер стандарта или технических условий, например: *Сталь 45 ГОСТ 1050-74, Ст3 ГОСТ 380-71* и т. п.

8. Проверить чертеж и исправить ошибки. Выполнить обводку чертежа и штриховку.

Пример выполнения рабочего чертежа детали приведен на рис. 11.2.

АБВГ.ХХХХХХ.001



Неуказанные радиусы скругления R2

| | |
|-----------------|-----------------------|
| АБВГ.ХХХХХХ.001 | |
| Корпус | БСОС-4.4 ГОСТ 5017-74 |
| МГУ ПГС-1-1 | |

Рис. 11.2

12. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ЧЕРТЕЖ ЗДАНИЯ

12.1. Конструктивные части зданий

Любое здание, будь то жилой дом, библиотека или завод, имеет четко выраженные конструктивные части (рис. 12.1): фундамент, стены с окнами и дверями, перекрытия (полы и потолки), крыши, лестницы.

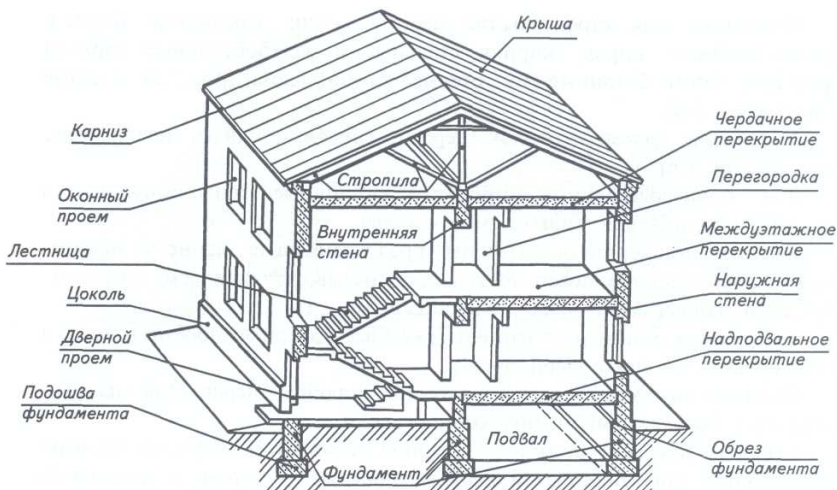


Рис. 12.1

Фундамент — нижняя подземная часть здания, передающая нагрузки от стен и колонн на грунт. Нижняя поверхность фундамента называется подошвой, верхняя — обрезом.

Типы фундаментов:

- ленточный — закладывается по периметру здания и под его внутренние стены;
- столбчатый — возводится для установки на нем колонн;
- массивный (сплошной) — используется для установки двигателей, станков.

Материалы для фундаментов: для небольших зданий — бутовый камень или шлакобетон, для многоэтажных — бетонные и железобетонные блоки (сборный железобетон).

Стены — вертикальные части здания, служащие для защиты его помещений от внешних температур и атмосферных воздействий, а также для передачи фундаменту давления от перекрытий, крыши и оборудования, установленного в здании.

По расположению стены бывают наружные и внутренние.

По передаче давления от перекрытий и крыши стены делятся на несущие (капитальные) и перегородки (тонкие стены, разделяющие здание на отдельные помещения — комнаты, кухни и т.д.).

Материалы для строительства несущих стен: деревянные брусы и бревна хвойных пород, кирпич, стальные и железобетонные каркасы (рис. 12.2, *а*), бетон, бетонные пустотелые камни, блоки (рис. 12, *б*) и целые панели (рис. 12, *в*).

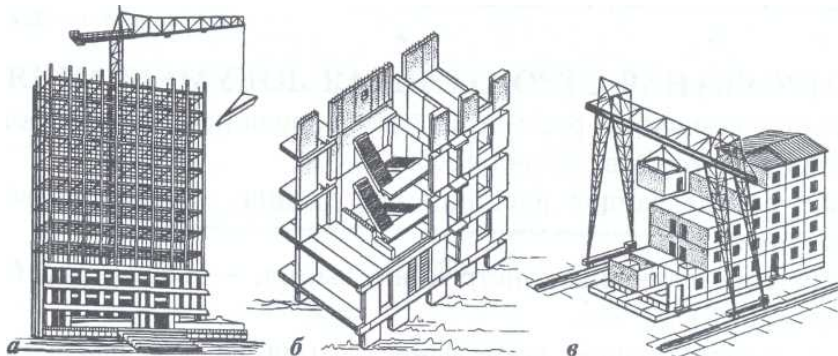


Рис. 12.2

Материалы для перегородок: дерево, гипсовые плиты, пластмассы, шлакобетон и пр.

Для производственных строений кирпичные стены выполняют в полтора кирпича, для жилых домов — в два.

Нижняя утолщенная часть стены, предохраняющая здание от механических повреждений и поверхностных вод, называется цоколем, а верхняя, предохраняющая ее от дождя, — карнизом.

В наружных стенах расположены оконные и дверные проемы, в перегородках — только двери.

Оконные проемы состоят из оконной коробки, переплетов (называющихся в быту рамами) и подоконной доски.

Дверные проемы состоят из дверной коробки и дверного полотна. Материалы для оконных и дверных проемов — дерево и пластмасса. Размеры дверей и окон стандартизированы.

Перекрытия — горизонтальные конструкции, разделяющие здание на этажи. Нижнее перекрытие называется подвальным, верхнее — чердачным, промежуточное — междуэтажным. Материалы для перекрытий — железобетон, бревна, деревянные брусы.

Лестницы, пандусы (наклонные поверхности, заменяющие лестницу). Помещение для лестницы называется лестничной клеткой, наклон-

ная часть лестницы, состоящая из ступенек — маршем, а горизонтальная часть — площадкой. Лестницы ограждают перилами высотой 85—90 сантиметров.

Крыша — верхняя конструкция здания, защищающая внутренние помещения от атмосферных осадков, солнца и ветра. Крыши бывают чердачными и бесчердачными, скатными и плоскими.

Особенности выполнения архитектурно-строительных чертежей:

1. чертежи планов, фасадов, разрезов здания могут выполняться как на одном листе, находясь в проекционной связи относительно друг друга, так и на отдельных листах (рис. 10.3—10.5);

2. используется только масштаб уменьшения;

3. размеры наносятся замкнутой цепью (рис. 10.3);

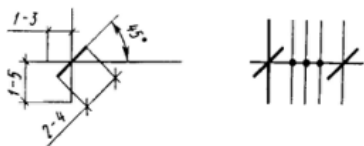


Рис. 12.3

4. размерная стрелка заменяется засечкой в виде толстой линии длиной 2-4 мм, проводимой с наклоном вправо под углом 45° к размерной линии. При этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1-3 мм (рис. 12.3);

5. для размеров высот используют специальный знак — «отметка уровня» (рис. 12.4). Отметки уровней высоты, глубины элементов конструкций от отчетного уровня (условной «нулевой» отметки) указывают в метрах с тремя десятичными знаками. На фасадах, разрезах и сечениях отметки помещают на выносных линиях или линиях контура.

Условную «нулевую» отметку, принимаемую, как правило, для поверхности какого-либо здания или сооружения, расположенной вблизи планировочной отметки земли, обозначают «0,000», указывают без знака; отметки выше

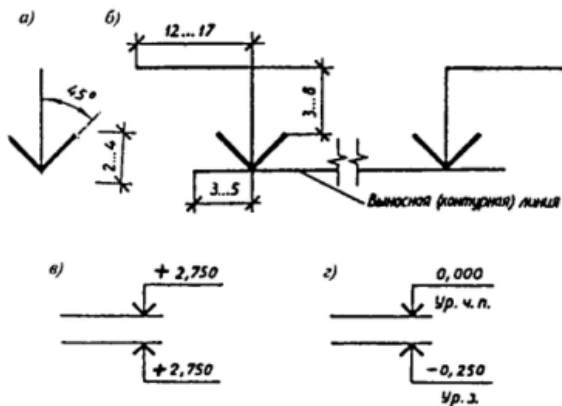


Рис. 12.4

Экспликация помещений

| Наиме- щения | Наименование | Площадь, м² | Кат. помещения |
|--------------|--------------|-------------|----------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Dimensions: 15, 80, 20, 10, 125 (total length), 20 (height)

Рис. 12.5

- вид слева и справа — *боковой фасад*;
- вид сзади — *дворовый фасад*;
- вид сверху — *план крыши*;
- вид сверху на участок застройки — *генеральный план*;
- горизонтальный разрез — *план этажа*, подвала, чердака,
- вертикальный разрез — *разрез здания*.

Проектирование обычно ведется в две стадии:

- разработка проектного задания;
- разработка и выполнение рабочих чертежей.

12.2. Планы этажей зданий

Планом здания называют разрез здания горизонтальной плоскостью, проходящей в пределах дверных и оконных проемов или на уровне 1/3 высоты изображаемого этажа (рис. 12.6).

