

МЕТОДИКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ К КАРТИРОВАНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИЙ МОЩНЫХ И КРУТОПАДАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

П. А. МАСЛЕНИКОВ

Введение

При разработке свиты пологопадающих пластов или даже одного крутопадающего пласта (или жилы) план разработки полезного ископаемого, построенный методом ортогонального проектирования на одну горизонтальную плоскость проекций, обыкновенно не удовлетворяет всем требованиям эксплуатации месторождения, а потому приходится очень часто прибегать к построению вспомогательных ортогональных изображений разработки на вертикальной плоскости или на плоскости, параллельной плоскости изображаемого пласта. И все же по полученным ортогональным проектированием изображениям разработок, как не обладающим хорошою наглядностью, очень трудно воссоздавать в воображении пространственный облик изображенных разработок, трудно решать задачи, связанные с определением направлений и тем более трудно производить проектирование новых выработок.

Все вышесказанное наводит на мысль введения другого способа проектирования разработок полезного ископаемого и именно такого, который, обладая достаточною удобоизмеримостью, в то же время удовлетворял бы условию необходимой наглядности, т. е. давал такие изображения, которые позволяли бы видеть на одной плоскости проекций одновременно все три измерения изображаемой формы.

Из числа способов проектирования, удовлетворяющих поставленным требованиям, я остановлюсь на так называемых косоугольных осеизмерительных или косоугольных аксонометрических проекциях, получающихся в результате применения параллельного проектирования пространственных форм на плоскость, составляющую с направлением проектирования угол не равный прямому, и которые в то же время являются и наиболее простыми по построению.

Вывод общих формул параллельного проектирования на плоскость

Пусть три взаимно-перпендикулярных отрезка OA , OB и OC , являющиеся прямоугольными координатами x , y и z некоторой точки и составляющие с перпендикуляром OO_2 к плоскости проекций M углы α , β , γ проектируются на плоскость M параллельно данному направлению S , составляющему с перпендикуляром к плоскости угол φ , а с прямыми OA , OB и OC углы α_1 , β_1 и γ_1 (Фиг. 1).

Как известно из основ параллельного проектирования, на плоскости проекций M отрезки OA , OB и OC должны изобразиться также отрезками прямых, в общем случае не равными их истинной величине.

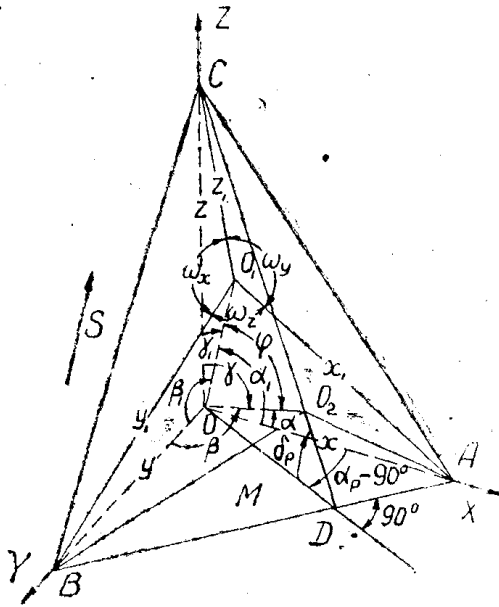
Пусть длины изображений координатных отрезков стали равными $O_1A = x_1$, $O_1B = y_1$ и $O_1C = z_1$ (фиг. 1). Обозначив отношения $\frac{x_1}{x}$, $\frac{y_1}{y}$ и $\frac{z_1}{z}$ соответственно через m_x , m_y и m_z и назвав их масштабами искажений по координатным осям, выразим значения последних через величины углов α , β , γ , α_1 , β_1 , γ_1 и φ .

Из прямоугольных треугольников OO_2A , OO_2B , OO_2C и OO_2O_1 находим:

$$OO_2 = x \cos \alpha = y \cos \beta = z \cos \gamma \quad (a)$$

и

$$OO_1 = \frac{OO_2}{\cos \varphi} = x \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi} = y \frac{\cos \beta}{\cos \varphi} = z \frac{\cos \gamma}{\cos \varphi}. \quad (b)$$



Фиг. 1

Решая косоугольные треугольники OO_1A , OO_1B и OO_1C , будем иметь:

$$x_1^2 = x^2 + OO_1^2 - 2x \cdot OO_1 \cdot \cos \alpha_1$$

$$y_1^2 = y^2 + OO_1^2 - 2y \cdot OO_1 \cdot \cos \beta_1$$

$$z_1^2 = z^2 + OO_1^2 - 2z \cdot OO_1 \cdot \cos \gamma_1$$

или после подстановки значения OO_1 из (b):

$$x_1^2 = x^2 + x^2 \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \varphi} - 2x^2 \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi} \cdot \cos \alpha_1$$

$$y_1^2 = y^2 + y^2 \frac{\cos^2 \beta}{\cos^2 \varphi} - 2y^2 \frac{\cos \beta}{\cos \varphi} \cdot \cos \beta_1$$

$$z_1^2 = z^2 + z^2 \frac{\cos^2 \gamma}{\cos^2 \varphi} - 2z^2 \frac{\cos \gamma}{\cos \varphi} \cdot \cos \gamma_1$$

