

## К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАНОВ В ПРОЕКЦИИ НА НАКЛОННУЮ ПЛОСКОСТЬ

А. И. ВОЛКОВ, П. А. МАРЧЕНКО

(Представлено научным семинаром кафедр маркшейдерского дела и геодезии)

Достоинство любого маркшейдерского плана определяется степенью наглядности изображения и удобством его использования для решения различных технических задач.

Указанные качества плана зависят от характера залегания изображаемой залежи и выбранной плоскости проекции. Действительно, при изображении крутопадающей залежи на горизонтальной плоскости проекции имеет место большое искажение формы залежи, в связи с чем такой план является ненаглядным и неудобным для практического использования. Аналогичная картина получается при изображении пологопадающих залежей на вертикальной плоскости проекции.

С целью устранения указанных недостатков в маркшейдерской литературе рекомендуется в отдельных случаях составлять планы в проекции на наклонную плоскость. Залежь, имеющая выдержанные элементы залегания, проектируется на наклонную плоскость, параллельную залежи, без искажений, следовательно, линейные величины на таком плане будут соответствовать их истинным значениям, а потому использование таких планов для производственных целей является весьма удобным. Преимущество такой проекции снижается при изображении более сложных форм залежи и при очень сложных формах такое преимущество вообще исчезает.

Для построения проекций на наклонную плоскость в литературе рекомендуется несколько способов.

Некоторые авторы рекомендуют построение таких проекций производить по координатам, полученным в результате аналитического или графического перевычисления обычных координат точек. Этот способ очень трудоемкий, так как требует большого объема вычислительных работ или графических определений. По этой причине способ построения проекций на наклонную плоскость по координатам не находит применений в практике.

Рекомендуемые в настоящее время графические и графоаналитические способы построения не отличаются простотой и, кроме того, имеют некоторые другие существенные недостатки.

В статье В. И. Кузьмина [1] предлагается графический способ пересоставления планов из горизонтальной плоскости проекции на

наклонную. Для построения проекции одной точки на наклонную плоскость этот способ требует аналитического или графического определения пяти дополнительных величин ( $Z_a - Z_p$ ),  $Z''_a$ ,  $f$ ,  $g$ ,  $d$ . Определение такого количества дополнительных величин осложняет построение и повышает вероятность появления грубых ошибок. Кроме того, этот способ содержит и ряд других серьезных недостатков.

1. В [1] автор указывает, что величина  $d$  откладывается всегда в сторону от „горизонталя вращения“ плоскости  $P$ .

Данное утверждение является справедливым лишь для идеального случая, когда проектируемые точки лежат на самой плоскости  $P$ . Практически плоскость  $P$  выбирается на некотором расстоянии от залежи и при условии, чтобы она не пересекала последнюю на всей площади плана [1]. В этом случае (практически всегда) точки, лежащие выше плоскости проекции, при проектировании их на на-

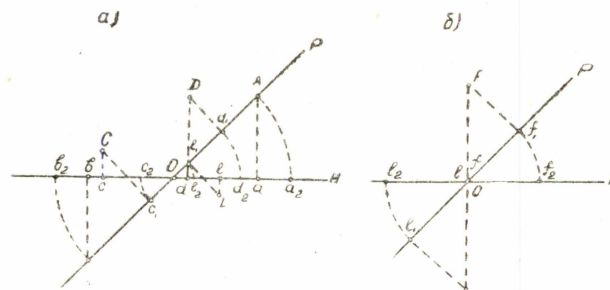


Рис. 1.

клонную плоскость будут перемещаться в сторону восстания плоскости  $P$ , а точки, лежащие ниже плоскости  $P$ , в сторону ее падения. Следовательно, величину  $d$  необходимо откладывать в первом случае в сторону восстания, а во втором случае в сторону падения плоскости  $P$  от проекций этих точек на горизонтальную плоскость (рис. 1, а).