В случаях, когда оконные проемы расположены выше секущей плоскости, по периметру плана располагают сечения соответствующих стен на уровне оконных проемов.

На планах этажей наносят:

1. координационные оси здания (сооружения);
2. размеры, определяющие расстояние между координационными осями и проемами, толщину стен и перегородок, другие необходимые размеры, отметки участков, расположенных на разных уровнях;
3. линии разрезов, которые проводят, как правило, с таким расчетом, чтобы в разрез попадали проемы окон, наружных ворот и дверей;
4. позиции (марки) элементов здания (сооружения), заполнения проемов и дверей (кроме входящих в состав щитовых перегородок), перемычек, лестниц и др.

Допускается позиционное обозначение проемов ворот и дверей указывать в кружках диаметром 5 мм.

нулевой — со знаком «+», ниже нулевой — со знаком «-»;

6. чертежи планов сопровождают *экспликацией* (рис. 12.5).

В архитектурно-строительном черчении используются следующие названия изображений:

- вид здания спереди — *главный фасад*;

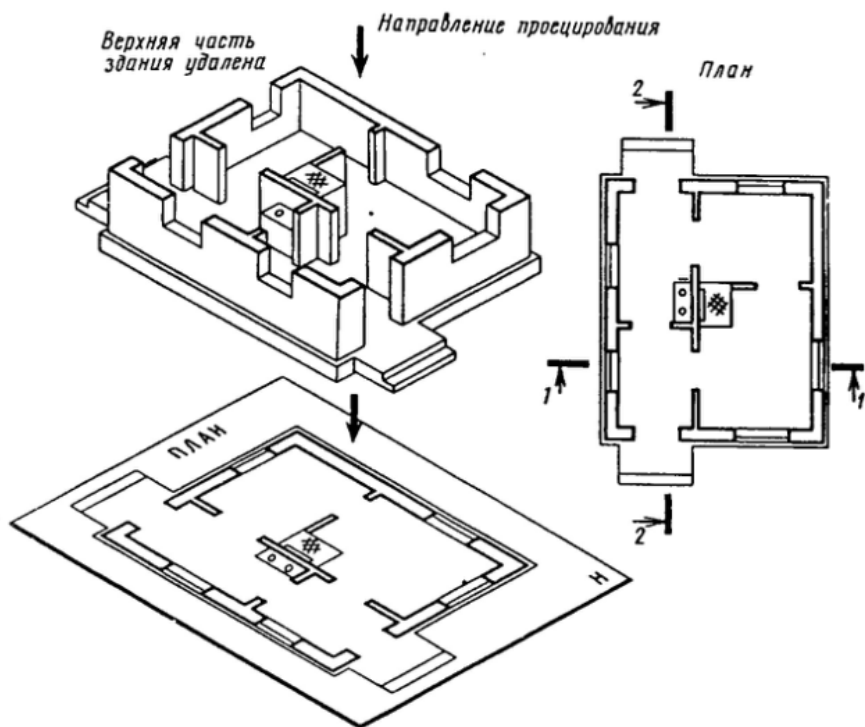


Рис. 12.6

Площадки, антресоли и другие конструкции, расположенные выше секущей плоскости, изображают схематично тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками.

На планах зданий показывают дымовые и вентиляционные каналы и санитарно-технические приборы.

Жилая площадь равна сумме площадей жилых помещений.

Производственная площадь определяется как сумма площадей, непосредственно занятых под производственные помещения.

Полезную площадь определяют как сумму жилой и подсобной площадей или производственной и подсобной.

План здания вычерчивают в следующей последовательности (рис. 12.7):

1. Проводят продольные и поперечные координационные оси. Эти оси являются условными геометрическими линиями, которые в отдельных случаях могут не совпадать с осями симметрии.

Координационные оси здания наносят штрихпунктирными линиями с длинными штрихами (толщиной от $S/2$ до $S/3$), обозначают арабскими цифрами и прописными буквами русского алфавита (за исключением букв: Ё, З, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ъ, Ы, Ь) в кружках диаметром 6-12 мм (для М 1:100 – 10 мм). Размер шрифта для обозначения координационных осей на номер больше, чем размер шрифта размерных чисел на том же листе.

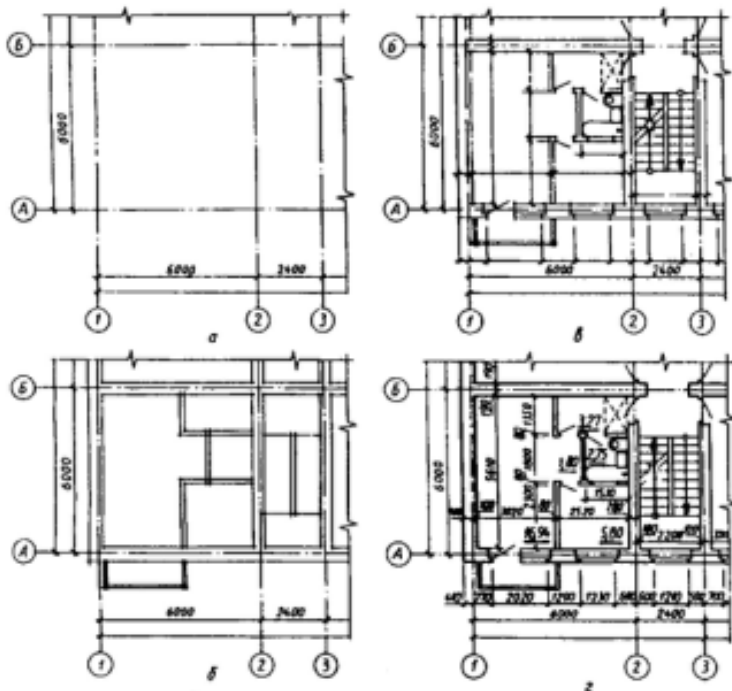


Рис. 12.7

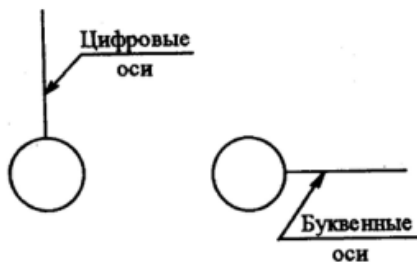


Рис. 12.8

Цифрами обозначают координационные оси по стороне здания и сооружения с большим количеством осей (рис. 12.8).

Последовательность цифровых и буквенных обозначений координационных осей принимают по плану слева направо и снизу вверх.

Обозначение координационных осей, как правило,

наносят по левой и нижней сторонам плана здания и сооружения.

Затем выполняются внешние выносные и размерные линии. Первая размерная линия располагается от контурной на расстоянии 20-30 мм (в зависимости от величины изображения), каждая последующая – на расстоянии 7 мм.

2. Вычерчивают все наружные и внутренние стены, перегородки и колонны, если они имеются.

Все наружные и внутренние капитальные стены, а также отдельно стоящие опоры (колонны и столбы) должны иметь координационные оси. Оси стен должны иметь так называемую привязку.

Привязку стен здания (сооружения) к координационным осям выполняют в соответствии с рис. 12.9. Наружная плоскость внешних стен находится с левой стороны каждого изображения.

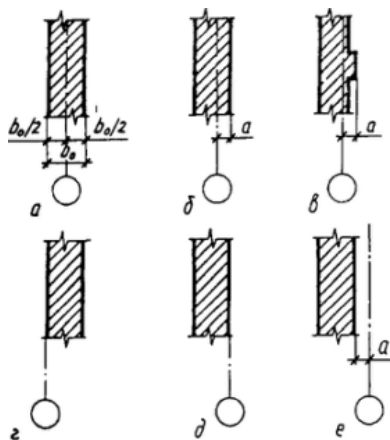


Рис. 12.9. Типы привязок стен к координационным осям:
a – центральная; *б, в* – двухсторонняя;
г, д, е – односторонняя

Во внутренних несущих стенах и отдельно стоящих опорах координационные оси располагают по геометрическому центру сечения верхней части стены.

В наружных стенах толщиной 510 мм координационная ось пройдет на расстоянии 200 мм (или 100 мм) от внутренней грани стены. В лестничных клетках внутренней гранью считается та, которая обращена в сторону лестничной клетки.

Следует также обратить внимание на различие в присоединении наружных и внутренних капитальных стен и перегородок.

3. Производят разбивку оконных и дверных проемов в наружных и внутренних стенах и перегородках, условно показывают открывание

дверей, вычерчивают санитарно-техническое оборудование и наносят необходимые выносные и размерные линии.

При вычерчивании плана в масштабе 1:50 или 1:100 и при наличии в проемах четвертей (для кирпичных стен) их условное изображение дается на чертеже (рис 12.10).

При выполнении задания в помещениях нанести следующее сантехническое оборудование согласно ГОСТу 2.786-70 (табл. 12.1): в туалете – унитаз; в ванной - умывальник, ванну; в совмещенном санузле - унитаз, умывальник, ванну; в кухне - плиту газовую или электрическую, раковину или мойку.