Разделив полученные уравнения соответственно на x^2 , y^2 и z^2 , после простых преобразований получим следующие общие формулы, выражающие масштабы искажений по координатным осям:

$$\left. \begin{aligned} m_x^2 &= \frac{1}{\cos^2 \varphi} [\cos^2 \varphi + \cos^2 \alpha - 2 \cos \varphi \cos \alpha \cos \alpha_1] \\ m_y^2 &= \frac{1}{\cos^2 \varphi} [\cos^2 \varphi + \cos^2 \beta - 2 \cos \varphi \cos \beta \cos \beta_1] \\ m_z^2 &= \frac{1}{\cos^2 \varphi} [\cos^2 \varphi + \cos^2 \gamma - 2 \cos \varphi \cos \gamma \cos \gamma_1] \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Обозначая через ω_x , ω_y и ω_z углы, противолежащие координатным осям X_1 , Y_1 и Z_1 на проекции, и разрешая косоугольные треугольники AO_1B , BO_1C и CO_1A , в которых стороны AB , BC и CA равны соответственно $\sqrt{x^2 + y^2}$, $\sqrt{y^2 + z^2}$ и $\sqrt{z^2 + x^2}$, после несложных преобразова-

ний получим следующие общие формулы, определяющие углы между осями координат на проекции:

$$\left. \begin{aligned} \cos \omega_x &= \frac{(m_y^2 - 1) \cos^2 \gamma + (m_z^2 - 1) \cos^2 \beta}{2 m_y m_z \cos \beta \cos \gamma} \\ \cos \omega_y &= \frac{(m_x^2 - 1) \cos^2 \gamma + (m_z^2 - 1) \cos^2 \alpha}{2 m_x m_z \cos \alpha \cos \gamma} \\ \cos \omega_z &= \frac{(m_x^2 - 1) \cos^2 \beta + (m_y^2 - 1) \cos^2 \alpha}{2 m_x m_y \cos \alpha \cos \beta} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Приведенные выше формулы масштабов искажения по координатным осям (1) и общие формулы для определения углов между координатными осями на проекции (2) вполне разрешают вопрос построения в параллельных проекциях любых изображений.

Как не трудно видеть из приведенных формул, для данного направления параллельного проектирования можно получить бесчисленное множество изображений, форма которых будет зависеть от относительного положения координатных осей с плоскостью проекций; и обратно, для данного положения координатных осей и плоскости проекций можно получить также бесчисленное множество изображений, форма которых будет зависеть от выбора направления проектирования.

Приведенные соображения о количестве различных возможных изображений при параллельном проектировании на плоскость заставляют полагать, что из бесчисленного множества изображений можно выбрать и такие, которые бы удовлетворяли поставленным выше требованиям достаточной удобоизмеримости при соответствующей наглядности изображения и простоте его построения.

Для того, чтобы было возможно легче разобраться во всем бесчисленно большом количестве изображений, получающихся при параллельном проектировании на плоскость, при установлении должного, для данного проектируемого объекта, вида изображения, естественно возникает вопрос об изучении свойств этих изображений и приведении их в известную систему, т. е. вопрос проведения соответствующего анализа в целях установления классификации получающихся при параллельном проектировании на плоскость изображений.

Подразделение проекций по способу построения

По способу построения, как известно, все параллельные проекции на плоскость можно подразделить на три класса:

1. Класс триметрических проекций.
2. Класс диметрических проекций.
3. Класс изометрических проекций.

К первому классу относятся такие проекции, у которых по всем трем координатным осям масштабы разные, т. е. когда

$$m_x \neq m_y \neq m_z.$$

Ко второму—проекции, имеющие по двум осям одинаковые масштабы искажений, но не равные третьему, т. е. когда

$$m_x = m_y \neq m_z$$

или

$$m_x = m_z \neq m_y$$

или

$$m_x \neq m_y = m_z.$$

И, наконец, к третьему классу относятся проекции, имеющие равные масштабы искажений по всем трем координатным осям, т. е. когда

$$m_x = m_y = m_z.$$

В зависимости от того, какой угол φ образует направление параллельного проектирования с перпендикуляром к плоскости проекций, каждый класс можно будет разбить еще на бесчисленное множество родов; например, при $\varphi = 0^\circ$ получается так называемый род ортогональных или прямоугольных проекций, при $\varphi = 45^\circ$ — род полупрямоугольных косоугольных проекций и т. д.

