

III. Общий отдел

Методы перехода от проекции с числовыми отметками к пространственным изображениям

Доц. Крунчак Г. В.

При изображении на чертежах сложных планов, как например, месторождений полезных ископаемых, горных выработок, планов рудников и т. п. в проекциях с числовыми отметками получаются сложные чертежи, представляющие собой нагромождение планов, установленных горизонтов, с избытком числовых данных. С той целью, чтобы получить более полное и наглядное представление об изображенном руднике или залежи, как дополнение к чертежу, часто строят аксонометрическую проекцию.

Задача построения аксонометрической проекции, по заданной проекции с числовыми отметками, представляет собой известную трудность и доступна лицам, имеющим высокую квалификацию.

Схема решения подобной задачи представляется в следующем виде:

1. Разметка координатных осей на чертеже, на котором изображены ортогональные проекции с числовыми отметками. Этот момент построения имеет целью выбор условного начала координат и расположение координатных осей, по возможности, параллельно основным размерам плана, чтобы максимально облегчить построение аксонометрической проекции

2. Построение и выбор показателей искажения, а также построение масштаба для определения величин показателей искажения по осям и углов между ними.

3. Построение вторичной проекции плана.

4. Построение самой аксонометрической проекции изображаемого предмета.

Основной задачей настоящей статьи является разработка наиболее простого метода построения пространственного изображения тела, заданного одной проекцией (планом), и установление наиболее простого способа перехода от проекций с числовыми отметками — к аксонометрическим.

Косоугольные проекции на горизонтальную плоскость

Если через заданную точку A (рис. 1, a) провести некоторый произвольный проектирующий точку луч AA_0 , то точка пересечения этого луча A_0 с горизонтальной плоскостью проекций будет косоугольной проекцией точки A . Плоскость H будем называть горизонтальной плоскостью аксонометрических проекций.

Так как направление проектирующего луча может быть выбрано произвольным, то, очевидно, любая точка пространства может иметь на горизонтальной плоскости бесчисленное множество косоугольных проекций. Отсюда ближайшей задачей является выбор наивыгодного направления проектирующего луча, для получения наиболее наглядных косоугольных проекций и вместе с тем обеспечивающее простейшее графическое построение.

Если угол падения проектирующего луча AA_0 (рис. 1, а) принять за 45° , то геометрическое место косоугольных проекций этой точки A представится окружностью, радиус которой будет равен отметке данной точки.

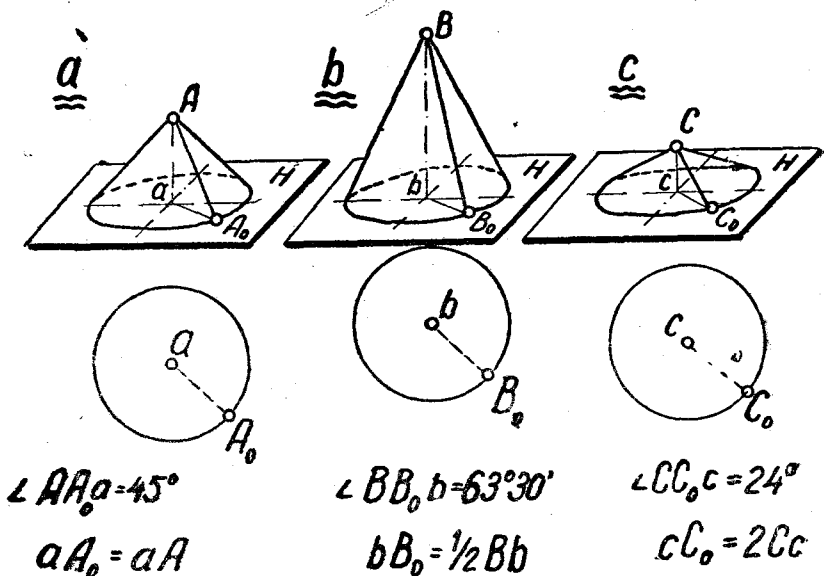


Рис. 1.

Принимая иные углы падения проектирующего луча, можно получить другие геометрические места косоугольных проекций точки. Так, например, при угле падения луча в $63^\circ 30'$ косоугольные проекции точки разместятся на окружности радиуса, равного половине отметки точки A (рис. 1, б). При угле падения в 24° геометрическое место косоугольных проекций точки будет окружностью радиуса, равного двойной отметке точки (рис. 1, с) и т. д.

В примерах рис. 1 углы падения луча выбраны в 45° , $63^\circ 30'$ и 24° с целью получения наиболее удобных для графических построений показателей искажения вертикальных измерений; последние соответственно будут 1:1, 1:2 и 2:1.

При построении косоугольных проекций на горизонтальную плоскость аксонометрических проекций, помимо угла падения проектирующего луча, необходимо выбрать его простираение. На чертеже (рис. 2) приведены косоугольные проекции произвольно выбранного отрезка прямой AB , при различных углах простираения проектирующих лучей (угол падения принят в 45°).

Для построения косоугольной проекции прямой из концов ортогональной проекции ab отрезка проводим лучи параллельно выбранному простиранию SN и на них, от точек a и b , откладываем отрезки, равные по длине отметкам данных точек, концы которых соединяем.

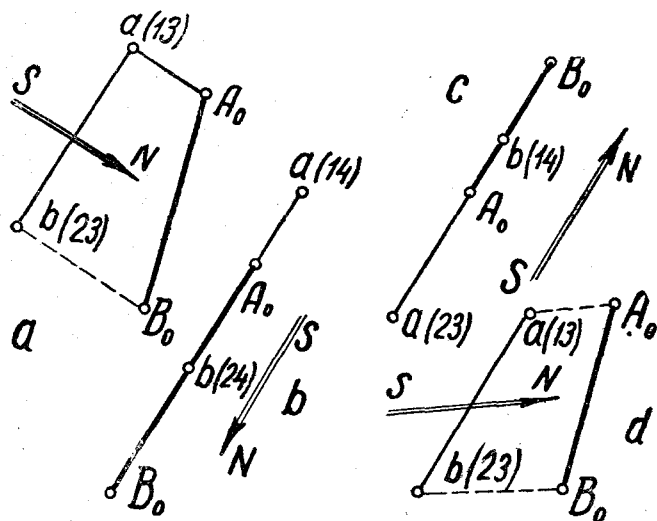


Рис. 2.

В приведенных примерах (рис. 2) длина косоугольной проекции отрезка прямой изображена больше, равной и меньше истинной длины от-

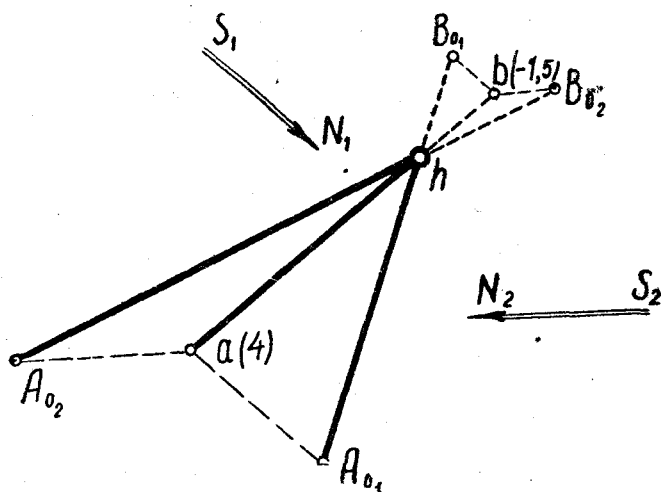


Рис. 3.

резка. Это зависит от угла, который образует направление простирания с ортогональной проекцией прямой. На рис. 2, а косоугольная проекция равняется истинной длине отрезка при том условии, что направление простирания проектирующего луча перпендикулярно к ортогональной

проекции отрезка; также, если сама прямая AB параллельна плоскости H при любом направлении проектирования.

Если прямая пересекает плоскость аксонометрических проекций, то любая ее косоугольная проекция проходит через след прямой (рис. 3).

Этим приемом легко можно построить косоугольную проекцию любой пространственной кривой $ABCDEF$, для чего необходимо построить косоугольные проекции некоторых ее точек, имеющих соответственные числовые отметки (рис. 4, *a*). В частном случае, если кривая плоская и лежит в плоскости параллельной плоскости проекций H , то косоугольная ее проекция имеет такую же конфигурацию, как и ортогональная проекция, и удалена всеми точками от последней, в зависимости от падения проектирующего луча на определенное расстояние

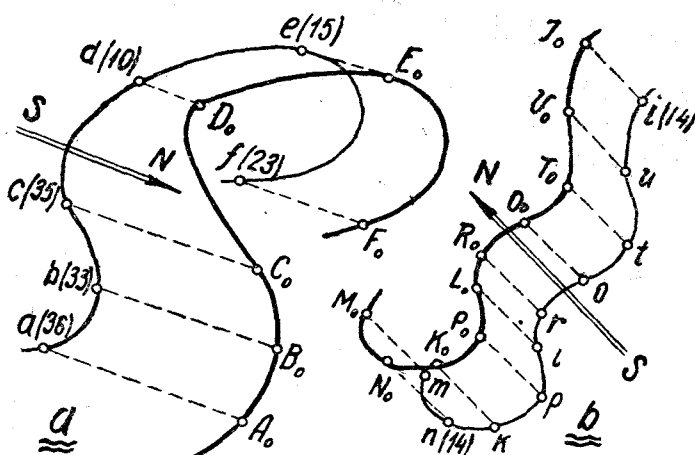


Рис. 4.

(рис. 4, *b*). Такой способ может иметь место при построении косоугольных проекций топографической поверхности или пласта полезного ископаемого, заданного в изолиниях.

С той целью, чтобы прийти к определенным выводам в отношении выбора угла падения и простираания проектирующих лучей при параллельном косоугольном проектировании на горизонтальную плоскость, на чертежах (рис. 5 и 6) приводятся косоугольные проекции куба, построенные при различных направлениях проектирующего луча. Наиболее наглядным изображением куба следует считать его косоугольную проекцию, построенную при угле падения проектирующего луча в $63^{\circ}30'$ (рис. 5, *B*); в этом случае длина косоугольных проекций вертикальных ребер куба равна половине длины горизонтальных ребер (диметрическая проекция).