2. Автор не дает рекомендаций относительно определения положения точек в наклонной плоскости, горизонтальные проекции которых лежат на „горизонтали вращения“ плоскости  $P$ . Анализ показывает, что перемещение таких точек также подчинено указанной выше закономерности (рис. 1, б).

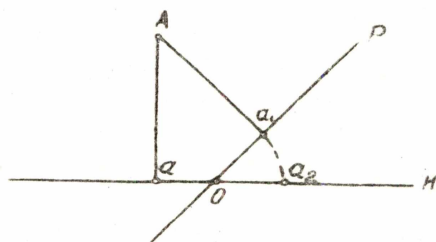


Рис. 2.

точки  $A$  на горизонтальную плоскость (точка  $a$ ) лежит от „горизонталя вращения“ в сторону падения плоскости  $P$  (рис. 2), предлагаемые автором формулы не применимы.

Чтобы формула

$$d = (Z_a - Z_p) \sin \delta + l (\sec \delta - 1) \quad (1)$$

была справедливой для всех случаев положения проектируемой точки, необходимо считать величину  $l$  положительной, если она измеряется от „горизонталя вращения“ в сторону восстания плоскости  $P$ , и отрицательной—в сторону падения, с учетом знаков  $Z_a$  и  $Z_p$ . Фор-



мула (1) может быть упрощена, имея в виду, что  $Z_p = l \cdot \operatorname{tg} \delta$ , и представлена в следующем виде

$$d = Z_a \sin \delta - l(1 - \operatorname{cos} \delta). \quad (2)$$

Преимущество этой формулы состоит в том, что она сокращает число определяемых дополнительных величин. В соответствии с этим преобразованием формула для определения величины  $Z_a''$  будет иметь вид:

$$Z_a'' = Z_a \operatorname{cos} \delta - l \cdot \sin \delta. \quad (3)$$

Для устранения недостатков, указанных в пунктах 1, 2 и 3, можно, кроме того, рекомендовать принимать за „горизонталь вращения“ плоскости  $P$  не среднюю ее горизонталь, как предлагает автор в работе [1], а горизонталь, находящуюся за пределами проектируемой залежи.

Доцент М. В. Коржик в работе [2] предлагает графоаналитический метод решения данной задачи. Этот способ также не отличается простотой, так как требует графического или аналитического определения тоже пяти дополнительных величин

$$(Z_a - Z_p), Z_a'', l', \delta_y, \Delta Y''.$$

Предложение доцента М. В. Коржик производить построение проекций точек на наклонную плоскость от ближайшей совмещенной горизонтали плоскости  $P$  исключает недостатки, присущие способу В. И. Кузьмина, однако наличие дополнительной координатной сетки ведет к излишней загрузке как плана, так и проекций на наклонную плоскость, что нежелательно.

#### **Графический способ построения проекции точки на наклонную плоскость по ее проекции на горизонтальную плоскость**

Планы в проекции на наклонную плоскость являются вспомогательными графическими материалами и не исключают построения планов в проекции на горизонтальную плоскость, которые являются обязательными для каждого горного предприятия. Таким образом, понятно стремление использовать их для построения проекций на наклонную плоскость во избежание перевычисления координат.

Предлагаемый нами способ основан на использовании таких планов, составленных в проекции с числовыми отметками. Сущность предлагаемого способа состоит в построении вертикальных разрезов, проходящих через проектируемые на наклонную плоскость точки вкрест простирающейся выбранной плоскости проекции  $P$ . На этих разрезах показываются след плоскости  $P$  и проектируемые точки. Практически, как будет видно ниже, вполне достаточно построения одного сводного разреза-номограммы, чтобы осуществить переход от проекций на горизонтальную плоскость к проекции на наклонную плоскость, не прибегая к другим графическим или аналитическим определениям.