Кроме подразделений на классы и роды, в зависимости от того, какое взаимное положение будут занимать оси координат с плоскостью проекций при данном направлении проектирования, каждый род проекций еще можно будет подразделить на виды; например, взяв какой-либо род проекций, характеризующийся углом φ , и положив $\alpha = 90^\circ$ и $\beta = 90^\circ$, получим проекции простейшего вида и т. д.

Выведенные ранее общие формулы масштабов искажений по координатным осям (1) и общие формулы, определяющие значения углов между осями (2), как формулы, в общем случае дающие различные масштабы искажения по всем трем осям, являются в то же время общими формулами и для класса триметрических проекций.

Класс диметрических проекций, кроме подразделения на роды и виды, можно еще разбить на три большие группы:

1. Группа, когда $m_x = m_y$
2. " " $m_x = m_z$
3. " " $m_y = m_z$

Общие формулы класса диметрических проекций, помня, что

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$$

и

$$\cos \alpha \cos \alpha_1 + \cos \beta \cos \beta_1 + \cos \gamma \cos \gamma_1 = \cos \varphi,$$

мы определим совместным решением двух каких-либо уравнений (1), найдя значения масштабов искажений через углы φ , β и γ_1 , φ , β и β_1 и φ , α и α_1 для всех трех групп класса.

И, наконец, для получения общих формул класса изометрических проекций, совместным решением всех трех уравнений (1) выражаем масштабы искажения по координатным осям через угол φ .

Общие формулы, характеризующие классы, группы, два основных рода (прямоугольный при $\varphi = 0^\circ$ и полупрямоугольный при $\varphi = 45^\circ$) и простейший вид проекций, соединенные в одну сводную таблицу, приводятся ниже.

КЛАССИФИКАЦИЯ

Проекция, получающихся при параллельном методе проектирования на плоскость

К л а с с	Р о д	В и д	Масштабы искажений по координатным осям
1. Триметрический (общие формулы) $m_x \neq m_y \neq m_z$ $m_x^2 + m_y^2 + m_z^2 = \operatorname{tg}^2 \varphi + 2$			$m_x^2 = \frac{1}{\cos^2 \varphi} [\cos^2 \varphi + \cos^2 \alpha - 2 \cos \varphi \cos \alpha \cos \alpha_1]$ $m_y^2 = \frac{1}{\cos^2 \varphi} [\cos^2 \varphi + \cos^2 \beta - 2 \cos \varphi \cos \beta \cos \beta_1]$ $m_z^2 = \frac{1}{\cos^2 \varphi} [\cos^2 \varphi + \cos^2 \gamma - 2 \cos \varphi \cos \gamma \cos \gamma_1]$
	Прямоугольный $\varphi = 0$; $\alpha = \alpha_1$; $\beta = \beta_1$; $\gamma = \gamma_1$. (общие формулы)	$\cos \varepsilon_x = -\operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \gamma$ $\cos \varepsilon_y = -\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \gamma$ $\cos \varepsilon_z = -\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta$	$m_x = \sin \alpha$ $m_y = \sin \beta$ $m_z = \sin \gamma$
		Простейший $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 0^\circ$. (переходит в диметрический класс первой группы)	$m_x = 1$ $m_y = 1$ $m_z = 0$
	Полупрямоугольный $\varphi = 45^\circ$ (общие формулы)		$m_x^2 = 1 + 2 \cos^2 \alpha - 2 \sqrt{2} \cos \alpha \cos \alpha_1$ $m_y^2 = 1 + 2 \cos^2 \beta - 2 \sqrt{2} \cos \beta \cos \beta_1$ $m_z^2 = 1 + 2 \cos^2 \gamma - 2 \sqrt{2} \cos \gamma \cos \gamma_1$
		Простейший (переходит в изометриче- ский класс)	$m_x = 1$ $m_y = 1$ $m_z = 1$

К л а с с	Р о д	В и д	Масштабы искажений по координатным осям
II. Первая группа диметрического класса $m_x = m_y \neq m_z$ $m_x^2 + m_y^2 + m_z^2 = \operatorname{tg}^2 \varphi + 2$ (общие формулы)			$m_x^2 = \frac{1}{2 \cos^2 \varphi} [\sin^2 \gamma + 2 \cos \varphi \cos \gamma \cos \gamma_1]$ $m_y^2 = \frac{1}{2 \cos^2 \varphi} [\sin^2 \gamma + 2 \cos \varphi \cos \gamma \cos \gamma_1]$ $m_z^2 = \frac{1}{\cos^2 \varphi} [\cos^2 \varphi + \cos^2 \gamma - 2 \cos \varphi \cos \gamma \cos \gamma_1]$
	Прямоугольный. (общие формулы)		$m_x^2 = \frac{1}{2} (1 + \cos^2 \gamma)$ $m_y^2 = \frac{1}{2} (1 + \cos^2 \gamma)$ $m_z^2 = \sin^2 \gamma$
		Простейший	$m_x = 1$ $m_y = 1$ $m_z = 0$
	Полупрямоугольный (общие формулы)	•	$m_x^2 = \sin^2 \gamma + \sqrt{2} \cdot \cos \gamma \cdot \cos \gamma_1$ $m_y^2 = \sin^2 \gamma + \sqrt{2} \cdot \cos \gamma \cos \gamma_1$ $m_z^2 = 1 + 2 \cos^2 \gamma - 2 \sqrt{2} \cdot \cos \gamma \cos \gamma_1$
	Простейший (переходит в изометриче- ский класс)	$m_x = 1$ $m_y = 1$ $m_z = 1$	