Рис. 5, *A* представляет косоугольную проекцию куба при угле падения проектирующего луча в 45° . В этом случае все три измерения куба равны между собой (изометрическая косоугольная проекция). Эта проекция отличается меньшей наглядностью, однако метод ее построения еще проще. Наименее наглядной следует считать косоугольную проекцию куба (рис. 6, *a*) при угле падения проектирующего луча в 24° , длина

косоугольной проекции высоты куба при этом будет в 2 раза больше других измерений куба.

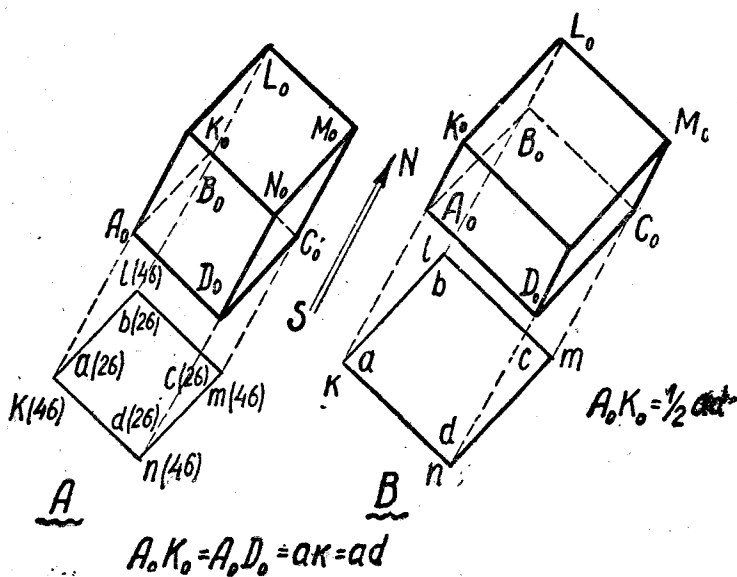


Рис. 5.

Из всех трех рассмотренных примеров последний наименее нагляден, так как получающиеся косоугольные проекции в значительной мере искажены. Практически этот способ может найти применение при построении пространственных изображений тел, имеющих незначительную высоту по сравнению с горизонтальными измерениями, например, штреков, рудников, пластов и залежей полезного ископаемого, имеющих незначительную толщину.

В частном случае, если проектирование направления косоугольного проектирования будет параллельно проекции диагонали куба (рис. 6, *b* и 6, *c*), то соответственные косоугольные проекции будут «кавалерными», «военными», или «аэропланными». Угол падения проектирующего луча может быть принят в 45° или $63^\circ 30'$. В первом случае косоугольные проекции будут изометрическими, а во втором диметрическими кавалерными проекциями.

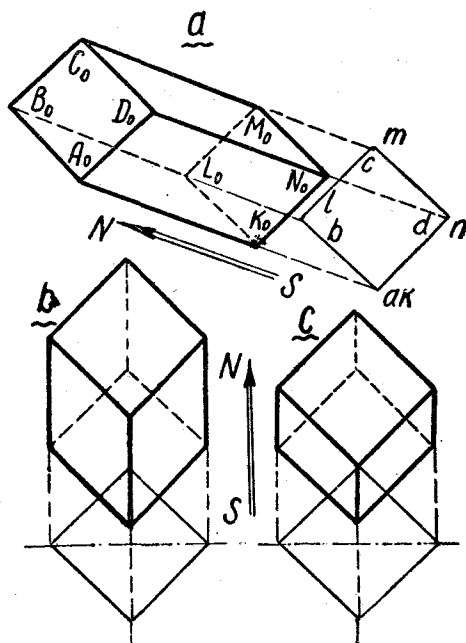


Рис. 6.

На чертеже (рис. 7) приведены косоугольные проекции шара, при угле падения проектирующего луча в 45° и $63^\circ 30'$. Наиболее наглядное изображение шара получилось на фиг. 7, *b* при угле падения проектирующего

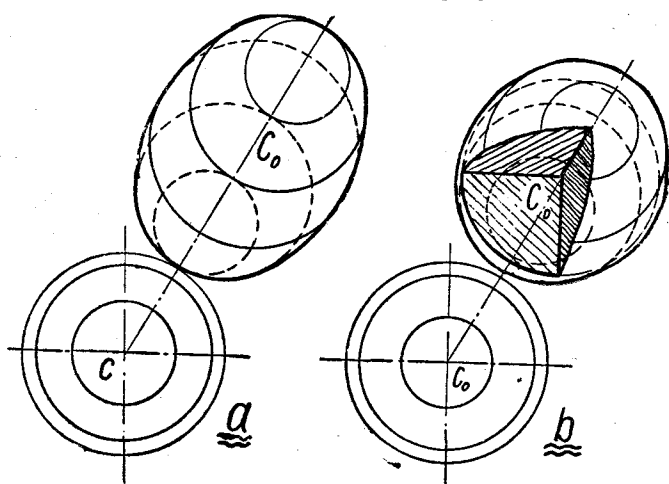


Рис. 7.

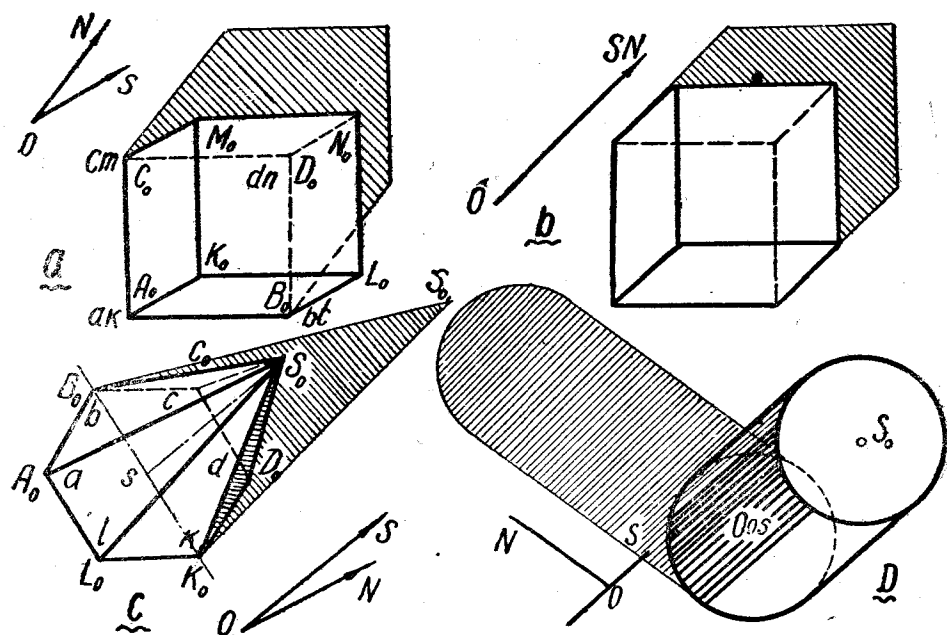


Рис. 8.

шего луча в $63^\circ 30'$ (косоугольная диметрическая проекция) и при показателе искажения вертикальных измерений $1:2$.

На основе рассмотренных примеров можно считать, что наиболее наглядное изображение предмета при косоугольном проектировании на

горизонтальную плоскость получается при угле падения проектирующего луча в $63^{\circ}30'$ и при показателе искажений вертикальных измерений 1 : 2. Углы простираания проектирующего луча могут быть выбраны

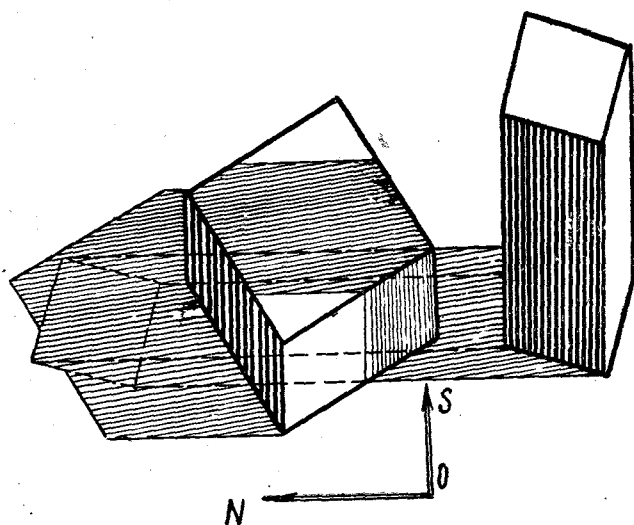


Рис. 9.

любыми, в зависимости от расположения плана, свободного места на формате чертежа, удобства построения и прочих причин.

Общее правило построения косоугольной диметрической проекции может быть сформулировано в следующем виде:

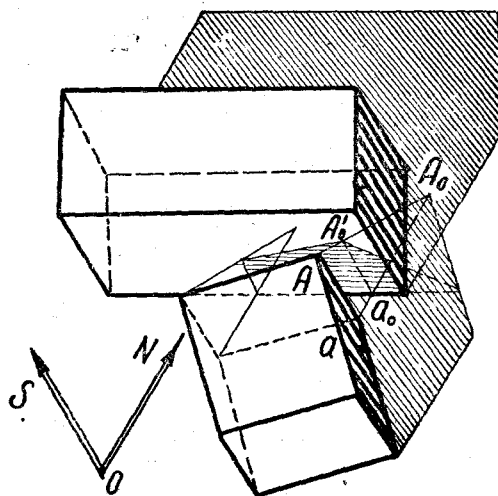
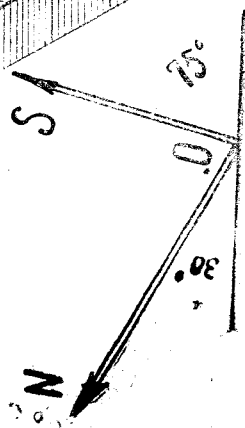
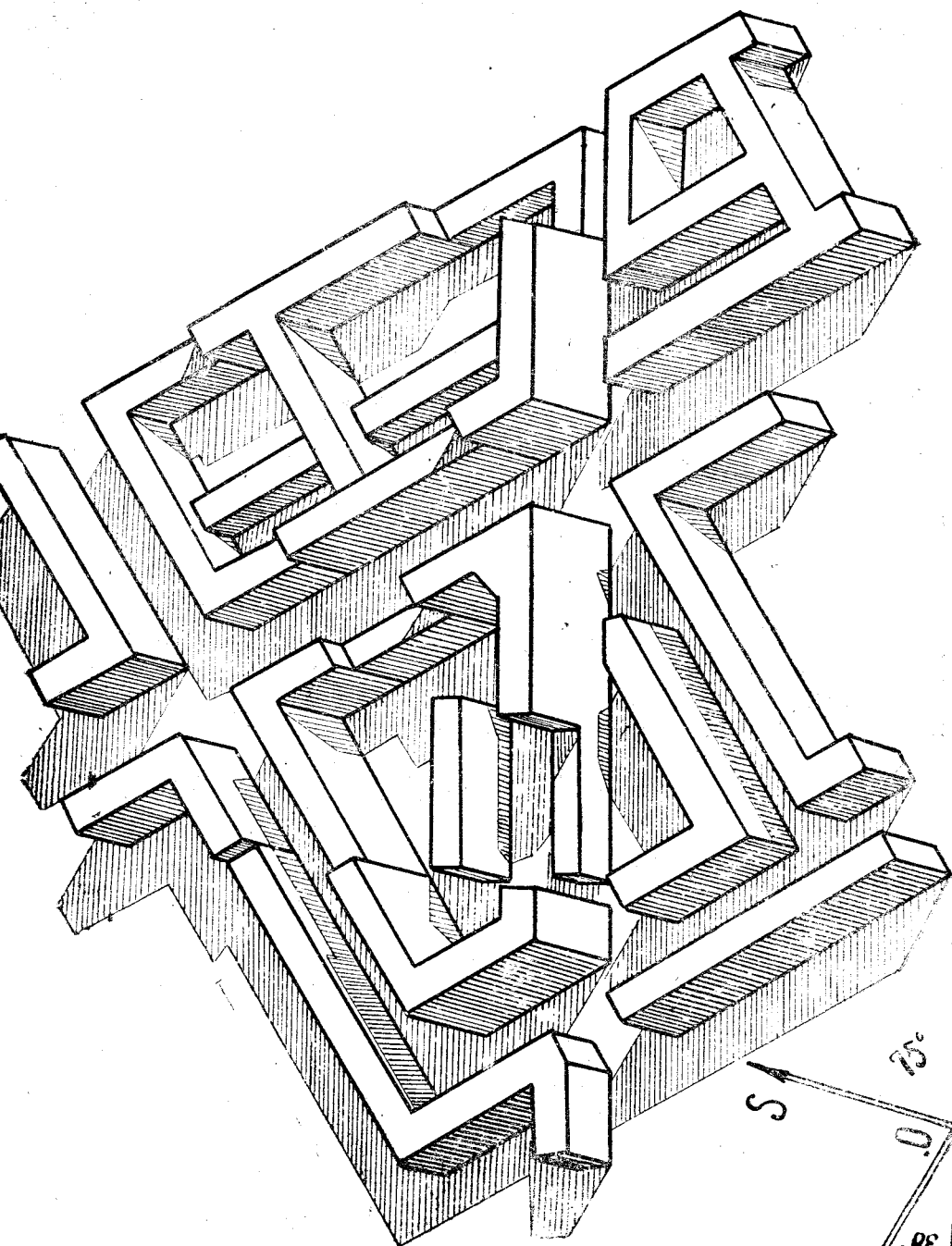


Рис. 10.

1. Выбирается определенное направление проектирования.
2. Из наиболее характерных точек ортогональной проекции предмета проводятся лучи параллельно выбранному направлению проектирования.
3. На проведенных лучах откладываются отметки соответственных точек в половинном размере.



4. Найденные косоугольные проекции точек изображаемого предмета соединяются линиями соответственно ортогональной проекции.

Задача построения косоугольной проекции еще в большей степени упрощается, если проектируемый предмет покоится на горизонтальной плоскости проекций. В этом случае задача сводится к отложению вер-

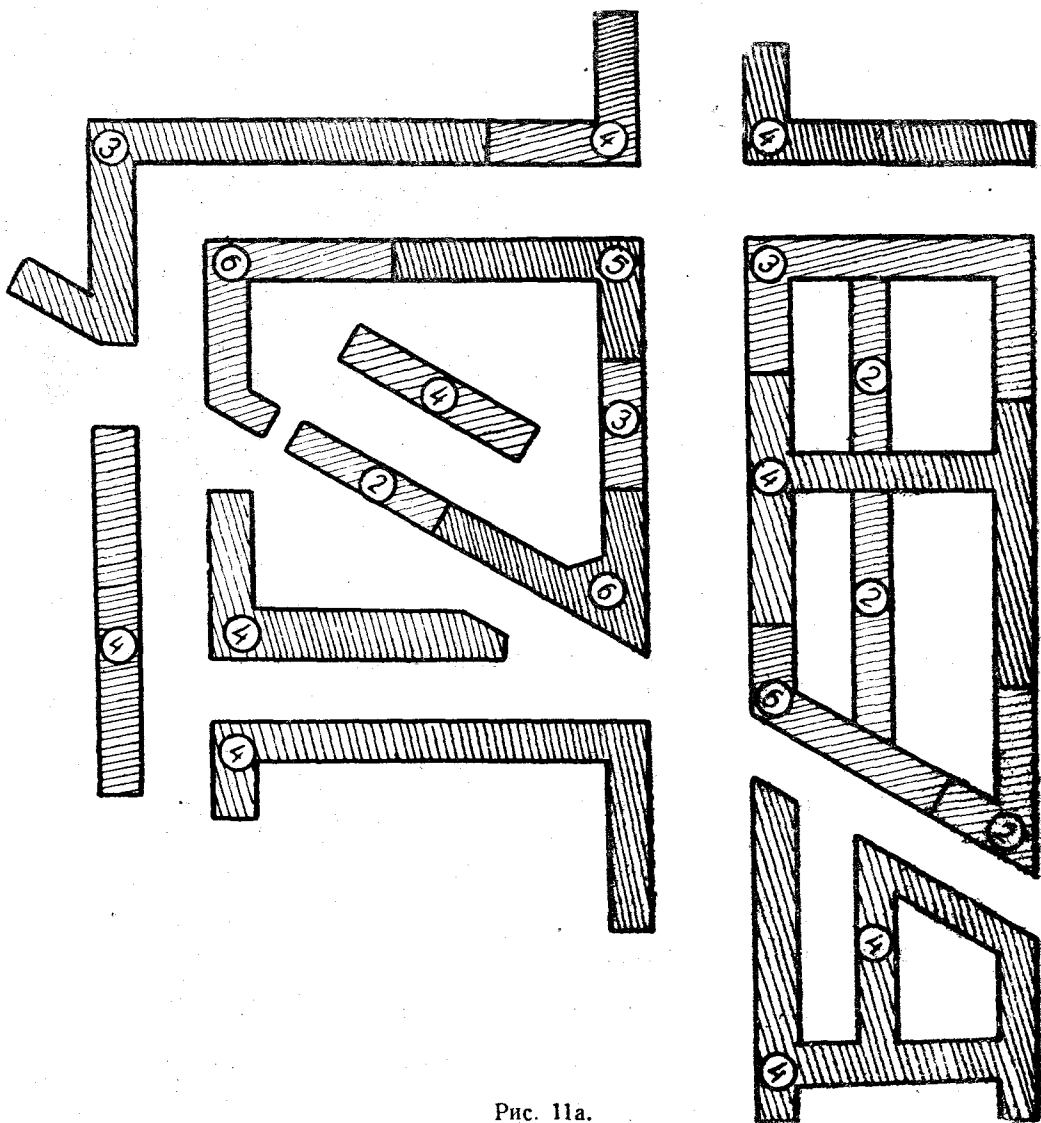


Рис. 11а.

тикальных измерений тела на лучах, параллельных выбранному направлению проектирования, в половинном размере непосредственно от характерных точек ортогональной проекции.

Изометрическая косоугольная проекция тела на горизонтальную плоскость иначе может быть рассмотрена как падающая тень от данного тела на горизонтальную плоскость. Тогда построение падающей тени тела сведется к построению косоугольной проекции при угле падения проектирующего луча в 45° .

Правило построения косоугольной изометрической проекции будет аналогично приведенному, за исключением 3-го пункта, который должен быть сформулирован так:

На проведенных лучах, параллельно направлению проектирования из наиболее характерных точек ортогональной проекции, откладываются вертикальные измерения тела (отметки точек) в том же масштабе, в котором построены горизонтальные измерения тела.

На чертеже (рис. 8) построены косоугольные проекции тел и их падающие тени. Наиболее наглядными следует считать изображения,

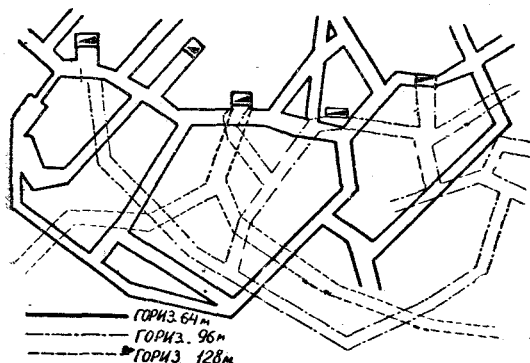


Рис. 12.

падающей тени от одного тела на другое. Эти примеры элементарны и не нуждаются в особых пояснениях; метод построения ясен из чертежа. Для всех разобранных примеров проектирования, ON — направление луча света.

Приведем несколько примеров построений, имеющих практический характер.

Пример 1. По данному плану городского квартала с интенсивной застройкой и этажностью домов построить его аксонометрию (рис. 11а). На отдельном формате (рис. 11) копируем план квартала и выбираем направление проектирования OS и луча света ON , после чего из вершин фигур плана проводим лучи параллельно OS , на которых в половинном масштабе, по сравнению с масштабом плана, откладываем вертикальные размеры домов (этажность). Для построения теней на лучах, параллельных ON , откладываем размеры этажности в том же масштабе, как и на плане. Построение падающей тени от одного дома на стену или на крышу другого производим в соответствии с примерами рис. 9 и 10.