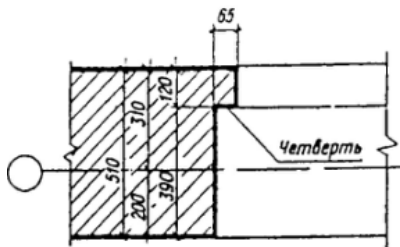


Рис. 12.10

различных элементов зданий, во многих проектных институтах принято располагать ее на расстоянии 20 мм и более от контура чертежа. Последующие размерные «цепочки» располагают в 7 мм друг от друга. В первой «цепочке», считая от контура плана, располагаются размеры, обозначающие ширину оконных и дверных проемов, простенков и выступающих частей здания с привязкой их к координационным осям (рис. 12.7, з).

Вторая «цепочка» включает в себе размер между осями капитальных стен и колонн. В третьей «цепочке» проставляется размер между координационными осями крайних наружных стен. При одинаковом расположении проемов на двух противоположных фасадах здания допускается нанесение размеров только на левой и нижней сторонах плана.

Проводят внутренние размерные линии (продольные и поперечные), по которым рассчитывают и проставляют площади помещений.

Площади помещений рассчитывают с точностью до сотых долей м^2 , приводят в нижнем правом углу плана и подчеркивают сплошной толстой линией.

На планах наносят также горизонтальные следы секущих плоскостей, по которым затем строят разрезы.

5. После исправлений и доработки пропущенных мест приступают к окончательной обводке.

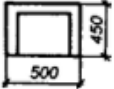

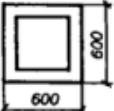
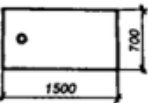
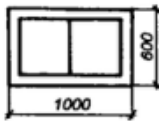
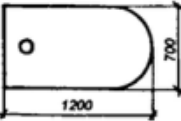
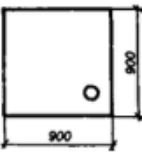

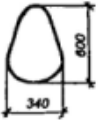
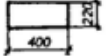
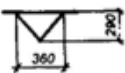
При вычерчивании планов штриховка стен и перегородок не наносится. Несущие стены обводят основной сплошной линией; перегородки, оконные проемы, лестничные марши – тонкой сплошной линией. Условные графические изображения дверей, элементов оборудования выполняются тонкой сплошной линией.

Допускается наименование помещений (технологических участков), их площади и категории приводить в экспликации помещений (рис. 12.5). В этом случае на планах вместо наименований помещений (технологических участков) проставляют их номера в кружках диаметром 7-8 мм.

Для жилых зданий экспликацию помещений, как правило, не выполняют.

Т а б л и ц а 12.1

Обозначения условных графических элементов
санитарно-технических устройств

| Оборудование | Обозначение на планах | Оборудование | Обозначение на планах |
|----------------------------------|---|--------------------|---|
| Раковина |  | Умывальник |  |
| Мойка кухонная на одно отделение |  | Ванна обыкновенная |  |
| Мойка кухонная на два отделения |  | Ванна сидячая |  |
| Поддон душевой |  | Унитаз |  |
| Биде |  | Бачок смывной |  |
| | | Писсуар настенный |  |

12.3. Разрезы

При выполнении разреза здания (сооружения) положение мнимой вертикальной плоскости разреза принимают, как правило с таким расчетом, чтобы в разрез попали проемы окон, наружных ворот и дверей. Разрезы служат для выявления взаимного расположения внутренних частей здания и размеров (высот). Начинать его вычерчивание следует до того, как на плане будет построена лестница в лестничной клетке. Лестница вычерчивается одновременно и на плане и на разрезе.

При вычерчивании разреза элементы, попавшие в плоскость разреза, должны выделяться сплошными толстыми линиями.

Из видимых элементов на разрезах изображают только элементы конструкций зданий (сооружений), подъемное оборудование, открытые лестни-

цы и площадки, находящиеся непосредственно за мнимой плоскостью разреза.

На разрезах здания (сооружения) без подвалов грунт и элементы конструкций, расположенные ниже фундаментных балок и верхней части ленточных фундаментов, не изображают.

Пол на грунте изображают одной основной линией, пол на перекрытии и кровлю - одной сплошной линией независимо от числа слоев в их конструкции.

На разрезах выносят и указывают:

координационные оси здания (сооружения), расстояния между ними и крайними осями, оси деформационных швов;

отметки уровня земли, чистого пола и площадок;

отметки низа несущих конструкций, покрытия одноэтажных зданий (сооружений) и низа плит покрытия верхнего этажа многоэтажных зданий (сооружений);

отметку низа опорной части заделываемых в стены элементов конструкций;

отметку верха стен, карнизов, уступов стен, головки рельсов крановых путей;

размеры и привязку (по высоте) проемов, отверстий, ниш и гнезд в стенах и перегородках, изображаемых в сечении;

толщину стен и их привязку к координационным осям здания или сооружения (при необходимости);

марки элементов здания (сооружения), не замаркированных на планах и фасадах;

ссылки на узлы, а также на чертежи элементов здания (сооружения), замаркированных на разрезах.

Последовательность вычерчивания разреза жилого дома приведена на рис. 12.11:

1. компоновка чертежа и построение вертикальной координационной сетки;

2. вычерчивание основных контуров;

3. вычерчивание деталей и нанесение размерных линий;

4. простановка размеров и графическое оформление.

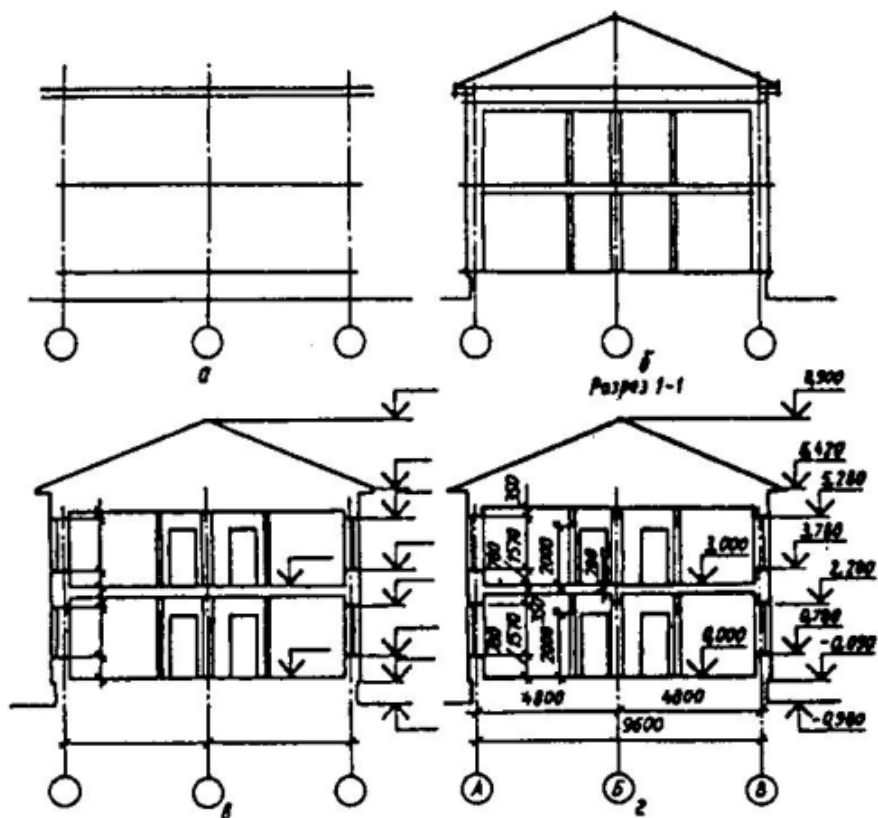


Рис. 12.11

12.4. Построение разреза на лестнице

Для графического изображения разреза по лестнице необходимо знать высоту этажа, ширину марша, количество маршей на этаже и размеры ступеней (или уклон марша). К вычерчиванию разреза по лестнице приступают после выполнения расчетов по определению размеров отдельных элементов лестницы и размеров лестничной площадки.

Требуется, например, построить двухмаршевую лестницу при высоте этажа 3000 мм, ширине марша 1000 мм. Принимают ширину проступи равную $l = 300$ мм, а высоту подступенка $h = 150$ мм.

Ширина лестничной клетки равна удвоенной ширине марша плюс промежуток между маршами, равный 200 мм, который необходим для пропуска пожарного рукава и удобства пользования лестницей ($2 \times 1000 + 200 = 2200$ мм). Высота одного марша будет равна

$3000:2=1500$ мм. Определяют число подступенков в одном марше $n=1500:150=10$. Так как верхняя проступь (фризовая) совпадает с лестничной площадкой, число проступей в одном марше будет на единицу меньше: $n-1=10-1=9$ проступей. Рассчитывают длину горизонтальной проекции марша (заложение марша): $300(n-1) = 300 \times 9 = 2700$ мм. Принимая ширину промежуточной площадки 1650 мм, а ширину этажной 1300 мм определяем полную минимальную длину лестничной клетки - 5610 мм.