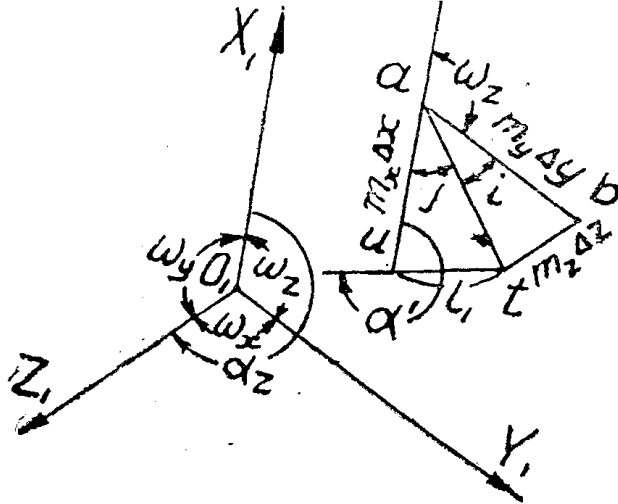
К л а с с	Р о д	В и д	Масштабы искажений по координатным осям
III. Вторая группа диметрического класса (общие формулы) $m_x = m_z \neq m_y$			$m_x^2 = \frac{1}{2 \cos^2 \varphi} [\sin^2 \beta + 2 \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \beta_1]$ $m_y^2 = \frac{1}{\cos^2 \varphi} [\cos^2 \varphi + \cos^2 \beta - 2 \cos \varphi \cos \beta \cos \beta_1]$ $m_z^2 = \frac{1}{2 \cos^2 \varphi} [\sin^2 \beta + 2 \cos \varphi \cos \beta \cos \beta_1]$
	Прямоугольный (общие формулы)		$m_x^2 = \frac{1}{2} (1 + \cos^2 \beta)$ $m_y^2 = \sin^2 \beta$ $m_z^2 = \frac{1}{2} (1 + \cos^2 \beta)$
		Простейший	$m_x^2 = \frac{1}{2}$ $m_y^2 = 1$ $m_z^2 = \frac{1}{2}$
	Полупрямоугольный (общие формулы)		$m_x^2 = \sin^2 \beta + \sqrt{2} \cdot \cos \beta \cdot \cos \beta_1$ $m_y^2 = 1 + 2 \cos^2 \beta - 2\sqrt{2} \cdot \cos \beta \cdot \cos \beta_1$ $m_z^2 = \sin^2 \beta + \sqrt{2} \cdot \cos \beta \cdot \cos \beta_1$
		Простейший (переходит в изометриче- ский класс)	$m_x^2 = 1$ $m_y^2 = 1$ $m_z^2 = 1$

К л а с с	Р о д	В и д	Масштабы искажений по координатным осям
IV. Третья группа диметрического класса (общие формулы) $m_x \neq m_y = m_z$			$m_x^2 = \frac{1}{\cos^2 \varphi} [\cos^2 \varphi + \cos^2 \alpha - 2 \cos \varphi \cos \alpha \cos \alpha_1]$ $m_y^2 = \frac{1}{2 \cos^2 \varphi} [\sin^2 \alpha + 2 \cos \varphi \cos \alpha \cos \alpha_1]$ $m_z^2 = \frac{1}{2 \cos^2 \varphi} [\sin^2 \alpha + 2 \cos \varphi \cos \alpha \cos \alpha_1]$
	Прямоугольный (общие формулы)		$m_x^2 = \sin^2 \alpha$ $m_y^2 = \frac{1}{2} (1 + \cos^2 \alpha)$ $m_z^2 = \frac{1}{2} (1 + \cos^2 \alpha)$
		Простейший	$m_x^2 = 1$ $m_y^2 = \frac{1}{2}$ $m_z^2 = \frac{1}{2}$
	Полупрямоугольный (общие формулы)		$m_x^2 = 1 + 2 \cos^2 \alpha - 2 \sqrt{2} \cdot \cos \alpha \cos \alpha_1$ $m_y^2 = \sin^2 \alpha + \sqrt{2} \cdot \cos \alpha \cos \alpha_1$ $m_z^2 = \sin^2 \alpha + \sqrt{2} \cdot \cos \alpha \cos \alpha_1$
		Простейший	$m_x^2 = 1$ $m_y^2 = 1$ $m_z^2 = 1$