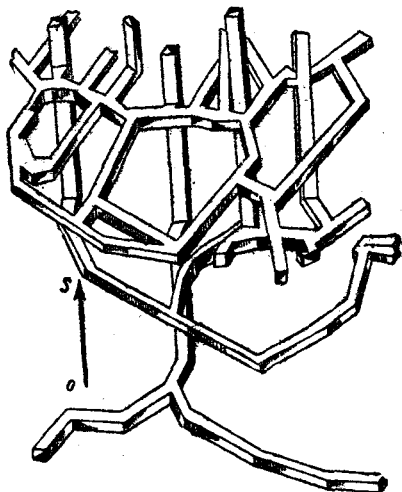


Рис. 13.

Пример 2. Построить аксонометрическую проекцию рудника, заданного планами трех горизонтов с отметками 64, 96 и 128 м (рис. 12).

На отдельном формате (рис. 13), выбрав определенное направление проектирования OS , строим планы горизонтов с соблюдением вертикального масштаба и затем параллельно направлению проектирования от характерных точек плана каждого горизонта откладываем высоту штреков и тем заканчиваем построение.

Пример 3. Построить аксонометрическую проекцию топографической поверхности, заданной планом в изолиниях (рис. 14).

На том же формате чертежа или на отдельном, аналогично построению (рис. 4), производим построение косоугольных проекций каждой изолинии при определенном направлении проектирования и вертикальном масштабе (рис. 15). С этой целью строим сетку, состоящую из косоугольных проекций горизонтальных плоскостей, в которых находятся

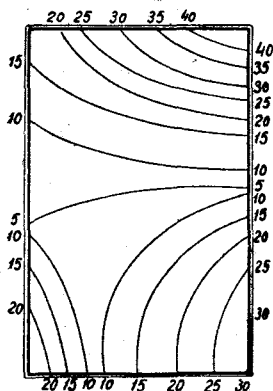


Рис. 14.

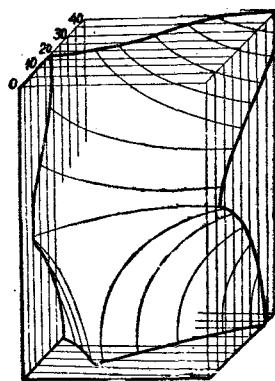


Рис. 15.

горизонтали. Затем проектируем точки пересечения горизонталей с рамкой плана и переносим горизонталю на соответственные косоугольные проекции плоскостей. Способ построения ясен из чертежа.

Как следует из рассмотренных примеров, способы построения косоугольных проекций на горизонтальную плоскость элементарны, отличаются простотой исполнения графической работы и вместе с тем наглядны и убедительны.

Косоугольные проекции на вертикальную плоскость аксонометрических проекций

Косоугольная проекция изображаемого предмета может быть построена на любой, произвольно выбранной, плоскости аксонометрических проекций. В предыдущем разделе рассматривались примеры упрощенного перехода от ортогональных проекций к косоугольным на горизонтальную плоскость, что представляет собой вид сверху (с птичьего полета), последнее как раз является, в ряде случаев, отрицательным моментом и ограничивает область применения таких косоугольных проекций.

В практической графике наибольшее распространение имеют косоугольные проекции на вертикальную плоскость, поэтому основной зада-

чей этого раздела является установление наиболее простого метода перехода от ортогональных проекций с числовыми отметками к косоугольным проекциям на вертикальную плоскость, к так называемым «кабинетными» проекциями, или «быстрой перспективе».

Точка A , находящаяся в пространстве (рис. 16а и 16б) может быть спроектирована на вертикальную плоскость V , по косоугольному методу любым лучом, проходящим через данную точку. На практике наибольшее распространение получила фронтальная диметрическая косоугольная проекция, в соответствии с ОСТом 7534-39. Для построения этой

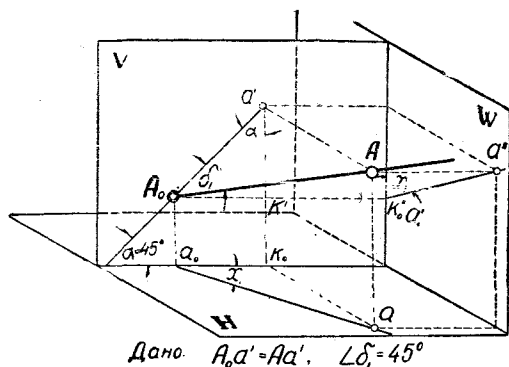


Рис. 16а.

проекции выбираем такое направление проектирующего луча, чтобы проекция отрезка Aa' на вертикальную плоскость образовала с горизонтальной осью OX угол $\alpha = 45^\circ$.

В зависимости от угла падения δ , проектирующего точку луча Aa' на вертикальную плоскость, длина его проекции $A_0 a'$ может быть равной длине отрезка Aa' (при угле $\delta_1 = 45^\circ$) и половине его (при угле $\delta = 63^\circ 30'$). В том и в другом случае угол падения луча δ будет проектироваться на горизонтальную и дополнительную

профильную плоскости с искажением (угол x и x_1).

Решая треугольник $a_0 k_0 a$ (рис. 16б), находим значение угла $x = 70^\circ 30'$ при угле падения проектирующего луча $\delta = 63^\circ 30'$ и значение угла $x_1 = 54^\circ 44'$ при $\delta_1 = 45^\circ$ (рис. 16а). Округленно принимаем $x = 70^\circ$ и $x_1 = 55^\circ$. Углы x и x_1 будут углами простираения проектирующего луча. Для того чтобы построить косоугольную проекцию на вертикальную плоскость аксонометрических проекций V точки A , заданной ортогональной проекцией с числовой отметкой (рис. 17), первоначально задаемся простиранием косоугольного проектирования (на поле чертежа строим угол $x = 70^\circ$). На совмещенном положении

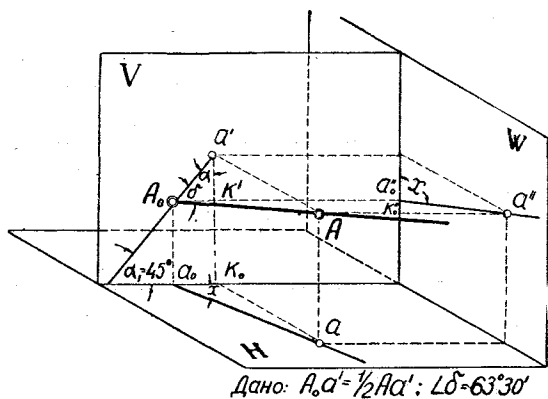


Рис. 16б.

вспомогательной профильной плоскости W (совмещенной с горизонтальной плоскостью H , путем поворота вокруг оси OY), строим вспомогательную профильную проекцию точки a'' и затем через проекции точки a и a'' проводим проекции проектирующего луча, параллельно выбранному простираению. Вертикальный след этого луча A_0 определит косоугольную проекцию точки на вертикальную плоскость.

Принимая различные значения для угла падения δ , проектирующего точку луча AA_0 , показатель искажения $m = \frac{a'A_0}{Aa'}$ будет соответственно изменяться, а именно:

Угол падения проектирующего луча (δ)	Горизонтальная и профильная проекция угла падения (x)	Показатель искажения (m)
45°	54°44'	1
—	60°	0,8
63°30'	70°30'	0,5
—	75°	0,51

С целью еще большего упрощения графических построений разницей показателей искажения в 0,01, при проекциях угла падения проектирующего луча $x=70^\circ30'$ и $x=75^\circ$, можно пренебречь и при построениях косоугольных проекций угол простираения проектирующего луча принять в 75° , который строить не по транспортиру, а с помощью двух угольников с острыми углами в 30° и 45° и рейсшины.

Таким образом, принимая угол падения проектирующего луча на вертикальную плоскость $V \delta = 63^\circ30'$, а его проекции на горизонтальную и профильную плоскости $x = 75^\circ$, получим диметрическую косоугольную проекцию, в соответствии с ОСТом 7534-39.

Для построения таковой куба (рис. 18) необходимо из горизонтальных и профильных проекций вершин куба провести проекции проектирующих их лучей под углом 75° к V_h , найти вертикальные следы этих лучей, которые соответственно соединить. Построение дополнительной профильной проекции всего тела целиком необязательно. Достаточно построить по данным числовым отметкам профильные проекции наиболее характерных точек и через них провести нужные лучи. При этом положение тела

в пространстве может быть выбрано произвольным, что ни в какой-либо степени не усложнит построения (рис. 19).

Как известно, наиболее наглядные и красивые пространственные изображения получаются в тех случаях, когда боковые грани проектируемого тела располагаются под некоторым углом к плоскости аксонометрических проекций. Располагая ортогональную горизонтальную проекцию так, чтобы ни одна из граней проектируемого тела не была бы параллельна вертикальной плоскости проекций, простым, чисто механическим, приемом можно построить косоугольную проекцию на вертикальную плоскость любого тела, заданного проекцией с числовыми от-

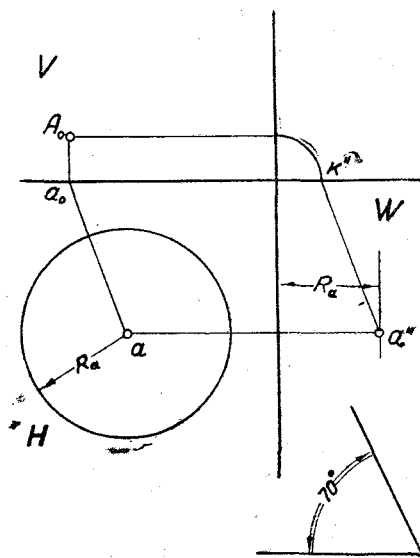


Рис. 17.