После предварительных расчетов приступают к построению разреза. Проводят координационные оси, вычерчивают стены, отмечают уровни лестничных площадок (поэтажных и промежуточных) горизонтальными линиями (рис. 12.12).

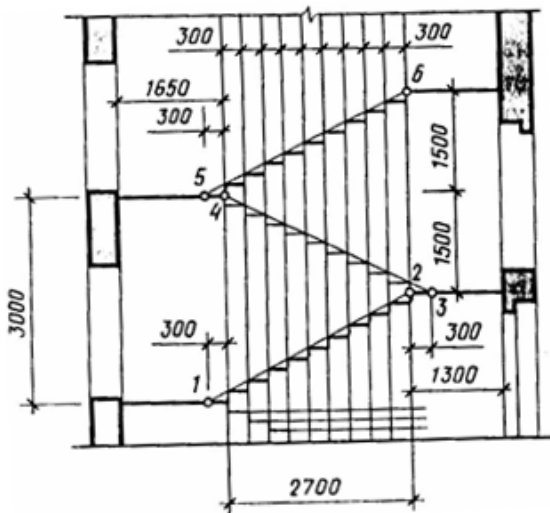


Рис. 12.12

Затем горизонтальную проекцию марша (его заложение) «разбивают» на отрезки, равные величине проступи (300 мм), 9 раз и через полученные точки проводят на разрезе тонкие вертикальные линии для разбивки ступеней.

После этого откладывают ширину одной ступени (300 мм) в сторону площадки 1-го этажа (точка 1), соединяют наклонной прямой линией эту точку с крайней точкой уровня (точка 2) вышележащей промежуточной площадки. Прямая 12 пересекает вертикальные линии в точках, через которые проводят горизонтальные (проступи) и вертикальные (подступенки) линии. Таким же образом строят ступени и других маршей. Найденный профиль служит основой для вычерчивания конструкции маршей и площадок. При вычерчивании лестницы необходимо следить за тем, чтобы нижний и верхний подступенки обоих маршей, примыкающих к одной площадке, находились в одной плоскости, т.е. на одной вертикальной линии в разрезе. На плане стрелкой всегда обозначают направление движения по лестнице вверх.

Плоскость разреза по лестнице проводят по ближайшим к наблюдателю маршам.

12.5. Фасады

Фасады здания дают представление о внешнем виде проектируемого сооружения и его архитектурной композиции.

Пример оформления фасада показан на рис. 9.5. На фасадах наносят и указывают:

координационные оси здания (сооружения), проходящие в характерных местах фасада (например, крайние, у деформационных швов, в местах уступов в плане и перепада высот);

отметки уровня земли, входных площадок, верха стен, низа и верха проемов и расположенных на разных уровнях элементов фасадов (например, козырьков, выносных тамбуров). Допускается указывать на разрезах отметки низа и верха проемов;

отметки, разрезы и привязки проемов и отверстий, не указанные на планах и разрезах; типы заполнения оконных проемов, если они не входят в состав элементов сборных конструкций стен (в учебных заданиях не показываются).

13. УЗЛЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

13.1. Общие сведения о конструкциях каркасов производственных зданий

Различные производственные предприятия размещаются в разноэтажных зданиях, конструкции которых весьма разнообразны. Они могут быть с различным количеством пролетов, с ограждающими конструкциями и без них, с внутрицеховым транспортом, технологическими площадками, лестницами, трубопроводами, с кранами, конвейерами и т.д.

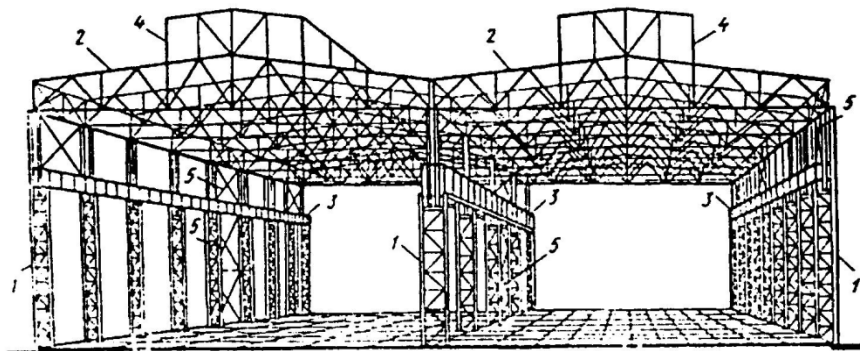


Рис. 13.1. Конструктивная схема каркаса двухпролетного производственного здания

1 – колонны; 2 – стропильные схемы; 3 – подкрановые балки; 4 – светоаэрационные фонари; 5 – связи между колоннами

Каркас таких зданий и сооружений представляет собой комплекс несущих конструкций, воспринимающий и передающий на фундамент все виды нагрузок и динамических влияний. На рис. 12.1 приведена конструктивная схема каркаса. Несущая способность и жесткость каркаса поперек здания обеспечивается поперечными рамами, вдоль – продольными элементами: покрановыми конструкциями, подстропильными фермами, связями между колоннами и фермами, кровельными прогонами.

Наиболее важными элементами каркасов и строительных конструкций являются балки, колонны и фермы.

Балка является одним из важных конструктивных элементов. Сплошнорамчатые балки, работающие на изгиб, применяются в мостовых строениях как для небольших пролетов 15-20 м, так и для пролетов длиной 200 м и более. Конфигурация балки может усложняться до конструкции фермы-балки и т.п.

Основным типом нормального сечения металлической балки является двутавровый, одним из основных его свойств – симметрия. Балки могут

быть разрезными, бистальными, предварительно напряженными. Систему несущих балок называют балочной клеткой. Существуют три основных типа клеток: упрощенный, нормальный и усложненный.

Колонны, стойки, центрально-сжатые стержни, вертикальные опоры – это термины, определяющие следующий элемент строительной конструкции. Через колонны нагрузки передаются с выше лежащей конструкции на фундамент или промежуточную опору. Выделяют три части колонн: оголовок, стержень и базу. Колонны бывают сплошными и сквозными, одноярусными и многоярусными.

Ферма – решетчатая конструкция, состоящая из отдельных прямолинейных стержней. Стержни, соединенные в узлах друг с другом и с верхним и нижним поясом, образуют геометрически неизменяемую форму конструкции.

Фермы экономичнее балок, но более трудоемки в изготовлении и монтаже. Они могут быть плоскими и пространственными.

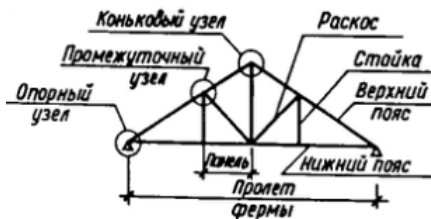


Рис. 13.2

Ферма состоит из поясов и решетки. Верхний и нижний элементы фермы называют соответственно верхним и нижним поясами (рис. 13.2). Стержни, заключенные между поясами, называют решеткой фермы. Она состоит из вертикальных элементов - стоек и наклонных элементов - раскосов.

Стойки и раскосы связывают между собой, а также с верхним и

нижним поясами непосредственным примыканием и с помощью металлического листа – фанонки (рис. 13.3). Фанонка является тем элементом, по которому усилие с одного стержня решетчатой конструкции переходит на другой. От правильного конструирования фанонки в большой мере зависит прочность конструкции. Поэтому каждое сечение фанонки должно быть достаточно проч-

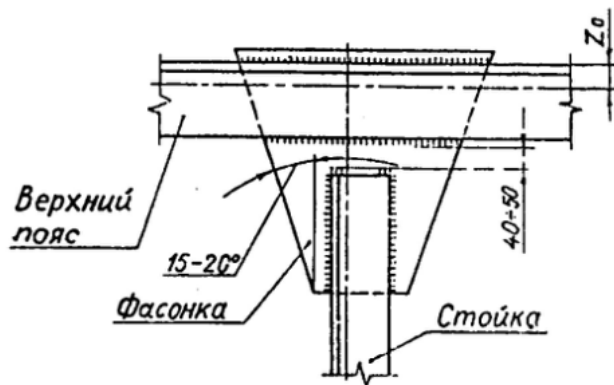


Рис. 13.3

но. Поэтому каждое сечение фанонки должно быть достаточно проч-

ным и способным воспринять соответствующий силовой поток. Для нормального силового потока угол между краем фасонки и стержнем должен быть не менее 15° .

Фермы, перекрывающие поперечный пролет здания и опирающиеся непосредственно на несущие элементы (колонны, стены), называют *стропильными*.

Узлы конструкций. В легких сварных фермах из одиночных уголков узлы могут выполняться без фасонки, при этом стержни решетки варят непосредственно к полкам поясных уголков. Для повышения жесткости таких узлов может использоваться небольшая планка. Фермы, стержни которых состоят из парных уголков, снабжаются в узлах фасонными деталями, проведенными между уголками. Фасонки выпускают за обушки поясных уголков на 10-15 мм.