К л а с с	Р о д	В и д	Масштабы искажений по координатным осям
V. Изометрический (общие формулы) $m_x = m_y = m_z$			$m_x^2 = \frac{1}{3} (2 + \operatorname{tg}^2 \varphi)$ $m_y^2 = \frac{1}{3} (2 + \operatorname{tg}^2 \varphi)$ $m_z^2 = \frac{1}{3} (2 + \operatorname{tg}^2 \varphi)$
	Прямоугольный (общие формулы)		$m_x^2 = \frac{2}{3}$ $m_y^2 = \frac{2}{3}$ $m_z^2 = \frac{2}{3}$
		Простейший	—
	Полупрямоугольный (общие формулы)		$m_x^2 = 1$ $m_y^2 = 1$ $m_z^2 = 1$
Простейший		$m_x^2 = 1$ $m_y^2 = 1$ $m_z^2 = 1$	

Искажение азимута направления

Для определения аксонометрической проекции α' азимута α некоторого направления UT представим себе аксонометрические оси перенесенными в точку U (фиг. 2). Построив по приращениям координат Δx , Δy и Δz (с учетом масштабов искажений по координатным осям) проекцию t точки T и соединив ее прямою ta с точкою a , из треугольника atu находим:



Фиг. 2

$$\frac{at}{\sin \alpha'} = \frac{m_x \cdot \Delta x}{\sin(\alpha' + j)}$$

откуда после несложных преобразований получаем для азимута направления на проекции следующее выражение:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{at \cdot \sin j}{m_x \cdot \Delta x - at \cdot \cos j} \quad (c)$$

Не трудно видеть (см. фиг. 2), что

$$j = 180^\circ - \omega_z - i,$$

где угол i может быть определен после решения косоугольного треугольника abt в виде

$$\sin i = \frac{m_z \cdot \Delta z}{at} \sin \omega_x.$$

Пользуясь полученным значением $\sin i$, для $\sin j$ и $\cos j$ найдем после соответствующих преобразований следующие выражения:

$$\sin j = \frac{1}{at} [m_y \cdot \Delta y \cdot \sin \omega_z + m_z \cdot \Delta z \sin \alpha_z]$$

$$\cos j = -\frac{1}{at} [m_y \cdot \Delta y \cos \omega_z + m_z \cdot \Delta z \cos \alpha_z],$$

где $\alpha_z = \omega_z + \omega_x$.

Вставив значения $\sin j$ и $\cos j$ в формулу (c), для $\operatorname{tg} \alpha'$ получим:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{m_y \cdot \Delta y \sin \omega_z + m_z \cdot \Delta z \sin \alpha_z}{m_x \cdot \Delta x + m_y \cdot \Delta y \cos \omega_z + m_z \cdot \Delta z \cos \alpha_z}$$

и наконец, после деления числителя и знаменателя на Δx и помня,

что $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \operatorname{tg} \alpha$ и $\frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \alpha}$, где α — простираение, а δ — падение

прямой UT , можем написать окончательное выражение для $\operatorname{tg} \alpha'$ в виде:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{m_y \sin \omega_z \sin \alpha + m_z \sin \alpha_z \operatorname{tg} \delta}{m_x \cos \alpha + m_y \cos \omega_z \sin \alpha + m_z \cos \alpha_z \operatorname{tg} \delta} \quad (3)$$

По полученной формуле (3), для любого вида параллельного проектирования, не трудно будет вычислить по известным простираению и падению прямой в пространстве простираение ее изображения на проекции.

Вставив значение $\operatorname{tg} \alpha'$ из уравнения (3) в известную формулу

$$\operatorname{tg}(\alpha - \alpha') = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha'}{1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \alpha'},$$

получим следующее выражение для величины искажения азимутов:

$$\operatorname{tg}(\alpha - \alpha') = \frac{m_x \sin \alpha \cos \alpha + m_y \sin \alpha \sin(\alpha - \omega_z) + m_z \operatorname{tg} \delta \sin(\alpha - \alpha_z)}{m_x \cos^2 \alpha + m_y \sin \alpha \cos(\alpha - \omega_z) + m_z \operatorname{tg} \delta \cos(\alpha - \alpha_z)} \quad (4)$$

Найденное выражение (4) для величины искажения азимутов на проекции является общим для всех видов проекций параллельного проектирования на плоскость. Для получения значения искажения азимутов, отвечающего данному виду проектирования, достаточно поставить в формулу (4) соответствующие значения масштабов искажений и угла ω_z ; так, например, для первой группы диметрических проекций простейшего вида (при $m_x = m_y = 1$ и $\omega_z = 90^\circ$) находим:

$$\operatorname{tg}(\alpha - \alpha') = \frac{m_z \sin(\alpha - \alpha_z)}{\operatorname{ctg} \delta + m_z \cos(\alpha - \alpha_z)}, \quad (5)$$