Пересоставление планов этим способом может быть выполнено в таком порядке. На плане, составленном в проекции на горизонтальную плоскость, проводятся горизонтали выбранной плоскости  $P$  (рис. 3). На отдельной плотной бумаге строится вертикальный разрез-номограмма вкрест простирающейся плоскости  $P$ , на котором показывается след плоскости  $P$ , след вертикальной плоскости  $V$ , прохо-

дящей через „горизонталь вращения“ плоскости  $P$ , и линии горизонтов высот (рис. 4). Этот разрез следует строить в масштабе плана. Построение проекции лучше всего производить на кальке. На кальку достаточно нанести „горизонталь вращения“ плоскости  $P$  и для

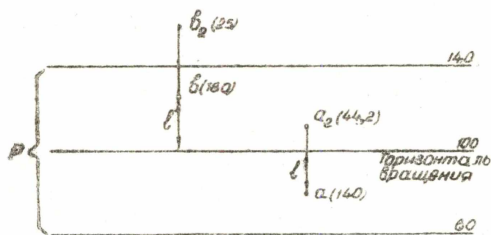


Рис. 3.

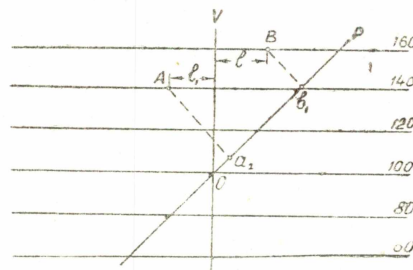


Рис. 4.

привязки к плану или координатную сетку плана, или произвольно выбранную точку на „горизонтале вращения“, отмеченную на плане. Подготовленная таким образом калька накладывается на план, и положение проектируемых точек в новой проекции определяется следующим образом:

а) циркулем с плана берется отрезок  $l$ , равный перпендикуляру, опущенному из точки в плане на „горизонталь вращения“;

б) отрезок  $l$  откладывается на разрезе-номограмме (рис. 4) от линии  $V$  на горизонте, равной отметке проектируемой точки, в соответствующую сторону от „горизонтале вращения“; в результате получаем точку  $B$ , которая ортогонально проектируется на линию  $P$  (след плоскости проекции) в точку  $b_1$ ;

в) расстояние  $o - b_1$ , взятое циркулем с разреза-номограммы, откладывается на кальке от „горизонтале вращения“ по перпендикуляру, проходящему через проектируемую точку плана ( $b$ ) в сторону восстания или падения плоскости  $P$  в зависимости от положения  $b_1$  на номограмме. В результате получаем точку  $b_2$ , которая и является проекцией точки  $B$  на наклонную плоскость. Отрезок  $B - b_1$ , измеренный по разрезу-номограмме, является „отметкой“ точки  $B$  относительно плоскости  $P$ . Величина этого отрезка в метрах подписывается в качестве числовой отметки у точки  $b_2$ .

При построении горных выработок проектируемыми точками являются характерные точки этих выработок. При пересоставлении гипсометрических планов характерные точки выбираются на изогипсах. Таким способом может быть пересоставлен любой план (отображающий как форму, так и качественные особенности залежи) при условии, что для характерных точек будут предварительно определены высотные отметки.

Из описания предлагаемого нами способа следует, что он значительно проще рекомендованных ранее, так как не требует никаких дополнительных аналитических или графических определений и нагляден, что исключает грубые ошибки при построении, возможные в ранее предложенных способах, поэтому он может быть широко использован в маркшейдерской практике.

#### Переход от проекции на наклонную плоскость к проекции на горизонтальную плоскость

Необходимость осуществлять переход от проекции на наклонную плоскость к проекции на горизонтальную плоскость практически возникает очень редко. Однако при решении некоторых производственных задач, на основании проекции на наклонную плоскость, часто



необходимо знать положение отдельных точек в проекции на горизонтальную плоскость. К таким задачам относятся построение вертикального разреза по диагональному направлению, определение азимута прямой и т. д.