Узел металлической конструкции может быть рассмотрен как в схеме балки, колонны, фермы, так и в их сочленениях, примыканиях, опорах и т.д.

13.2. Методические рекомендации по вычерчиванию узла металлической конструкции

В соответствии с приведенной в задании геометрической схемой расположения элементов конструкции определить местоположение заданного узла в каркасе стропильной фермы. Установить, какие элементы каркаса соединяются в рассматриваемом узле. Выявить форму и размеры этих элементов; уяснить, каким образом и с помощью каких деталей они соединяются.

13.2.1. Вычерчивание геометрической схемы стропильной фермы или ее узла

Геометрическая схема стропильной фермы или ее узла размещается в верхнем левом или правом углу формата. Она вычерчивается сплошными основными линиями в масштабе 1:200 с указанием наименования и заданных размеров.

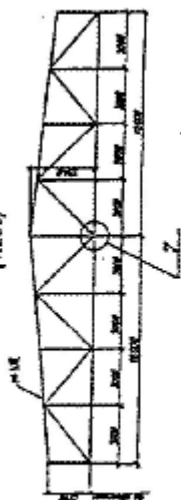
Детализуемый участок изображения – узел – заключается в окружность, величина которого зависит от размеров самого детализуемого участка. Над полкой линии выноски ставится номер узла (рис. 13.4). Если узел вычерчен на другом листе, то под полкой ставят номер листа, на котором он выполнен.

Присвоенный узлу номер указывается в кружке диаметром 12...14 мм на листе, где этот узел представлен.

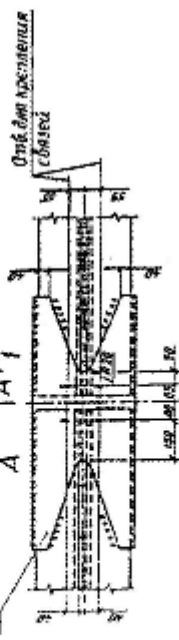
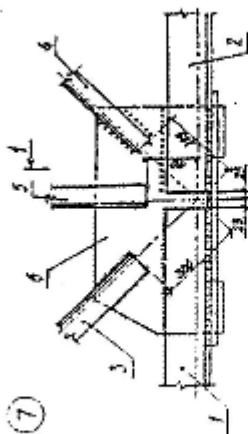
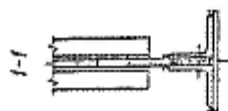
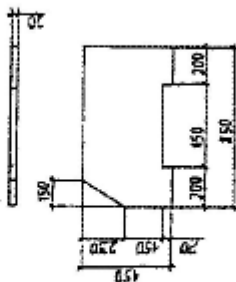
13.2.2. Вычерчивание видов и разрезов узла фермы

Виды и разрезы заданного узла вычертить согласно требованиям ГОСТ

Геометрическая схема строительной формы (1:200)



Деталь 6 (1:20)



| Заказчик | | Выполнено в | |
|-------------|---------------------|----------------|------|
| ИП | | «Специальное» | |
| № проекта | Исполнитель | № докум. | Лист |
| Исполнитель | Монтажные формы | У | 4 |
| Адрес | Условие соображения | ИРСУ МАС-ЛТ 46 | |

Рис. 13.4

в масштабе 1:10. Проставить размеры, обозначить элементы фермы, сварные швы, выполнить поясняющие надписи.

Расположение видов элементов металлических конструкций отличается от расположения видов железобетонных и деревянных конструкций. Главный вид располагается в центре изображения. Вид сверху располагается в проекционной связи над главным видом, вид снизу - под главным видом, вид справа - справа от главного вида, вид слева - слева от главного вида (рис. 13.5). Над каждым видом (кроме главного) делают надпись по типу *A*,

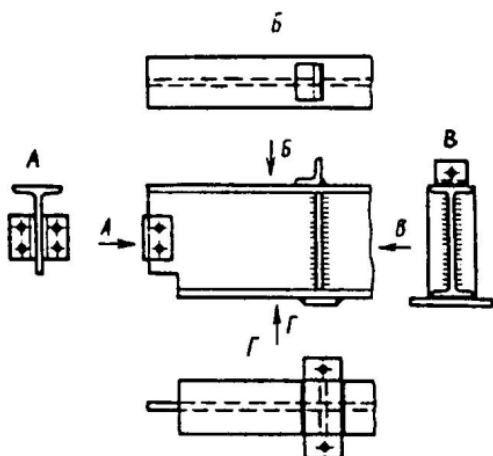


Рис. 13.5

а направление взгляда указывают стрелкой, обозначенной соответствующей буквой.

Если нужно показать какую-то часть конструкции, то на главном или каком-либо другом виде направление взгляда показывают двумя разомкнутыми штрихами (от *s* до 1,5 *s*) со стрелками, как разрез. Около стрелок с внешней стороны ставят одну и ту же цифру, а над самим изображением делают надпись: 1—1, 2—2 и т.п. Изображение при этом может располагаться в любом месте листа.

Построение главного вида отдельного узла фермы выполнить в следующем порядке:

1. Тонкими линиями вычертить сетку геометрических осей элементов узла (рис. 13.6, *a*).

При вычерчивании сетки геометрических осей элементов узла следует осевые линии стержней, сходящихся в узле, пересекать в одной точке.

Сетку геометрических осей необходимо располагать на листе так, чтобы в зависимости от задания можно было разместить виды и разрезы узла над, под главным видом, а также слева и справа от него.

2. Вдоль сетки геометрических осей в соответствии с размерами сечений уголков или других профилей проката вычертить контуры стержней узла (рис. 13.6, *б*). При этом линии сетки геометрических осей должны совпадать с осями, проходящими через центры тяжести уголков или других профилей проката, из которых выполнен узел на сварке. Расстояния от обушка уголка до этих осей принять с округлением последней цифры до 0 или 5. В клепаных конструкциях сетка геометрических осей должна совпадать с рисками (линиями, на которых располагаются центры заклепок) заклепок.

При вычерчивании контуров элементов следует иметь в виду, что в верхнем поясе уголки должны быть обращены полками вверх, а в нижнем - полками вниз. В раскосах уголки располагают полками вверх, в опорных стойках - полками наружу. Уголки промежуточных стоек ориентируют по уголкам опорных стоек.

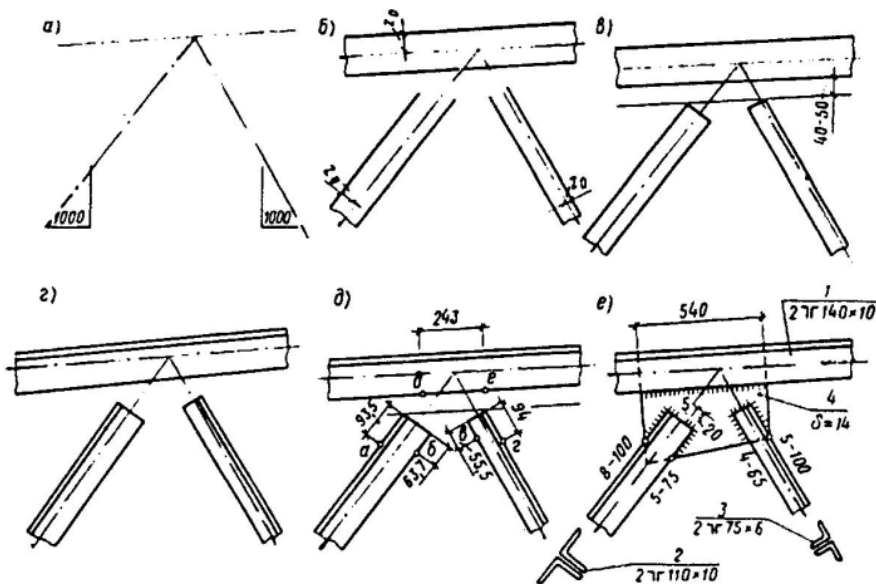


Рис. 13.6

3. Приступить к конструированию узла фермы. Необходимо помнить, что стойки и раскосы не доводят до контура верхнего и нижнего поясов на 40-50 мм. Это расстояние обеспечивает место для размещения сварных швов и элементов решетки (чаще всего уголков) в случае неточности в их обрезке, а также позволяет избежать концентрации сварочных напряжений. Для удобства построений на расстоянии 40-50 мм от контура верхнего или нижнего пояса проводим тонкую линию, параллельную этому контуру (рис. 13.6, в). Эта линия ограничивает длину уголков стоек и раскосов. Концы уголков стоек и раскосов обрезают под прямым углом к оси.

4. Показать толщину уголков или других элементов узла фермы (рис. 13.6, г).

5. Элементы узла фермы: пояса, раскосы и стойки соединить с помощью металлического листа – фасонки или косынки, к которой их приваривают или приклепывают. Толщину фасонки принимают в зависимости от усилий в стержнях в пределах 8-25 мм.