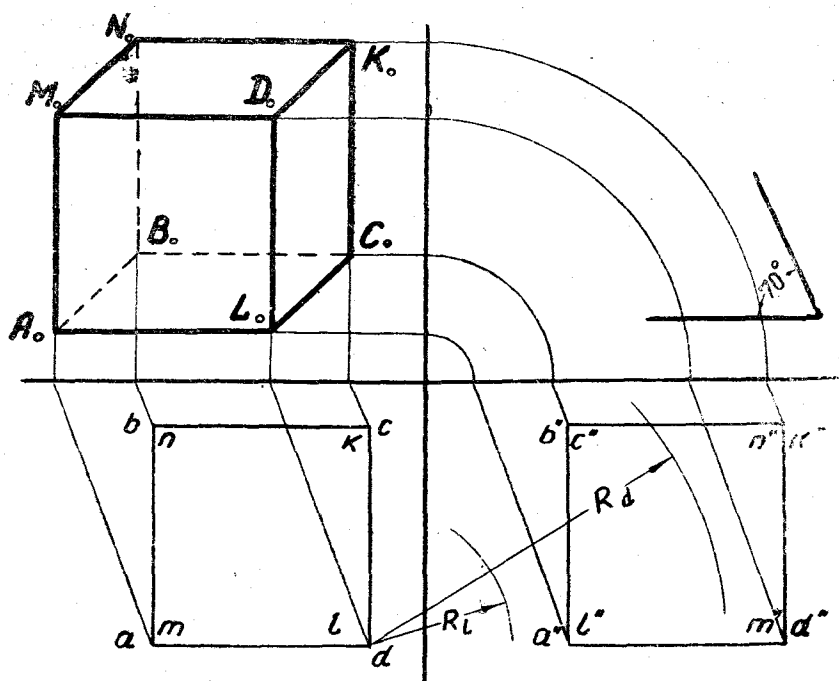


Рис. 18.

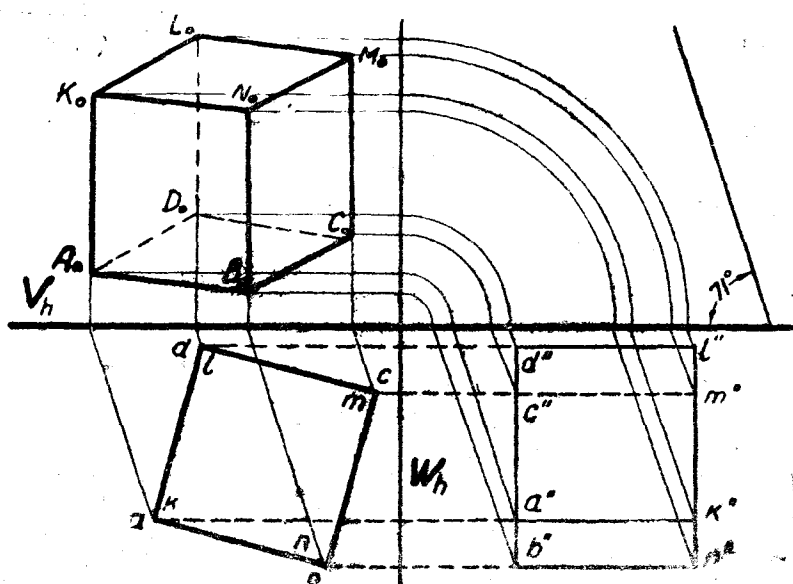


Рис. 19.

метками. Таким методом построена косоугольная проекция цилиндра (рис. 20), плоскость основания которого наклонена к горизонтальной плоскости под углом $\delta = 30^\circ$. Первоначально строим ортогональную проекцию цилиндра и через точки окружности основания проводим соответственные проекции проектирующих лучей и строим косоугольную проекцию основания цилиндра. Построив косоугольную проекцию любой из образующих цилиндра A_0B_0 через другие косоугольные проекции точек основания, проводим параллельные и равные ей образующие, концы которых соединяем плавной кривой.

На рис. 21 приводится построение фронтальной косоугольной проекции участка шахты, заданного планом выработок с числовыми отметками.

Как видно из чертежа, косоугольная проекция выполняется посредством простейших вспомогательных построений, полностью приведенных

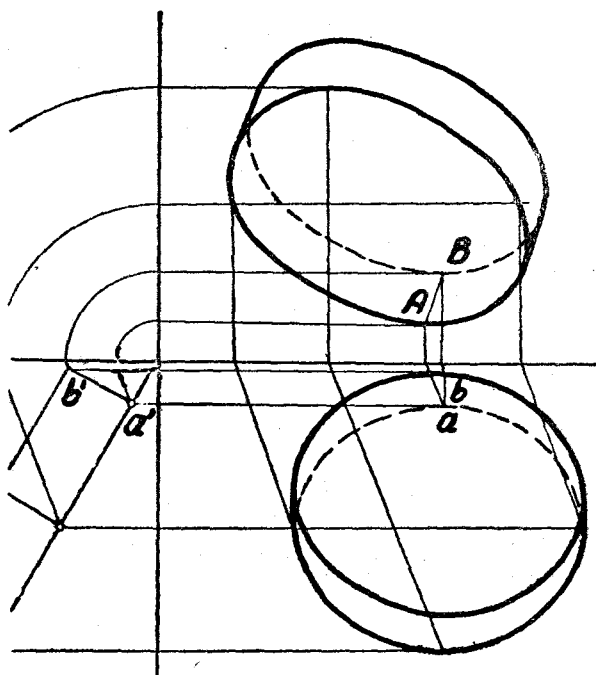


Рис. 20.

на чертеже. Первоначально строятся косоугольные проекции осей симметрии штреков и квершлагов и по ним, путем дорисовки, производится окончательное построение. С целью более наглядного изображения уклонов на чертеже приняты различные вертикальные и горизонтальные масштабы. Располагая план выработок несколько иначе по отношению к вертикальной плоскости проекций, можно посредством тех же простейших вспомогательных построений выполнить иную косоугольную проекцию того же участка.

Как следует из изложенного, рекомендуемый метод перехода от ортогональной проекции к косоугольной на вертикальную плоскость прост и сводится, в сущности, к чисто механическим преобразованиям. Косоугольная проекция может быть свободно выполнена на одном формате с планом или, по желанию, на другом листе. Во втором случае на чер-

теж переносятся засечки по осям OX и OY в том же, или увеличенном или уменьшенном размере, по которым и производится дальнейшее построение. Благодаря простоте графических преобразований этот метод доступен чертежнику любой квалификации, в чем и заключается его основное преимущество по сравнению с известными способами построения косоугольных проекций по координатным осям. В этом и следует усматривать удобство его практического применения.

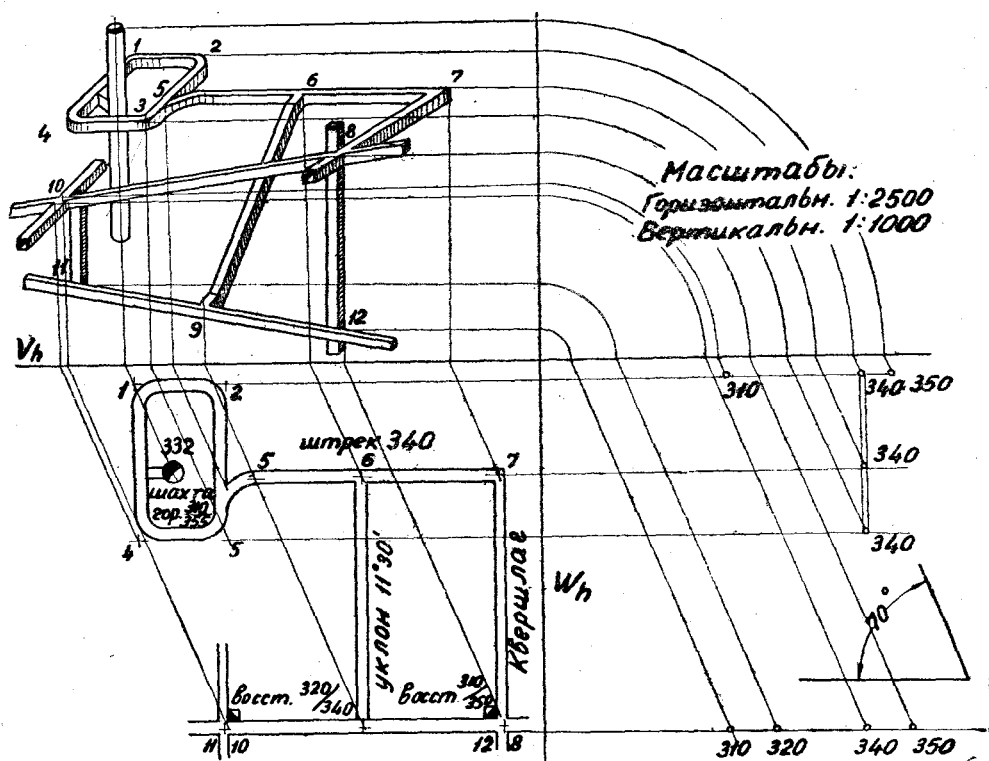


Рис. 21.

Общее правило построения может быть сформулировано в следующем виде:

1) Выбирается положение вертикальной плоскости аксонометрических проекций относительно изображаемого тела или его ортогональной проекции с числовыми отметками.

2) Сбоку плана, с правой или левой стороны, выбирается вспомогательная профильная плоскость и совмещенное ее положение.

3) Отмечаются профильные проекции наиболее характерных точек изображаемого тела, согласно числовым отметкам.

4) Через профильные и соответствующие им горизонтальные проекции этих точек проводятся соответственные проекции проектирующих эти точки лучей под углом $\alpha = 75^\circ$ или $\alpha = 55^\circ$ до пересечения с осями.

5) На другом формате чертежа или на чертеже с планом отмечаются точки, принадлежащие косоугольной проекции (вертикальные следы проектирующих лучей), которые соответственно соединяются.

Прямоугольные аксонометрические проекции

Также легко осуществим переход от ортогональных проекций с числовыми отметками к прямоугольным аксонометрическим проекциям, в соответствии с ОСТом 7534-39. Этот переход также прост и отличается незначительными промежуточными построениями.

Для того чтобы построить прямоугольную аксонометрическую проекцию какого-нибудь тела, плоскость аксонометрических проекций K следует выбрать под некоторым углом α к горизонтальной (предметной) плоскости проекций, на которую спроектировано, или на которой располагается изображаемое тело. Спроектировав тело по прямоугольному методу на выбранную плоскость аксонометрических проекций K , и совместив последнюю с предметной плоскостью, получим в неискаженном виде прямоугольную аксонометрическую проекцию данного тела.

В зависимости от угла наклона α плоскости аксонометрических проекций K к предметной плоскости показатели искажений основных измерений проектируемого тела будут иметь определенные значения. Точно так же показатели искажения зависят от расположения тела относительно плоскости аксонометрических проекций K . Выбрав определенные значения угла наклона α этой плоскости к предметной H и определенное положение проектируемого тела относительно плоскости K , можно свободно получить изометрические и диметрические проекции этого тела в соответствии с ОСТом 7534-39.