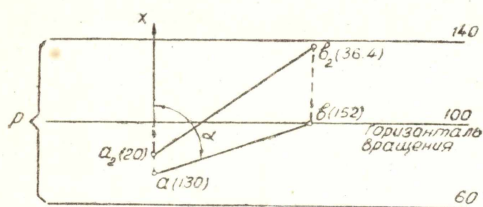


Рис. 5 а

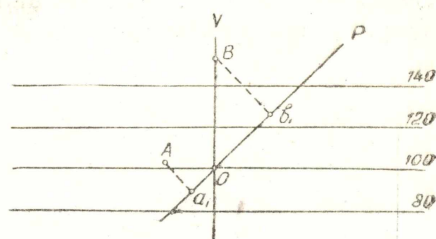


Рис. 5 б

Указанный выше переход может быть выполнен с помощью разреза-номограммы. Для этого из концов прямой  $a_2—b_2$  (рис. 5 а) заданной в проекции на наклонную плоскость, опускаются перпендикуляры на „горизонталь вращения“. Откладывая длины этих перпендикуляров от точки  $O$  по линии  $P$  (рис. 5 б) в соответствующую сторону, получают точки  $a_1, b_1$ . Из точек  $a_1, b_1$  опускают перпендикуляры на линию  $P$ , на которых откладывают числовые „отметки“ точек  $a_2, b_2$ . В результате получают точки  $A$  и  $B$ , абсолютные отметки которых определяют по линии горизонтов высот. Расстояния, измеренные от точек  $A$  и  $B$  до линии  $V$  по горизонтали, откладываются от „горизонталь вращения“ по перпендикулярам, проходящим через точки  $a_2$  и  $b_2$ . Полученные таким образом точки  $a$  и  $b$  являются проекциями точек  $A$  и  $B$  на горизонтальную плоскость.

#### Использование проекций на наклонную плоскость для решения некоторых горно-геометрических задач

Вопросу построения проекций на наклонную плоскость в последнее время в маркшейдерской литературе уделяется довольно большое внимание, вопрос же использования этих проекций для решения различных производственных задач по существу в литературе совершенно не освещен. Данная проекция хотя и позволяет решать все задачи, возникающие в практике, однако анализ показывает, что для решения их требуется специальная методика, отличная от методики решения этих же задач по планам, составленным в проекции на горизонтальную плоскость.

В данной статье рассматривается решение задач, наиболее часто встречающихся в маркшейдерской практике.

#### Построение вертикального разреза вкрест простирания плоскости проекции

Для залежей с выдержанными элементами залегания разрез вкрест простирания плоскости проекции будет являться одновременно и разрезом вкрест простирания залежи. Необходимость построения таких разрезов в практике возникает довольно часто. Методика их построения может быть следующей.

По линии разреза  $I—1$ , отмеченной в проекции на наклонную плоскость (рис. 6), строится профиль плоскости  $P$  и след горизонтальной плоскости  $H$ , проходящей через „горизонталь вращения“ плоскости  $P$  (рис. 7). Линия  $H$  будет являться опорным горизонтом для

определения абсолютных отметок точек. По линии I—I от „горизонтальной вращения“ до характерных точек  $a_2, b_2, c_2$  и т. д. измеряются расстояния, которые откладываются в соответствующую сторону от точки  $O$  на разрезе по линии  $P$  (рис. 7). Из концов этих отрезков (точек  $a_1, b_1, c_1$  и т. д.) восстанавливаются перпендикуляры к линии  $P$ , на которых откладываются „отметка“ точек  $a_2, b_2, c_2$  и т. д. вверх от ли-

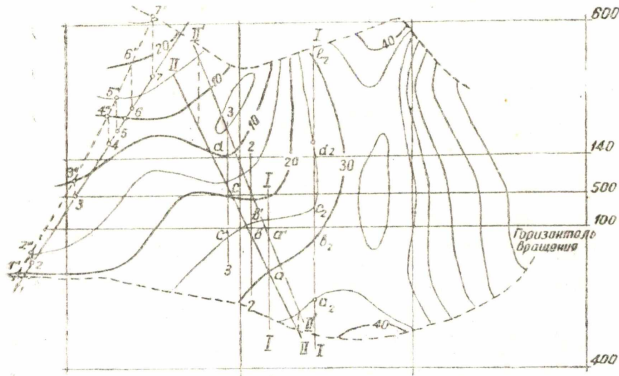


Рис. 6.