Сварной шов изображают штрихами толщиной линий 0,3 мм по ГОСТ 21.501—93 (табл. 13.1). Следует указать размеры шва, проставляя их над или под условными обозначениями шва по типу «8-100», где первая цифра обозначает высоту катета шва, а вторая, после тире - длину шва в миллиметрах. Когда из конструктивных соображений шов проходит по всей длине элемента, указывают только высоту шва (рис. 13.6, д).

Т а б л и ц а 13.1

Условные графические изображения швов сварных соединений на рабочих чертежах металлоконструкций













| Наименование | Размеры изображения, мм | |
|--|-------------------------|-----------|
| | Заводские | Монтажные |
| Швы стыковые сплошные: а) с видимой стороны б) с невидимой » | | |
| Швы стыковые, прерывистые: а) с видимой стороны б) с невидимой » | | |
| Швы угловые, тавровые или внахлестку сплошные: а) с видимой стороны б) с невидимой » | | |
| Швы угловые, тавровые или внахлестку прерывистые: а) с видимой стороны б) с невидимой » | | |
| Швы точечные, контактные внахлестку | | |
| Швы электрозаклепочные внахлестку (с круглыми отверстиями) | | |

При расположении фасонки в узле следует в сварных фермах верх фасонки утапливать между уголками верхнего пояса на 10-12 мм, а в нижнем поясе выпускать за обушок на 10-20 мм для удобства сварки.

Пример условных изображений профиля проката и крепежных деталей в соединении по ГОСТам 2.410-68, 2.315-68 и 21.501-93 представлен в табл. 13.2.

Таблица 13.2

Условные изображения профилей проката и крепежных деталей

| Наименование | Изображение | Наименование | Изображение |
|------------------------|---|---|---|
| <i>Профили проката</i> | | <i>Болты</i> | |
| Двутавр |  | с шестигранной и квадратной головкой (фасад и план) |  |
| Тавр |  | Временный |  |
| Уголок |  | Высокопрочный |  |
| Швеллер |  | Самонарезающийся |  |
| Полоса |  | Болтовое соединение |  |
| Зетовый профиль |  | | |
| Рельс |  | | |
| Труба |  | | |

6. Элементы решетки фермы, состоящие из двух уголков или швеллеров, необходимо соединять специальными планками (планками жесткости), которые проходят между уголками. Эти планки приваривают к уголкам с двух сторон. Планки выполняют из листовой стали толщиной, равной толщине фасонки. Ширину планки можно принимать 60-80 мм, а длину на 20-30 мм больше ширины уголка. В каждом стержне фермы независимо от длины должно быть установлено не менее двух соединительных планок.

7. Далее вычерчивают дополнительные виды, разрезы и сечения узла. На разрезах показывается только то, что находится в секущей плоскости и в непосредственной близости от нее.

Линиями невидимого контура показываются только те элементы, которые вплотную примыкают к видимым. Невидимые элементы, отделенные от видимых воздушной прослойкой, на чертеже не показывают. Элементы, находящиеся в секущей плоскости, не штрихуются. Для изображения невидимых частей конструкции как видимых делают вырыв в закрывающих частях (рис. 13.7).

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяются на наложенные и вынесенные. Последние являются предпочтительными.

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящие в состав разреза, изображают сплошными основными линиями; контур наложенного сечения – сплошными тонкими линиями, при этом контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

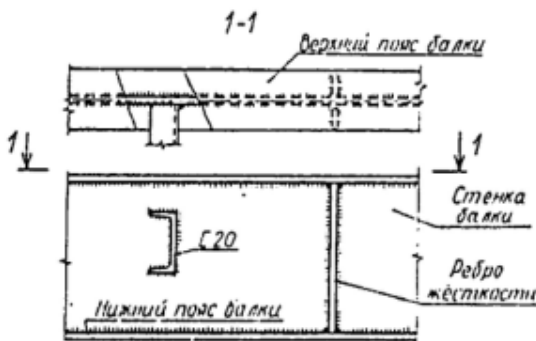


Рис. 13.7

8. После выполнения графической части работы проставить размеры и сделать маркировку элементов (см. рис. 13.4).

Размеры на чертежах проставляют для того, чтобы установить взаимное расположение элементов, их осей и местоположение отверстий в элементах. При одинаковых размерах (например, между отверстиями) наносят размер в виде произведения количества промежутков на размер одного промежутка с указанием суммарного расстояния.

Скос или уклон конструкции показывают катетами прямоугольного треугольника (рис. 13.8, а), стрелкой и величиной уклона или треугольником, стороны которого параллельны соответствующим линиям конструкции (рис. 13.8, б). Треугольник располагают в непосредственной близости от этих элементов.

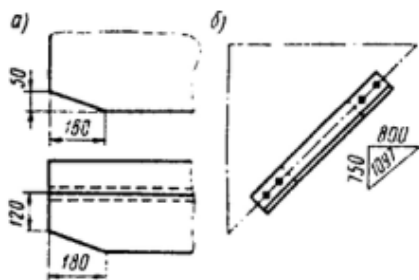


Рис. 13.8

При изображении конструктивных элементов необходимо следить за тем, чтобы размерные линии не пересекались с другими линиями. Если невозможно выполнить это требование, одну из размерных линий необходимо прервать, чтобы избежать появления засечки.

Если выносная линия пересекает отверстия, к которым она не относится, выносную линию в местах пересечения необходимо выполнять с обводкой. Размеры проставляют над размерной линией, при этом контурные, осевые, выносные линии не могут служить размерными. Размерные линии должны быть параллельны отрезку, размер которого они фиксируют.

Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть не менее 7 мм, а между размерной и контурной линиями – не менее 10 мм.

Размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1...3 мм. Выносные линии должны выходить за размерные линии на 1...5 мм.

При простановке размеров на чертеже следует руководствоваться следующими правилами:

ряд основных размеров (несколько ребер по длине балки или колонны, несколько отверстий с одинаковым шагом и т.п.) указывают в виде произведения количества размеров на величину размер;

преобладающие диаметры отверстий оговаривают в примечании и на чертеже не проставляют;

при простановке размеров по высоте или ширине сечения прокатных профилей размерную цепочку не замыкать. В этом случае размеры привязывают к той плоскости или грани, отметка или привязка которой должна быть выдержана в сооружении;

при изображении элемента, в котором есть детали из неравнополочных уголков, на одной из проекций следует указать ширину полки уголка;

размеры, которые должны быть строго выдержаны (высота на опоре подкрановых балок и т.п.), должны быть заключены в прямоугольную рамку;

если на чертеже изображено несколько одинаковых деталей, то размеры проставляют на одной из них, а для всех остальных указывают размеры, необходимые для правильной их установки при сборке конструкций;

размеры срезов в ребрах следует указывать треугольником без выносных и размерных линий.

Критерием правильности простановки размеров на чертеже является удобство чтения чертежа, разметки отдельных деталей и сборки конструкций в целом.

Все детали на рабочих чертежах обозначают по порядку цифрами, размещенными над полками линии-выноски. При этом в решетчатых конструкциях вначале нумеруют детали поясов, опорных раскосов, элементы решетки, детали из профильного металлопроката, а затем фасонки, стыковые накладки, прокладки.

9. Сделать поясняющие надписи.

13.2.3. Выполнение детализовочного чертежа фасонки

Детализовочный чертеж фасонки выполнить в масштабе узла или крупнее с простановкой необходимых размеров. Число видов должно быть минимальным, но достаточным для изготовления детали.

Пример выполнения детализовочного чертежа фасонки представлен на рис. 13.4.

13.2.4. Заполнение основной надписи чертежа

Обвести рамку и заполнить основную надпись чертежа по ГОСТу Р 21.1101-92.

Для заполнения основной надписи, а также для простановки размеров и выполнения надписей чертежа применяется узкий архитектурный шрифт или шрифт типа *Б* с наклоном 75° согласно ГОСТу 2.304-81.

14. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислить названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций.
2. Какое положение предмета выбирают для изображения на главном виде?
3. Чем отличаются местный и дополнительный виды?
4. К простым или сложным разрезам относят разрезы наклонные?
5. В каких случаях и какого типа детали и их элементы показывают в разрезах не рассеченными?
6. Как указывают на чертеже положение секущей плоскости и отмечают направление взгляда?
7. В каких случаях, при каких условиях и для каких разрезов положение секущей плоскости на чертежах не отмечают и разрез надписью не сопровождают?
8. Как отличить на изображении вида, совмещенного с разрезом, реальный вырез от условного?
9. Какие части изделия условно удаляют при изображении разреза, совмещенного с видом, на различных плоскостях проекций?
10. В каких случаях совмещенные вид и разрез разделяют сплошной волнистой линией?
11. Что такое «наложенная проекция» и с какой целью ее выполняют?
12. Что называют выносным элементом и каково его содержание?
13. Какое из сечений, выносное или наложенное, является предпочтительным и почему?
14. Для каких сечений линию сечения не проводят?
15. В каких случаях на изображение наносят линию сечения, но буквами ее не обозначают?
16. Как выполняют штриховку в смежных сечениях трех деталей?
17. Как маркируются чертежи металлических конструкций?
18. Кто разрабатывает рабочий проект металлических конструкций на стадии КМ и КМД?
19. Основное содержание чертежей на стадии КМ и КМД.
20. Как маркируются узлы металлических конструкций на схемах и сборочных чертежах?
21. Назовите характерные узлы металлических конструкций.
22. Назовите основные профили проката, используемые для металлических конструкций.
23. Что такое ферма?
24. Основные правила конструирования ферм.
25. Какую роль выполняет фасонка в строительной конструкции?
26. Назовите основные соединения элементов металлических конструк-

ций.