А. Изометрическая прямоугольная проекция

Значение угла α наклона плоскости аксонометрических проекций K к предметной (горизонтальной) плоскости проекций H , для построения изометрической прямоугольной аксонометрической проекции, определяем исходя из следующего.

Если три взаимноперпендикулярные оси координат (рис. 22) OX , OY , OZ пересечь плоскостью аксонометрических проекций (плоскостью

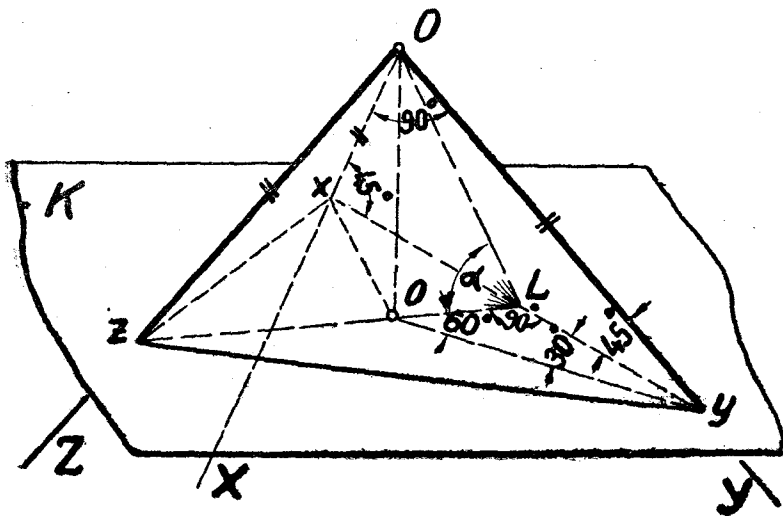


Рис. 22.

картины) K так, чтобы отсеченные отрезки осей Ox , Oy , Oz были равны между собой, а следовательно, и равны показатели искажения $r = u = S \left(\frac{ox}{Ox} = \frac{oy}{Oy} = \frac{oz}{Oz} \right)$, то угол α — угол между плоскостью аксонометрических проекций K и плоскостями ZOY , ZOX и XOY , будет искомым.

Опустив из начала координат O перпендикуляр Oo на плоскость K и приняв отрезки $Ox = Oy = Oz = 1$, решаем прямоугольный треугольник

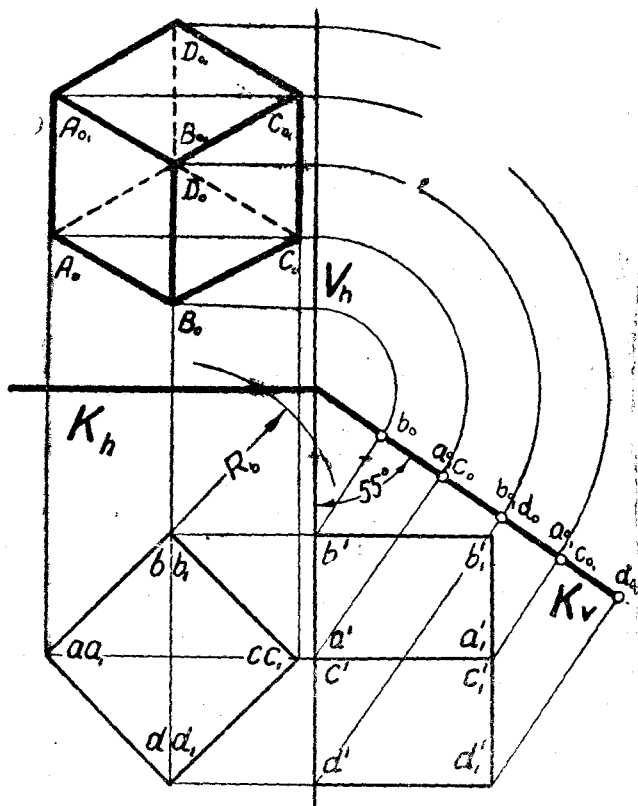


Рис. 23.

OoL , острый угол которого α будет линейным углом, измеряющим двугранный угол между плоскостями XOY и K .

$$OL = Oy \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad OL = Ly,$$

$$oL = Ly \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{6}}{6}.$$

Отсюда

$$\cos \alpha = \frac{oL}{OL} = \frac{\sqrt{6} \cdot 2}{6 \cdot \sqrt{2}} = 0,5773,$$

что соответствует $\alpha \cong 55^\circ$.

Таким образом, изометрическая прямоугольная проекция тела может быть выполнена путем построения прямоугольной проекции его на плоскости аксонометрических проекций K , расположенной под углом $\alpha = 55^\circ$

к горизонтальной предметной плоскости, на которой находится изображаемое тело.

На чертеже (рис. 23) приводится построение прямоугольной изометрической проекции куба, заданного проекцией с числовыми отметками его вершин.

Первоначально выберем вспомогательную вертикальную плоскость проекции V и совместим ее с горизонтальной плоскостью H , затем на

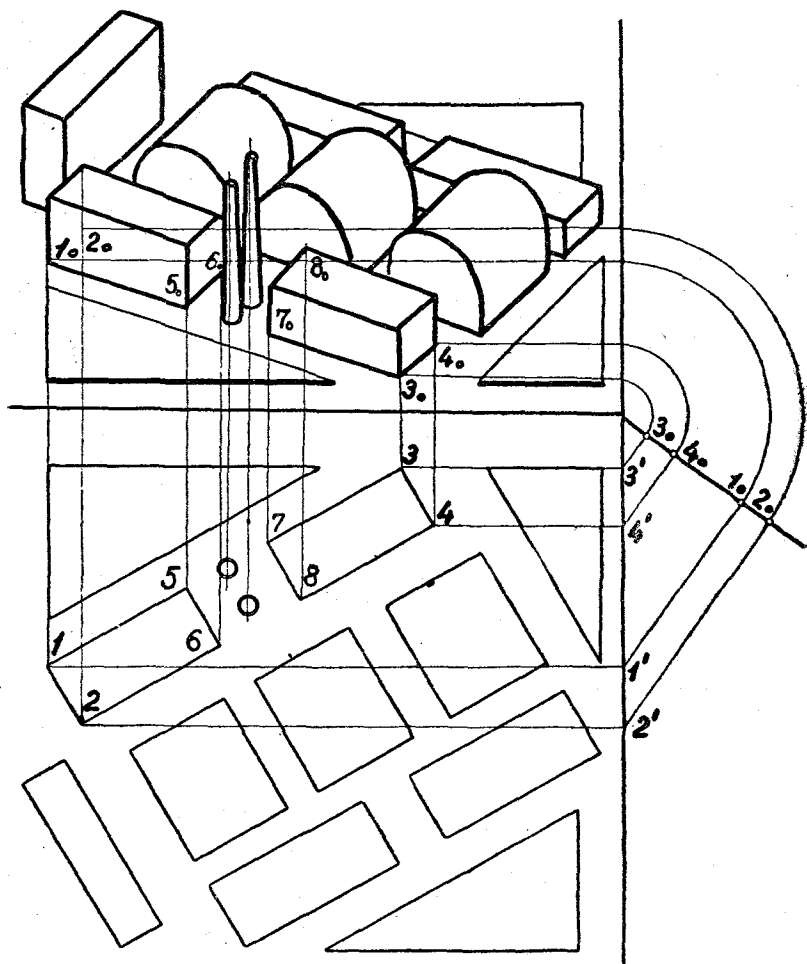


Рис. 24.

совмещенном положении строим вспомогательную вертикальную проекцию куба. Плоскость аксонометрической проекции K выбираем перпендикулярно вспомогательной вертикальной плоскости проекций ($K_h \perp V_h$) и под углом $\alpha = 55^\circ$ к плоскости H . Далее проектируем куб на плоскость K , для чего из всех вертикальных проекций вершин куба проводим перпендикуляры к вертикальному следу плоскости $K - K_v$, тем самым строим промежуточную проекцию, которая изображается, вследствие перпендикулярности плоскости K к вертикальной плоскости проек-

ний V , в виде прямой. Повернув плоскость аксонометрических проекций K вокруг горизонтального ее следа K_h , до совмещения с горизонтальной плоскостью проекций H , получим истинную форму построенного на плоскости K изображения куба — его изометрическую прямоугольную проекцию. Положение куба выбираем таким, чтобы одна диагональ его была бы перпендикулярна к плоскости K .

На чертеже (рис. 23) видно, что проекции трех измерений куба образуют взаимные углы в 120° , с соответствующими коэффициентами искажения в 0,82.

Построение полной вертикальной (вспомогательной) проекции тела не является необходимостью; достаточно на вспомогательной вертикальной плоскости построить промежуточные проекции наиболее характерных точек тела, необходимых для построения изометрической проекции. Так, например, на чертеже рис. 24 приводится изометрическая проекция заводского участка с соответствующими строениями. Как видно из чертежа, построение исполнено только с помощью вторичных вертикальных проекций наиболее характерных точек плана, какими являются точки 1, 2, 3, 4; изометрическая проекция других точек плана (5, 6, 7, 8) построена путем простого проектирования на полученные направления характерных линий плана.

Вертикальные измерения зданий построены путем дорисовки. Выполнение изометрической проекции не осложняется дополнительными вспомогательными построениями, когда основные измерения плана (направления фасадов зданий и уличных магистралей) имеют произвольное расположение относительно плоскостей K и V . В этом следует усматривать одно из основных преимуществ построения изометрической проекции изложенным способом, так как при исполнении таковой обычным способом с помощью координатных осей, построения прямых, плоскостей, тел и т. п., основные измерения которых не параллельны направлениям осей OX , OY , OZ , связано с рядом дополнительных вспомогательных построений, что в значительной степени затрудняет построение.

В. Диметрическая прямоугольная проекция

Принимая диметрическую прямоугольную проекцию в соответствии с ОСТом 7534-39, задаем ее показателями искажения по осям OX , OY , OZ соответственно $r=2u=S$.