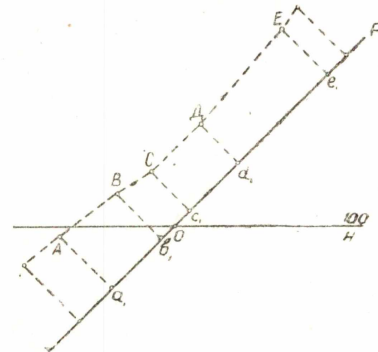


Рис. 7.

нии  $P$ , если „отметка“ положительная, и вниз, если она отрицательная. В результате такого построения определяют точки  $A, B, C$  и т. д., соединяя которые плавной кривой, получают контур лежащего или висячего бока залежи в разрезе. Абсолютные отметки точек этого контура определяются обычным путем от опорного горизонта.

#### Построение вертикального разреза по диагональному направлению

Приведенный выше способ построения вертикального разреза не может быть использован в данном случае, так как он позволяет строить лишь разрезы, нормальные к плоскости проекции. Вертикальный разрез вкрест простирания плоскости одновременно является и нормальным разрезом к этой плоскости, что не свойственно вертикальному разрезу по диагональному направлению. Последнее убедительно показано на рис. 6. На этом рисунке точки 1, 2, 3, 4 и т. д. лежат на линии разреза в плане. Проекциями этих точек на наклонную плоскость  $P$  являются точки  $1'', 2'', 3'', 4''$ , которые, как видно из чертежа, не лежат на линии разреза, а располагаются в стороне от нее по некоторой кривой, характер которой зависит от удаления точек разреза от плоскости  $P$ . Из этого следует, что для построения вертикального разреза по диагональному направлению необходимо для точек, лежащих на линии разреза, определить значение их „отметок“ с помощью дополнительных построений.

Построение вертикального разреза по диагональному направлению может быть осуществлено следующим путем. На плане в проекции на наклонную плоскость намечается линия разреза  $II'-II'$  (рис. 6) и описанным выше способом определяется ее проекция  $II-II$  на горизонтальную плоскость по любым двум точкам, лежащим на линии  $II'-II'$ . На линии  $II-II$  намечаются точки  $a, b, c$  и т. д., на основании которых будет построен разрез. Для определения отметок этих точек в вертикальном разрезе строятся вспомогательные вертикальные разрезы вкрест простирания плоскости  $P$ , проходящие через точки  $a, b, c$ . На полученных таким образом разрезах (разрез по 1—1, 3—3, рис. 8) из точки  $O$  по линии  $H$  в соответствующую сторону



откладываются отрезки  $a - a'$ ,  $b - b'$  и т. д., взятые с плана (рис. 6). Из точек  $a$ ,  $b$ ,  $c$  на разрезах по I—I, II—II и т. д. к линии  $H$  восстанавливаются перпендикуляры и продолжаютя до пересечения с построенным профилем залежи в точках  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Для этих точек определяются абсолютные отметки  $Z_a$ ,  $Z_b$ ,  $Z_c$  и т. д. от опорного горизонта  $H$ , которые и являются искомыми отметками точек  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , нанесенных на линии разреза II—II (рис. 6). Используя полученные отметки, строят вертикальный разрез по линии II—II обычным способом.