27. Назовите виды сварных швов, применяемых для соединения элементов металлических конструкций.

28. Покажите условные графические обозначения различных способов крепления элементов узла металлических конструкций.

29. Основные требования вычерчивания геометрической схемы строительной конструкции.

30. Основные правила расположения видов при вычерчивании узлов металлических конструкций.

31. Основные особенности при выполнении разрезов.

32. Как обозначается металл в разрезах и сечениях?

33. Как обозначаются невидимые линии контуров металлоконструкций?

34. Основные правила простановки размеров.

35. Назовите основные аксонометрические проекции.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

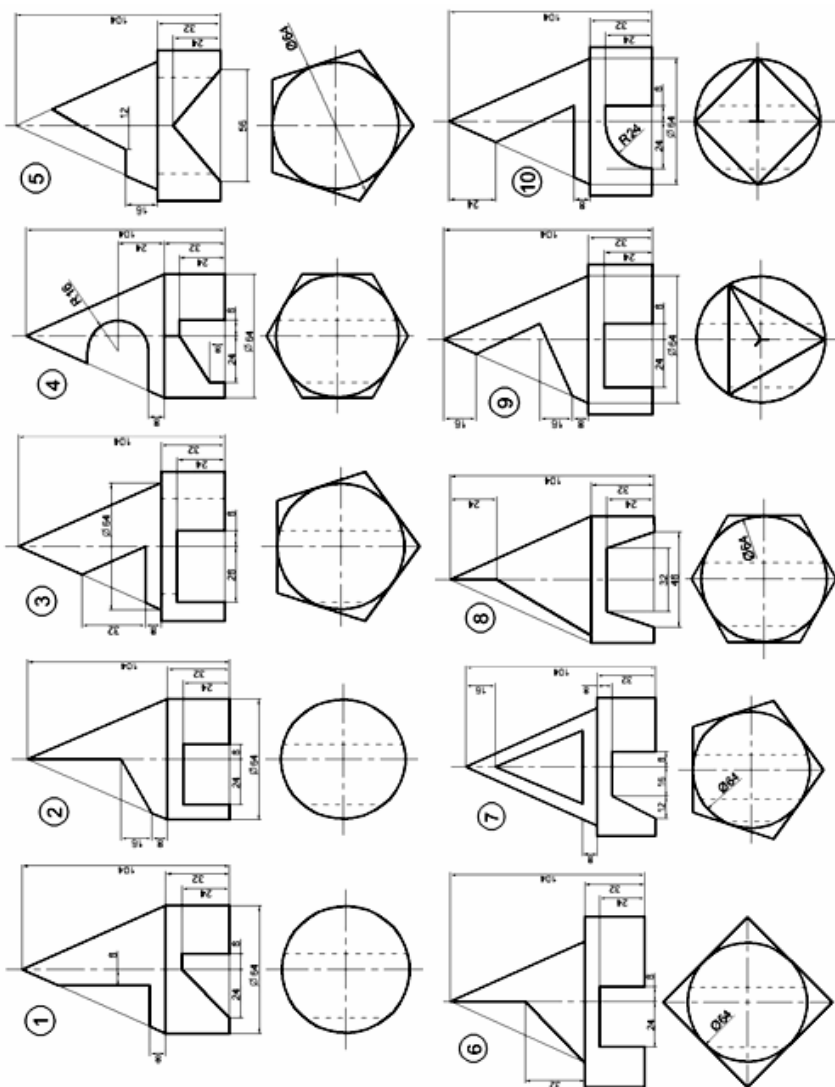
По разделу «Теория построения проекционного чертежа»

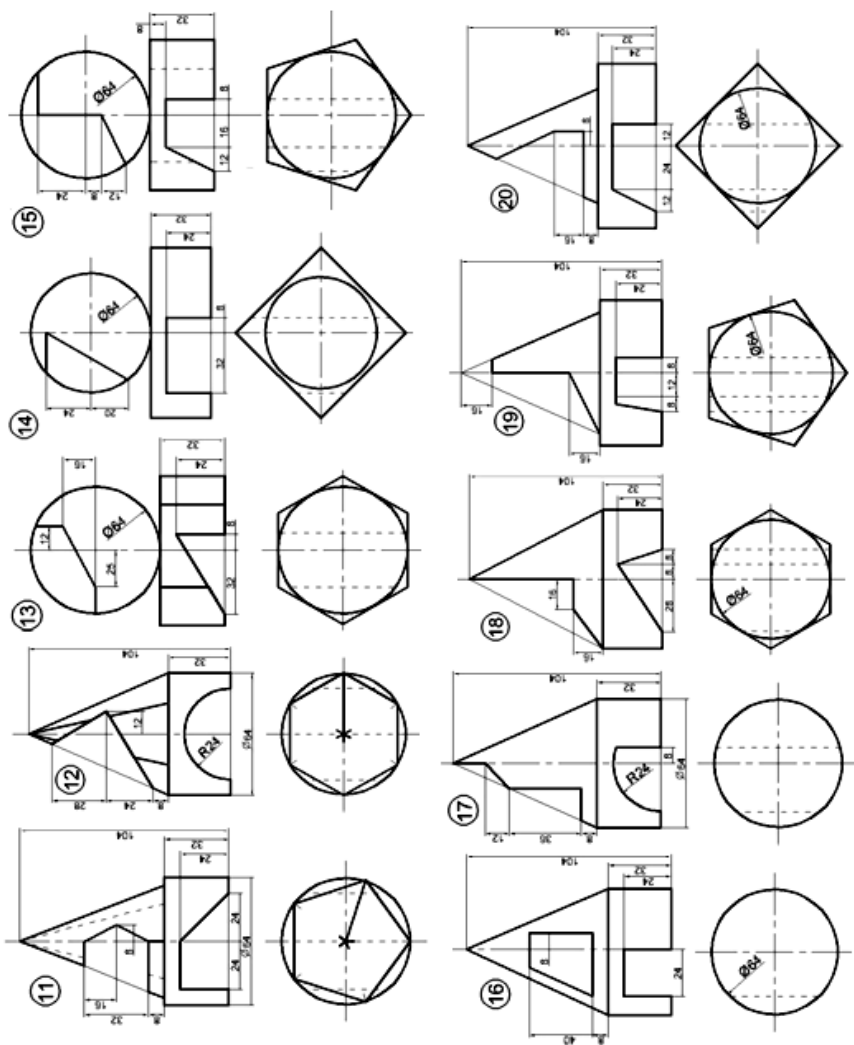
1. Арустамов Х.А. Сборник задач по курсу начертательной геометрии. – М.: Машиностроение, 1978.
2. Гордон В.О., Семенов-Огиевский М.О. Курс начертательной геометрии. – М.: Физматиздат, 2007.
3. Гордон В.О. и др. Сборник задач по курсу начертательной геометрии. – М.: Наука, 1988.
4. Короев Ю.И. Начертательная геометрия. – М.: Стройиздат, 2007.
5. Крылов Н.Н. и др. Начертательная геометрия. – М.: Высш школа, 1990.
6. Кузнецов Н.С. Начертательная геометрия. – М.: Высш школа, 1981.
7. Гольцева Р.И., Царева М.В. Метод изображения «Проекции с числовыми отметками». – М.: МГСУ, 2002.
8. Методические указания кафедры по разделам дисциплины.