Решая уравнение $r^2 + S^2 + u^2 = 2$, определяем значение показателей искажения

$$2r^2 + \frac{1}{4}r^2 = 2,$$

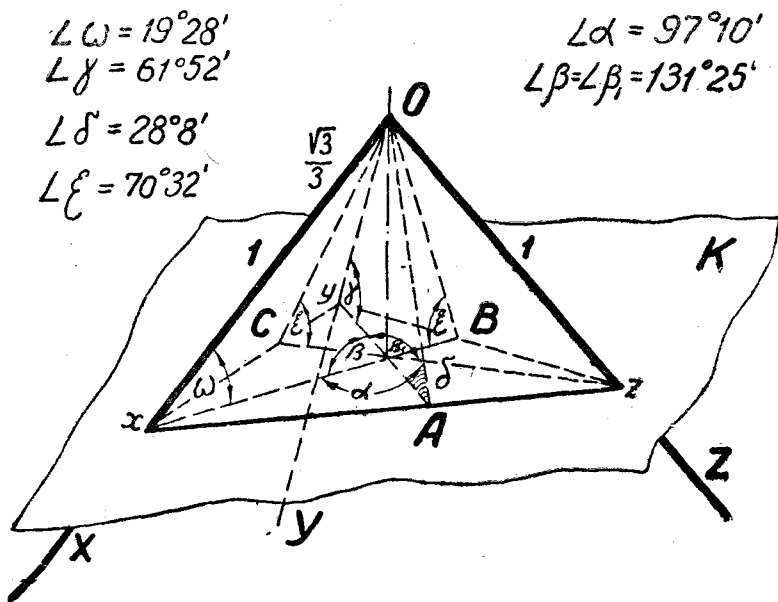
откуда

$$r = S = \frac{2\sqrt{2}}{3}; \quad u = \frac{\sqrt{2}}{3}.$$

Показатель искажения $r = \frac{ox}{Ox}$ из треугольника oxO (рис. 25) определяем как $\cos \omega = \frac{2\sqrt{2}}{3} = 0,9428$, а показатель искажения $u = \frac{oy}{Oy}$ из треугольника oyO определится как $\cos \gamma = \frac{\sqrt{2}}{3} = 0,4717$. Углы ω и γ , которые образуют оси OX и Oy с плоскостью аксонометрических проекций K , следовательно, будут: $\omega = 19^\circ 28'$ и $\gamma = 61^\circ 52'$. Углы наклона плоскостей uoz и XOz к плоскости аксонометрических проекций K (угол ξ

H

$$\delta = 90^\circ - \gamma = 28^\circ 8'.$$

$$O_o = O_x \sin \omega = 0,333.$$


$$\mu = 20^{\circ}43', \text{ округленно } 21^{\circ}.$$

Таким образом (рис. 27), выбрав плотность аксонометрических проекций K под углом $\xi = 71^\circ$ к горизонтальной плоскости проекций, на которую спроектирован куб, и притом так, чтобы горизонтальный след этой плоскости K_h (прямая xu) образовывал с проекциями двух параллельных ребер куба угол $\mu = 21^\circ$, спроектируем куб по ортогональному методу на эту плоскость. С этой целью выбираем вспомогательную вертикальную плоскость проекций V , перпендикулярно к плоскости K и проектируем на нее куб; тогда плоскость K будет на нее проектироваться в виде прямой K_v , расположенной под углом $\xi = 71^\circ$ к V_h .

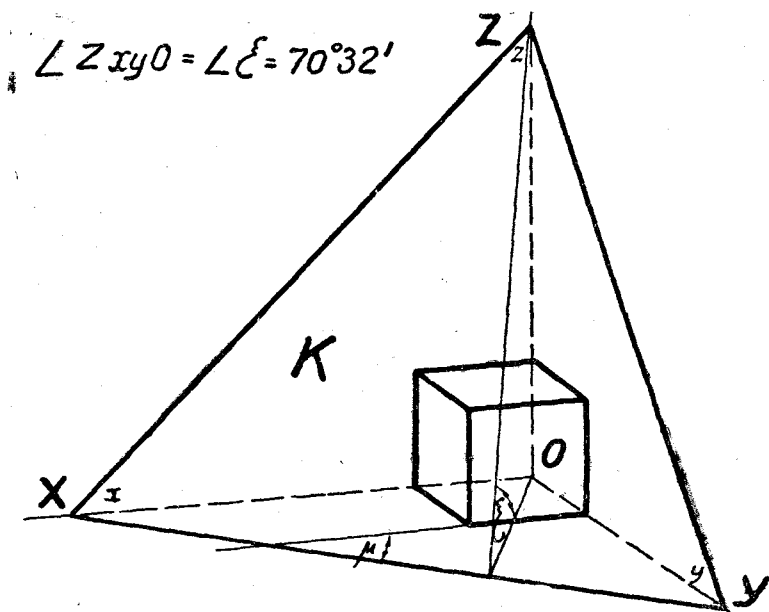


Рис. 26.

Повернув плоскость K вокруг горизонтального ее следа K_h до совмещения с горизонтальной (предметной) плоскостью проекций, получим диметрическую прямоугольную проекцию куба в соответствии с ОСТом 7534-39 в неискаженном виде.

Построение полной вспомогательной (вертикальной) проекции тела не является обязательной, достаточно построить вспомогательную вертикальную проекцию верхнего или нижнего основания куба и по нему построить диметрическую проекцию основания. Диметрические проекции вертикальных ребер куба AA_1 ; BB_1 , и т. д. имеют тот же показатель искажения ($r = s$) как и проекции ребер AB ; CD_1 ; A_1B_1 ; CD_1 , образующих с горизонтальным следом плоскости $K-K_h$ угол μ , поэтому их можно отложить в вертикальном направлении от всех диметрических проекций вершин основания, что в значительной степени упрощает построение.

С целью большего облегчения и удобства графических построений углы μ и ξ могут быть построены не по транспортиру, а с помощью угольника и линейки (рейсшины).

Так, $\operatorname{tg} \mu = 0,378$ округленно $\operatorname{tg} 21^\circ = 2/5$, поэтому для построения этого угла достаточно на горизонтальном следе плоскости $K - K_k$ или любой, ей параллельной, прямой отложить 5 произвольных единиц и из конца этого отрезка на прямой, перпендикулярной к следу K_h , — 2 единицы; гипотенуза такого треугольника будет образовывать с следом плоскости K_h угол $\mu = 21^\circ$.

Направление вертикального следа плоскости $K - K_v$ может быть определено как направление гипотенузы треугольника, у которого отношение катетов 1:3. С этой целью на горизонтальном следе вертикальной плоскости V_h откладываем от точки схода следов произвольный отрезок, и на прямой, проходящей через его конец, перпендикулярно к V_h — три таких же отрезка.

На чертежах (рис. 28 и 29) исполнено построение прямоугольной диметрической проекции рудника, заданного планом двух горизонтов.

Расположив план рудника так, чтобы прямая O_1O_2 , параллельная главным измерениям плана, образовывала с горизонтальным следом

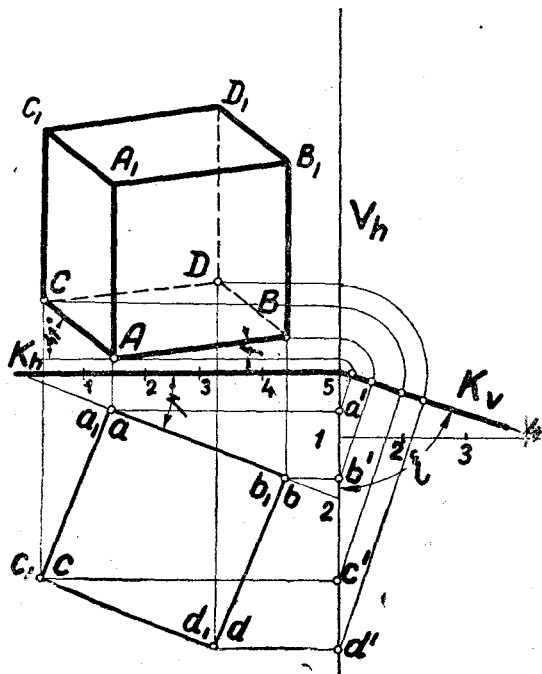


Рис. 27.

K_h плоскости аксонометрических проекций K угол $\mu = 21^\circ$, строим на вспомогательной вертикальной плоскости проекции двух горизонтов. Характерные точки плана $A; B; C; \dots L; P; R$ проектируем на плоскость K , выбранную под углом ξ к предметной горизонтальной плоскости, и, совмещая с ней плоскость K , получаем неискаженную диметрическую проекцию. Так как план рудника выверен в мелком масштабе, то на рис. 28, для облегчения построений, выполнена диметрическая проекция только осей штреков и квершлагов. На отдельном формате (рис. 29) в увеличенном размере строим диметрическую проекцию рудника; с этой целью на горизонтальном следе K_h плоскости аксонометрических проекций K , отмечаем ряд точек 1, 2, ... 11, 12 пересечения вспомогательных проектирующих прямых с следом K и, соответственно увеличив расстояние между этими точками, переносим их на горизонтальную прямую. Восстановив из точек перпендикуляры к прямой, откладываем на них расстояния от диметрических проекций

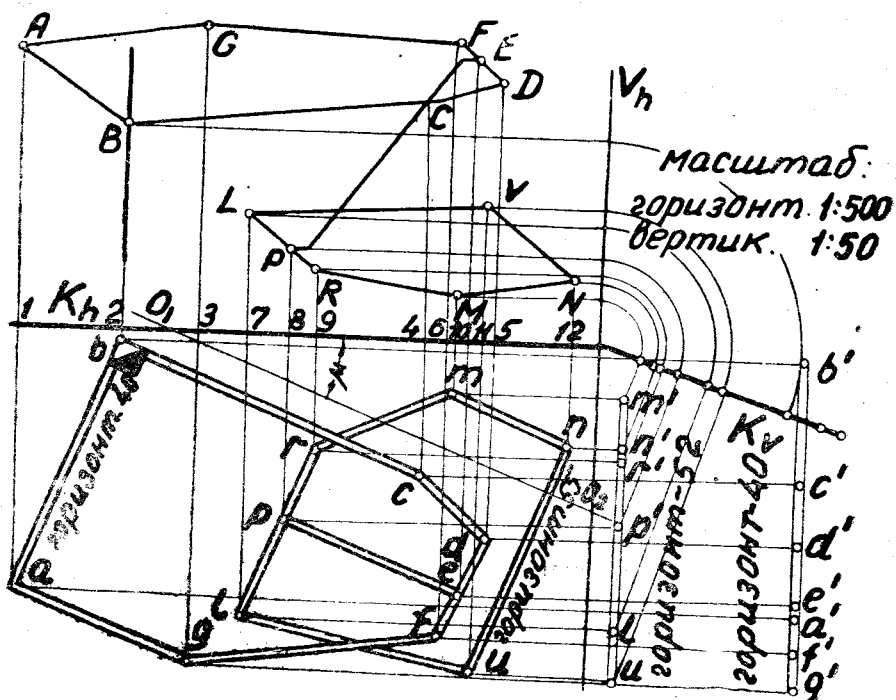


Рис. 28.