а для проекций простейшего вида полупрямоугольного рода изометрического класса:

$$\operatorname{tg}(\alpha - \alpha') = \frac{\sin(\alpha - \alpha_z)}{\operatorname{ctg} \delta + \cos(\alpha - \alpha_z)}, \quad (6)$$

Масштаб искажения длины прямой произвольного направления

Назовем длину проектируемой линии UT через l , длину ее изображения через l_1 и обозначим через m частный масштаб искажения длины. Связь названных трех величин обыкновенно выражается формулой:

$$m = \frac{l_1}{l}.$$

Из треугольника atu (фиг. 2) имеем:

$$l_1^2 = m^2 \Delta x^2 + at^2 - 2m_x \Delta x \cdot at \cos j$$

или после подстановки выведенного ранее значения для $\cos j$:

$$l_1^2 = m^2 \Delta x^2 + at^2 + 2m_x m_y \Delta x \Delta y \cos \omega_z + 2m_x m_z \Delta x \Delta z \cos \alpha_z.$$

Вставив еще значение at^2 , которое может быть получено из решения треугольника abt в виде

$$at^2 = m_y^2 \Delta y^2 + m_z^2 \Delta z^2 + 2m_y m_z \Delta y \Delta z \cos(\alpha_z - \omega_z),$$

получим

$$l_1^2 = m^2 \Delta x^2 + m^2 \Delta y^2 + m^2 \Delta z^2 + 2m_x m_y \Delta x \Delta y \cos \omega_z + 2m_x m_z \Delta x \Delta z \cos \alpha_z + 2m_y m_z \Delta y \Delta z \cos(\alpha_z - \omega_z)$$

и наконец, разделив обе части на l^2 и помня, что

$$l^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2, \quad \frac{\Delta y}{\Delta x} = \operatorname{tg} \alpha, \quad \frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos \alpha},$$

получим для частного масштаба искажения длины при параллельном методе проектирования на плоскость, после некоторых преобразований, такое выражение:

$$m^2 = [m_x^2 \cos^2 \alpha + m_y^2 \sin^2 \alpha] \cos^2 \delta + m_z^2 \sin^2 \delta + m_x m_y \sin 2\alpha \cos^2 \delta \cos \omega_z + m_z [m_y \sin \alpha \cos(\alpha_z - \omega_z) + m_x \cos \alpha \cos \alpha_z] \sin 2\delta \quad (7)$$

Полученная для частного масштаба искажения длин формула (7) так же, как и формулы (3) и (4), является общей для всех классов параллельного проектирования. После подстановки соответствующих значений для m_x , m_y , m_z и ω_z , для первой группы диметрических проекций простейшего вида находим:

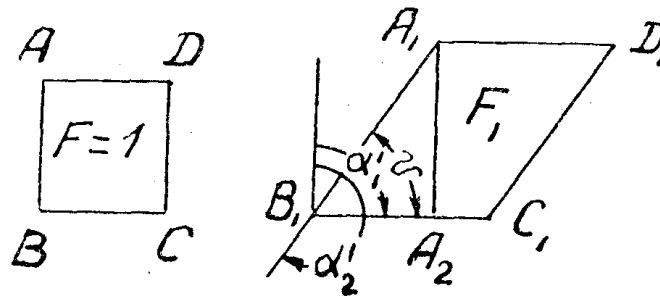
$$m^2 = \cos^2 \delta + m_z^2 \sin^2 \delta + m_z \cos(\alpha - \alpha_z) \sin 2\delta, \quad (8)$$

а для простейшего вида полупрямоугольного рода изометрического класса

$$m^2 = 1 + \cos(\alpha - \alpha_z) \sin 2\delta. \quad (9)$$

Масштаб искажения площадей

Представим себе некоторую плоскость, имеющую элементами залегания α_p и падение δ_p . Выделим из этой плоскости квадратную площадку $ABCD$, стороны которой пусть будут равняться единице, а следовательно, и площадь ее будет также равна единице. Допустим, что стороны AD и BC взятого квадрата будут направлены по простиранию плоскости, а стороны AB и DC — по падению ее. Так как при параллельном проектировании параллельные прямые изображаются параллельными



Фиг. 3

же прямыми, то, следовательно, изображение $A_1B_1C_1D_1$ взятого квадрата $ABCD$ в общем случае будет представлять параллелограмм, площадь которого F_1 может быть представлена в виде (фиг. 3)

$$F_1 = \overline{B_1C_1} \times \overline{A_1B_1} \sin v,$$

где

$$v = 180^\circ - (\alpha_2' - \alpha_1'),$$

α_2' — простирание прямой AB на проекции,

α_1' — ” ” ” ” ” ” BC ” ” ” ” ” ”

$\overline{A_1B_1}$ и $\overline{B_1C_1}$ — длины сторон параллелограмма.