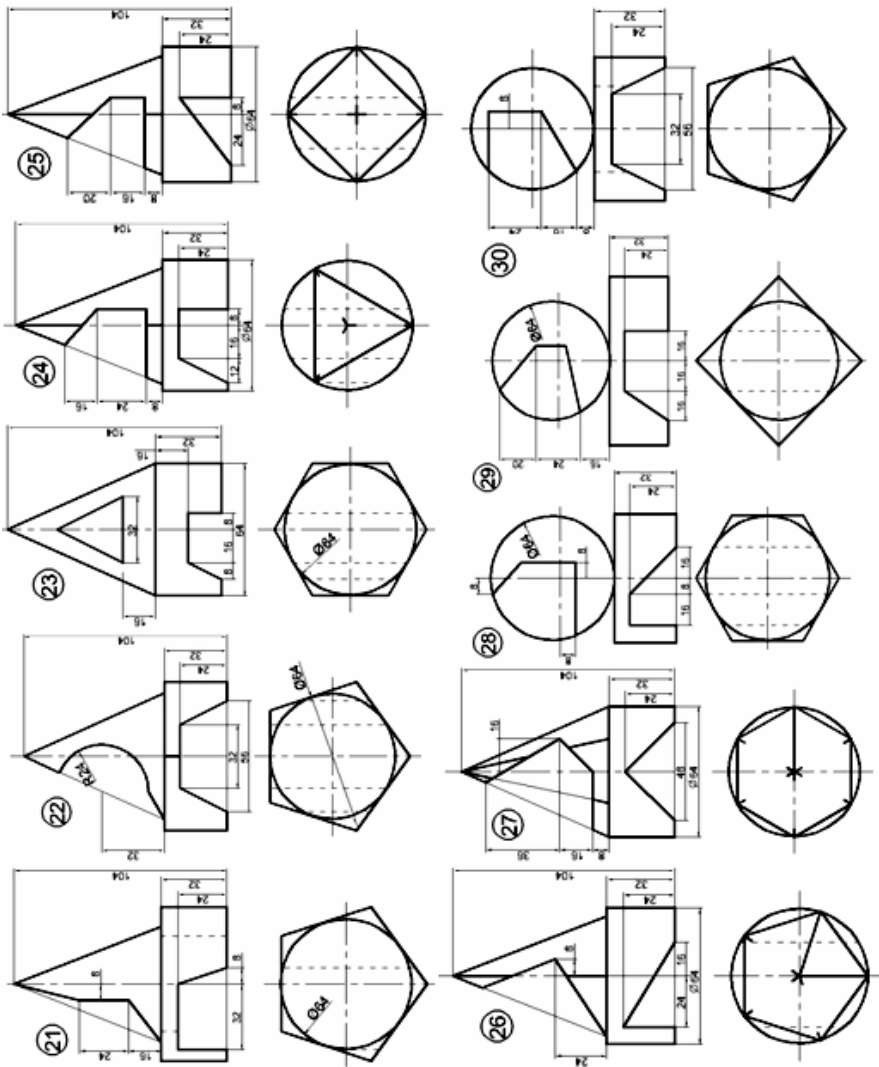
По разделу «Основы разработки конструкторской документации»

1. Государственные стандарты ЕСКД и СПДС.
2. Каминский В.П., Георгиевский О.В., Будасов Б.В. Строительное черчение. Учебник для вузов. – М.: Изд-во Архитектура-С, 2004.
3. Короев Ю.И. Черчение для строителей. Учебник для вузов. – М.: Высш школа, 2007.
4. Короев Ю.И. Черчение для строителей. – М.: Высш школа, 2000.
5. Левицкий В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей. – М.: Высш школа, 2004.
6. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1986.
7. Федоренко В.К., Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. – М.: Машиностроение, 1983.
8. Методические указания кафедры по разделам дисциплины.

Варианты заданий к первому эпюру







ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| ТЕОРИЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЕКЦИОННОГО ЧЕРТЕЖА | |
| ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ..... | 4 |
| 1. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ..... | 5 |
| 1.1. Общие положения..... | 5 |
| 1.2. Цель, содержание и оформление эпюров..... | 6 |
| 1.2.1. Цель, содержание и оформление эпюра № 1..... | 6 |
| 1.2.2. Цель, содержание и оформление эпюра № 2..... | 6 |
| 2. ТОЧКА, ПРЯМАЯ, ПЛОСКОСТЬ И ИХ ВЗАИМОРАСПОЛОЖЕНИЕ..... | 11 |
| 2.1. Построение следов плоскости..... | 11 |
| 2.2. Определение расстояния от точки до плоскости..... | 11 |
| 2.3. Построение плоскости $S(S_H; S_V)$, параллельной плоскости P и отстоящей от нее на три масштабные единицы..... | 13 |
| 2.4. Проведение через произвольно взятую точку E плоскости R , перпендикулярной к заданной прямой..... | 14 |
| 2.5. Определение угла наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций | 15 |
| 3. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ..... | 16 |
| 3.1. Способ замены плоскостей проекций..... | 16 |
| 3.2. Способ вращения..... | 19 |
| 3.2.1. Вращение вокруг линий уровня..... | 19 |
| 3.2.2. Способ совмещения..... | 20 |
| 4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЯМИ..... | 22 |
| 4.1. Общие сведения..... | 22 |
| 4.2. Пересечение многогранников плоскостью..... | 26 |
| 4.2.1. Пересечение пирамиды фронтально проецирующей плоскостью P | 26 |
| 4.2.2. Пересечение прямой призмы плоскостью общего положения P | 27 |
| 4.3. Пересечение поверхностей вращения плоскостью..... | 28 |
| 4.3.1. Пересечение прямого кругового конуса фронтально проецирующей плоскостью P | 28 |
| 4.3.2. Пересечение прямого кругового конуса горизонтально проецирующей плоскостью S | 29 |
| 4.3.3. Пересечение цилиндра вращения фронтально проецирующей плоскостью P | 29 |
| 4.3.4. Пересечение цилиндра вращения плоскостью общего положения P | 29 |
| 5. ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ С ВЫРЕЗАМИ..... | 31 |
| 5.1. Построение проекций пирамиды с вырезами..... | 31 |
| 5.2. Построение проекций конуса с вырезом..... | 32 |
| 5.2. Построение проекций сферы с вырезом..... | 32 |
| 6. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ..... | 34 |
| 6.1. Общие сведения..... | 34 |
| 6.2. Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей..... | 35 |
| 6.2.1. Пересечение двух призм..... | 35 |
| 6.2.2. Пересечение призмы и пирамиды..... | 38 |
| 6.2.3. Пересечение трехгранной призмы с конусом вращения..... | 39 |
| 6.2.4. Пересечение цилиндра и сферы..... | 41 |
| 6.2.5. Пересечение круговых цилиндра и конуса..... | 42 |
| 6.2.6. Пересечение сферы с конусом вращения..... | 44 |

| | |
|--|-----|
| 6.3. Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных концентрических сфер..... | 45 |
| 6.4. Частные случаи пересечения поверхностей второго порядка..... | 46 |
| 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО СООРУЖЕНИЯ..... | 48 |
| 7.1. Определение границы земляных работ с построением линий пересечения откосов насыпей и выемок между собой и с топографической поверхностью..... | 48 |
| 7.2. Построение профиля (сечения) рельефа местности и сооружения по заданному направлению горизонтального следа проецирующей плоскости..... | 49 |
| 8. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНАЦИОННЫМ БИЛЕТАМ..... | 50 |
| ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ | |
| 9. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ..... | 51 |
| 9.1. Общие положения..... | 51 |
| 9.2. Цель и содержание заданий..... | 52 |
| 9.2.1. Цель и содержание задания № 1..... | 52 |
| 9.2.2. Цель и содержание задания № 2..... | 52 |
| 10. ИЗОБРАЖЕНИЯ – ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ..... | 58 |
| 10.1. Виды..... | 58 |
| 10.1.1. Основные положения..... | 58 |
| 10.1.2. Дополнительные виды..... | 59 |
| 10.1.3. Местные виды..... | 61 |
| 10.2. Разрезы..... | 62 |
| 10.3. Сечение..... | 67 |
| 10.4. Компоновка и последовательность выполнения чертежа детали..... | 71 |
| 10.5. Построение третьей проекции детали по двум данным проекциям..... | 71 |
| 10.6. Построение натуральной величины наклонного сечения..... | 72 |
| 11. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖЕЙ ДКТАЛЕЙ..... | 73 |
| 11.1. Содержание чертежа детали..... | 73 |
| 11.2. Алгоритм выполнения чертежа детали..... | 73 |
| 12. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ЧЕРТЕЖ ЗДАНИЯ..... | 78 |
| 12.1. Конструктивные части зданий..... | 78 |
| 12.2. Планы этажей зданий..... | 81 |
| 12.3. Разрезы..... | 86 |
| 12.4. Построение разреза по лестнице..... | 88 |
| 12.5. Фасады..... | 90 |
| 13. УЗЛЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ..... | 91 |
| 13.1. Общие сведения о конструкциях каркасов производственных зданий..... | 91 |
| 13.2. Методические рекомендации по вычерчиванию узла металлической конструкции..... | 93 |
| 13.2.1. Вычерчивание геометрической схемы стропильной фермы или ее узла..... | 93 |
| 13.2.2. Вычерчивание видов и разрезов узла фермы..... | 93 |
| 13.2.3. Выполнение детализованного чертежа фасонки..... | 100 |
| 13.2.4. Заполнение основной надписи чертежа..... | 101 |
| 14. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ..... | 102 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... | 104 |
| Приложение А. Варианты заданий к первому эпюру..... | 105 |

Учебное издание

**Кондратьева Татьяна Михайловна,
Тельной Виктор Иванович,
Митина Тамара Васильевна**

Инженерная графика

Учебное пособие

Подписано в печать 14.11.2013 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
И-310. Усл.-печ. л. 6,4. Уч.-изд. л. 4,3. Тираж 800 экз. Заказ № 374

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет».

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95,

e-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Отпечатано в типографии Издательства МИСИ – МГСУ.

E-mail: info@mgsuprint.ru

Тел. (499) 183-91-90, (499) 183-67-92, (499) 183-91-44

129337, г. Москва, Ярославское ш., д. 26