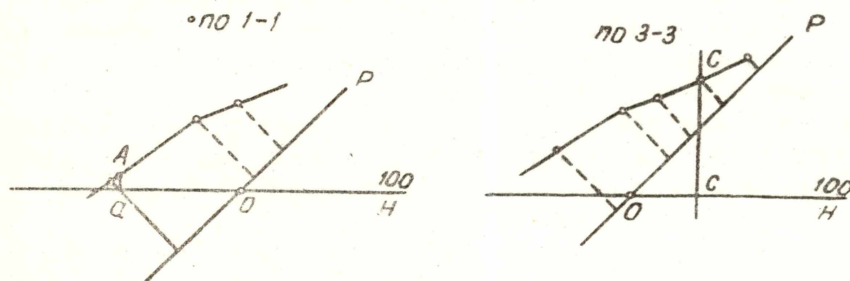


Рис. 8.

Вертикальный разрез по простиранию залежи (плоскости  $P$ ) является частным случаем разреза по диагональному направлению и строится аналогично последнему.

#### Построение разрезов, нормальных к залежи (к плоскости $P$ )

Нормальный разрез к плоскости  $P$  в общем случае не является вертикальным. Исключением из этого является разрез вкrest простирания плоскости  $P$ , так как в этом случае нормальная плоскость совпадает с вертикальной. Методика построения нормальных разрезов по любому заданному направлению такая же, как методика построения вертикального разреза вкrest простирания плоскости  $P$ .

#### Определение истинной длины, угла наклона и дирекционного угла прямой

Если точки  $A$  и  $B$  лежат в плоскости проекции  $P$  или в плоскости параллельной ей, то истинная длина между этими точками определяется непосредственным измерением расстояния между их проекциями на наклонную плоскость  $P$ . Во всех остальных случаях истинная длина прямой между заданными точками определяется обычным способом, когда отметки этих точек известны.

Дирекционные углы прямых при проектировании последних на наклонную плоскость искажаются. Исключением из этого являются прямые, направление которых совпадает с линией падения плоскости  $P$ . Это искажение происходит вследствие разности „отметок“ концов этих прямых относительно плоскости  $P$  и различного их удаления от „горизонтали вращения“, в связи с чем проектируемые точки прямых перемещаются от „горизонтали вращения“ плоскости  $P$  на различные расстояния.

Для определения истинного дирекционного угла прямой  $A - B$  (заданной точками  $a_2$ ,  $b_2$ ) необходимо построить положение этой прямой в проекции на горизонтальную плоскость (рис. 5  $a$ ,  $a - b$ ). Угол  $\alpha$  между осью  $X$  и прямой  $a - b$  и будет являться истинным дирекционным углом прямой  $A - B$ .

Угол наклона прямой, заданной в проекции на наклонную плоскость точками  $a_2$ ,  $b_2$ , определяется по вертикальному разрезу, построенному по линии  $a - b$ .

## Определение истинного значения площади

В большинстве случаев при изображении залежи в проекции на наклонную плоскость искажение изображаемой поверхности бывает незначительным и тогда площадь может быть определена непосредственно по чертежу без учета ее искажения.

В тех случаях, когда искажение достигает значительной величины, т. е. когда углы падения и простираения залежи невыдержаны, искажение учитывается обычным способом при условии, что за „угол падения“ залежи в этом случае принимается угол, который она составляет с плоскостью проекции  $P$ . Этот угол может быть определен путем построения нормального разреза.

Из рассмотрения предлагаемого нами графического способа построения проекций на наклонную плоскость видно, что этот способ прост и таким образом может содействовать внедрению этой проекции в практику.

Предлагаемая разрез - номограмма позволяет не только очень просто осуществлять переход от плана к проекции на наклонную плоскость, но дает возможность также просто решать и обратную задачу.

Следует заметить, что вопрос о решении обратной задачи до сих пор в литературе не освещался. Рассмотрение этого вопроса в данной работе позволило нам предложить методику решения целого ряда задач, которые неизбежно возникают при работе с данной проекцией, что также должно способствовать успешному применению этой проекции в практике.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Маркшейдерское дело, Сборник научных трудов кафедры маркшейдерского дела и геодезии Донецкого индустриального института, вып IV, Металлургиздат, 1956.
2. Научные доклады высшей школы (горное дело), Советская наука, № 1, 1958.