Назвав через m_2 масштаб искажения длины для прямой AB и через m_1 масштаб искажения длины для прямой BC и помня, что $AB = BC = 1$, найдем для сторон параллелограмма значения:

$$\overline{A_1B_1} = m_2 \text{ и } \overline{B_1C_1} = m_1.$$

Вставив найденные значения для сторон параллелограмма и угла ψ в формулу для площади параллелограмма, будем иметь:

$$F_1 = m_1 m_2 \sin(\alpha_2' - \alpha_1'). \quad (d)$$

Пользуясь приведенными выше формулами для тангенса азимута на проекции (3) и частного масштаба искажения длин (7), для направлений AB и BC , имеющих элементы залегания соответственно $\alpha = \alpha_p + 90^\circ$, $\delta = \delta_p$ и $\alpha = \alpha_p$, $\delta = 0^\circ$, получим следующий аппарат формул:

$$m_1^2 = m_x^2 \cos^2 \alpha_p + m_y^2 \sin^2 \alpha_p + 2m_x m_y \cos \omega_z \sin \alpha_p \cos \alpha_p,$$

$$m_2^2 = m_x^2 \sin^2 \alpha_p \cos^2 \delta_p + m_y^2 \cos^2 \alpha_p \cos^2 \delta_p + m_z^2 \sin^2 \delta_p - 2m_x m_y \cos \omega_z \sin \alpha_p \cos \alpha_p \cos^2 \delta_p -$$

$$- 2m_x m_z \cos \alpha_z \sin \alpha_p \sin \delta_p \cos \delta_p + 2m_y m_z \cos(\alpha_z - \omega_z) \cos \alpha_p \sin \delta_p \cos \delta_p,$$

$$\cos \alpha_2' = \frac{-m_x \sin \alpha_p \cos \delta_p + m_y \cos \omega_z \cos \alpha_p \cos \delta_p + m_z \cos \alpha_z \sin \delta_p}{m_2},$$

$$\sin \alpha_2' = \frac{m_y \sin \omega_z \cos \alpha_p \cos \delta_p + m_z \sin \alpha_z \sin \delta_p}{m_2},$$

$$\cos \alpha_1' = \frac{m_x \cos \alpha_p + m_y \cos \omega_z \sin \alpha_p}{m_1}$$

и

$$\sin \alpha_1' = \frac{m_y \sin \omega_z \sin \alpha_p}{m_1},$$

пользуясь которым найдем значение $\sin(\alpha_2' - \alpha_1')$ в виде:

$$\sin(\alpha_2' - \alpha_1') = \frac{1}{m_1 m_2} [m_x m_y \sin \omega_z \cos \delta_p + m_x m_z \sin \alpha_z \cos \alpha_p \sin \delta_p +$$

$$+ m_y m_z \sin(\alpha_z - \omega_z) \sin \alpha_p \sin \delta_p].$$

Вставив полученное значение $\sin(\alpha_2' - \alpha_1')$ в формулу (d), для площади параллелограмма получаем окончательно выражение:

$$F_1 = m_x m_y \sin \omega_z \cos \delta_p + m_x m_z \sin \alpha_z \cos \alpha_p \sin \delta_p + m_y m_z \sin(\alpha_z - \omega_z) \sin \alpha_p \sin \delta_p.$$

И наконец, назвав масштабом искажения площадей m_p отношение площади изображения квадрата F_1 к действительной его площади F , т. е.

$$m_p = \frac{F_1}{F}$$

и помня, что, по условию, $F = 1$, получаем для масштаба искажения площадей в общем виде выражение:

$$m_p = m_x m_y \sin \omega_z \cos \delta_p + m_x m_z \sin \alpha_z \cos \alpha_p \sin \delta_p + m_y m_z \sin(\alpha_z - \omega_z) \sin \alpha_p \sin \delta_p. \quad (10)$$

Подставляя соответствующие значения m_x , m_y , m_z и ω_z , для первой группы диметрических проекций простейшего вида, получим:

$$m_p = \cos \delta_p + m_z \sin(\alpha_z - \alpha_p) \sin \delta_p, \quad (11)$$

а для простейшего вида полупрямоугольного рода изометрического класса

$$m_p = \cos \delta_p + \sin(\alpha_z - \alpha_p) \sin \delta_p. \quad (12)$$

Подразделение проекций плоскости по свойству изображения

По свойству изображения проекции плоскости могут подразделяться на следующие четыре вида:

- 1) равновеликие,
- 2) равноугольные
- 3) равноазимутальные,
- 4) произвольные.

При построении равновеликих проекций, сохраняющих истинную величину площадей отдельных фигур проектируемой плоскости, как известно, необходимо осуществить условие равенства масштаба искажения площадей единице, для чего приравняв единице уравнение (10):

$$m_x m_y \sin \omega_z \cos \delta_p + m_x m_z \sin \alpha_z \cos \alpha_p \sin \delta_p + m_y m_x \sin(\alpha_z - \omega_z) \sin \alpha_p \sin \delta_p = 1, \quad (13)$$

получаем должную для равновеликих проекций плоскости связь между масштабами искажений по координатным осям m_x , m_y , m_z и углами ω_z и α_z .