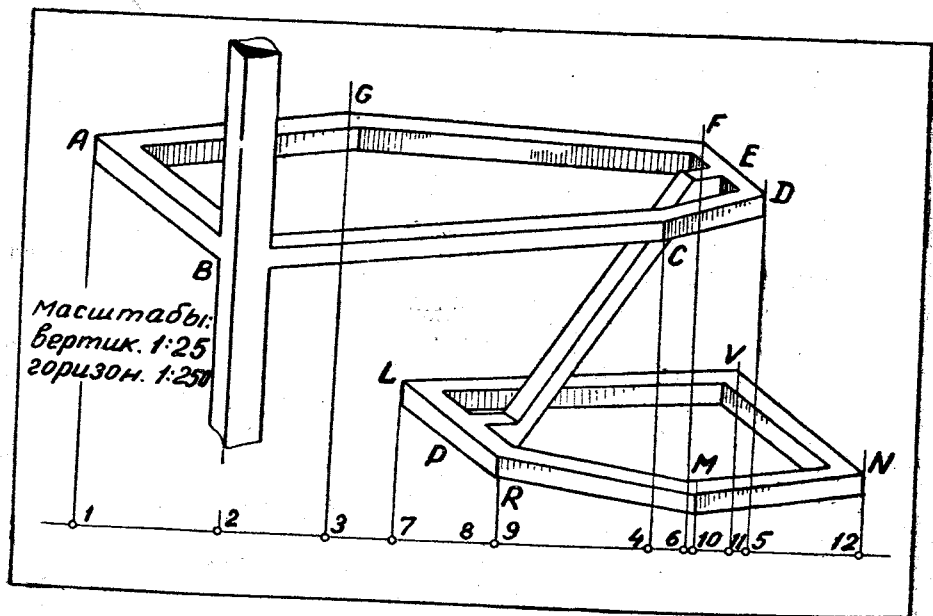


Рис. 29.

точек A_1B_1 и т. д. до следа K_h , увеличивая эти размеры пропорционально горизонтальным. Высоту и ширину штрихов и квершлагов строим в соответствии с выбранными масштабами; для большей на-

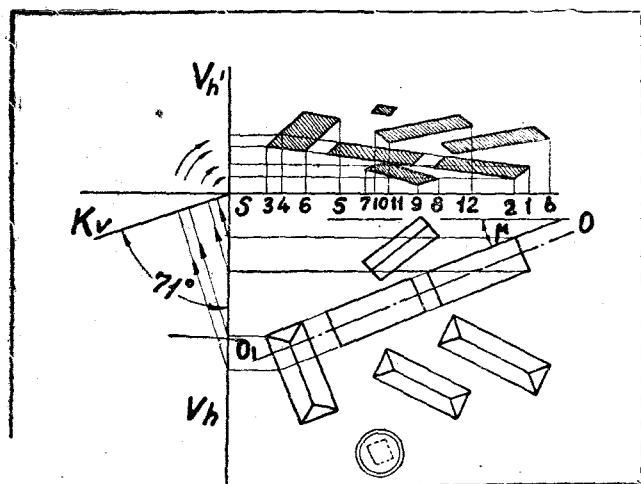


Рис. 30.

глядности нами выбраны разные — вертикальный и горизонтальные масштабы.

Аналогично приведенному примеру выполнено построение диметрической проекции участка железнодорожных мастерских (фиг. 30 и 31).

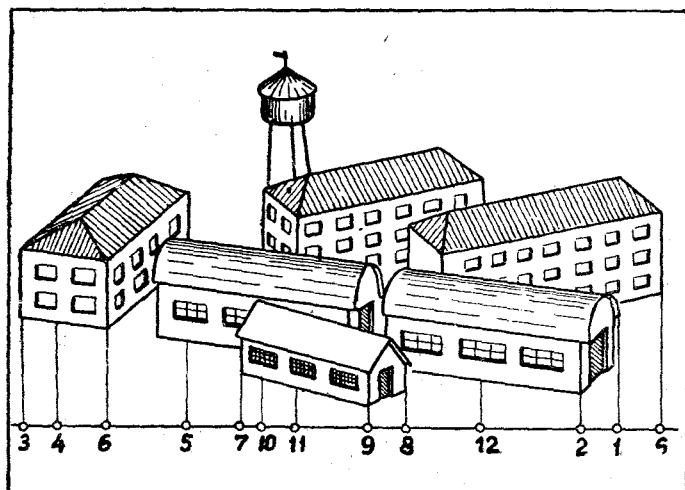


Рис. 31.

На рис. 30 приведено построение диметрической проекции плана участка в мелком масштабе и на рис. 31 в более крупном; вертикальные измерения зданий построены пропорционально таковым плана.

Построение диметрической проекции так же, как и изометрической, не осложняется дополнительными построениями в тех случаях, когда отдельные измерения плана расположены произвольно к основным измерениям. Расположение плана относительно следов плоскости аксонометрических проекций K может быть произвольным, при этом возможно любое количество диметрических прямоугольных проекций с различными показателями искажения, которые получаются автоматически и зависят только от относительного расположения плана и плоскости аксонометрических проекций.

Эти способы удобны при построении пространственных изображений сооружений, которые заданы планом или проекциями с числовыми отметками. Способ построения элементарен и не может вызвать особых затруднений. Автором статьи были произведены опыты по построению пространственных изображений со студентами I и II курсов Ленинградского Горного института изложенными методами. Первоначально студентам давалась установка и краткая инструкция и предлагалось выполнить то или иное задание. Метод построения легко усваивался учащимися и в самое непродолжительное время работа выполнялась с весьма удовлетворительными результатами. Наибольшие успехи достигнуты были студентами II курса при построении аксонометрических проекций надшахтных строений шахт и изображений рудников по планам горизонтов с числовыми отметками. При этом были выполнены весьма сложные чертежи, которые благодаря чисто механическому методу построения не вызвали у учащихся в процессе работы каких-либо затруднений и дополнительных вопросов к руководителю.

Поэтому эти методы, с целью облегчения и ускорения графической работы, следует рекомендовать для применения в проектных организациях как наиболее обобщающие общие приемы построения аксонометрических проекций и, вместе с тем, обеспечивающие наилучшие результаты при незначительном, затраченном на их выполнение, рабочем времени.

Общее правило построения прямоугольных аксонометрических проекций может быть сформулировано следующим образом:

1) На генплане строительного участка или плане, заданном в проекциях с числовыми отметками, выбирается направление горизонтального следа K_h плоскости аксонометрических проекций K и перпендикулярно выбранному направлению след вспомогательной вертикальной плоскости $V - V_h$.

2) Путем проведения прямых, параллельных выбранному направлению K_h , проектируются наиболее характерные (определяющие направление основных линий плана) точки на прямую V_h .

3) На совмещенном положении вспомогательной вертикальной плоскости выбирается положение вертикального следа плоскости аксонометрических проекций K_h под углом в 55° к V_h — при построении изометрической проекции и под углом в 71° к V_h — при построении диметрической проекции.

4) Из вспомогательных вертикальных проекций характерных точек плана (спроектированных на прямую V_h) опускаются перпендикуляры на выбранное направление вертикального следа K_v — плоскости аксонометрических проекций.

5) Производится совмещение плоскости K с предметной (горизонтальной) плоскостью, для чего точки на прямой K_v переносят дугами из центра (точки пересечения прямых K_h и K_y) на направление прямой V_h .

6) Из наиболее характерных, ранее спроектированных на V_h , точек плана опускаются перпендикуляры на след K_h до пересечения с перпендикулярами, восстановленными к соответственным точкам прямой K_v , совмещенными с V'_h .

7) Найденные точки соединяются в соответствии с планом.

8) На отдельном формате копируется построенное изображение в увеличенном масштабе.

Подводя итог изложенному, следует считать, что установленные методы перехода от ортогональных проекций с числовыми отметками к пространственным изображениям, косоугольным проекциям на горизонтальную или вертикальную плоскости или прямоугольным на наклонную плоскость, единообразны по своему общему приему, элементарны по технике построения и удобны для практического применения. В основу каждого метода положен единый прием проектирования изображаемого предмета на картинную плоскость с помощью вспомогательной вертикальной плоскости. Причем угол, образуемый картинной плоскостью с предметной, и направление проектирования для каждого вида аксонометрических проекций выбираются особо, в соответствии с установленными правилами построения.

Основное преимущество рассмотренных приемов, в сравнении с известным методом построения аксонометрических проекций по координатным осям, заключается в том, что не представляется необходимым строить масштабы для показателей искажения и, кроме того, как указывалось, построение пространственных изображений частей изображаемых предметов или самих предметов, измерения которых не параллельны координатным осям, значительно упрощаются и требуют меньших вспомогательных построений. Пространственные изображения по своим размерам находятся в полном соответствии с размерами и масштабом плана.

Как следует из приведенных чертежей, несмотря на мелкий масштаб плана, пространственные изображения получаются достаточно ясными и, благодаря чисто механическому характеру их построения, не могут вызывать затруднений технического порядка даже у чертежника средней квалификации.

Таким образом, приведенные приемы перехода от ортогональных проекций на горизонтальную плоскость или проекций с числовыми отметками удобны для практического применения и, в случае достаточной популяризации их, смогут, по нашему мнению, найти широкое применение в графической работе проектных и научно-исследовательских организаций при построении пространственных изображений горных выработок, рудников, надшахтных сооружений, строительных участков, городских кварталов, ансамблей и т. п.