Назначив произвольно значения четырех неизвестных, входящих в условие (13), решением последнего найдем пятое неизвестное, определяющее равновеликость проекций.

Из числа возможных при параллельном проектировании равноугольных проекций плоскости разберем лишь тот случай, когда плоскость проекции будет параллельна проектируемой плоскости, имеющей элементами залегания простирание α_p и падение δ_p . Очевидно, что в этом случае (см. фиг. 1) значения углов α , β и γ , определяющих положение плоскости проекций в пространстве, будут:

$$\cos \alpha = \sin \alpha_p \sin \delta_p, \quad \cos \beta = \cos \alpha_p \sin \delta_p \quad \text{и} \quad \gamma = \delta_p \quad (e)$$

Вставив найденные значения для α , β и γ в формулы, определяющие значения углов между координатными осями на проекции (2), получим следующие три условия, выражающие связь между факторами, определяющими характер изображения (m_x , m_y , m_z , ω_z и α_z):

$$\left. \begin{aligned} \cos \omega_x = \cos(\alpha_z - \omega_z) &= \frac{(m_y^2 - 1) \cos^2 \delta_p + (m_z^2 - 1) \cos^2 \alpha_p \sin^2 \delta_p}{2 m_y m_z \cos \alpha_p \sin \delta_p \cos \delta_p} \\ \cos \omega_y = \cos \alpha_z &= \frac{(m_x^2 - 1) \cos^2 \delta_p + (m_z^2 - 1) \sin^2 \alpha_p \sin^2 \delta_p}{2 m_x m_z \sin \alpha_p \sin \delta_p \cos \delta_p} \\ \cos \omega_z &= \frac{(m_x^2 - 1) \cos^2 \alpha_p + (m_y^2 - 1) \sin^2 \alpha_p}{2 m_x m_y \sin \alpha_p \cos \alpha_p} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Для проекций, сохраняющих натуральную величину азимутов направлений, связь между величинами m_x , m_y , m_z , ω_z и α_z будет получена из условия равенства нулю выведенного ранее значения для величины искажения азимутов на проекции.

Приравняв к нулю уравнение (4), находим:

$$m_x \sin \alpha \cos \alpha + m_y \sin \alpha \sin(\alpha - \omega_z) + m_z \operatorname{tg} \delta \sin(\alpha - \alpha_z) = 0 \quad (g)$$

Для определения условия равноазимутальности проекций плоскости положим первоначально в уравнении (g) азимут направления равным нулю и получим следующее частное условие равноазимутальности проекций плоскости:

$$-m_z \operatorname{tg} \delta \sin \alpha_z = 0, \quad (h)$$

откуда (так как в общем случае $\operatorname{tg} \delta \sin \alpha_2 \neq 0$) имеем:

$$m_z = 0.$$

Подставив найденное значение m_z в уравнение (g), найдем:

$$m_x \sin \alpha \cos \alpha + m_y \sin \alpha \sin (\alpha - \omega_z) = 0$$

или по сокращении на $\sin \alpha$:

$$m_x \cos \alpha + m_y \sin (\alpha - \omega_z) = 0 \quad (i)$$

Для того, чтобы последнее равенство (i) при всех значениях азимута направления оставалось равным нулю, как не трудно видеть из конструкции самой формулы, необходимо, чтобы $m_x = m_y$ и $\omega_z = 90^\circ$.

Таким образом для построения равноазимутальной проекции необходимы следующие условия:

$$m_x = m_y, \omega_z = 90^\circ \text{ и } m_z = 0; \quad (15)$$

угол α_2 отсутствует, так как $m_z = 0$.

В тех случаях, когда факторы m_x, m_y, m_z, ω_z и α_2 не будут удовлетворять поставленным выше трем условиям, будут иметь место так называемые произвольные проекции.

Выбор проекции при изображении подземных разработок

Наличие бесчисленного множества различных проекций при параллельном методе проектирования дает большой простор и одновременно затрудняет выбор наиболее подходящей проекции для изображения разработок данного пласта.

Наиболее удобными для изображения подземных разработок проекциями (в смысле простоты построения), несомненно, будут такие, у которых по крайней мере два масштаба искажения по координатным осям равнялись бы единице.

Такими проекциями, как не трудно видеть из приведенных формул, будут являться при проектировании на горизонтальную плоскость проекций проекции, не искажающие азимут и длину горизонтальных прямых, т. е. род полупрямоугольных проекций изометрического класса и все роды первой группы диметрических проекций простейшего вида, т. е. такие диметрические проекции первой группы, вид которых определяется углом $= 0^\circ$, и масштабы искажений по координатным осям у которых равны $m_x = 1, m_y = 1$ и $m_z = \operatorname{tg} \varphi$. При проектировании же на вертикальную плоскость проекций (т. е. при построении профилей) лучше всего брать род полупрямоугольных проекций изометрического класса или любой род второй группы диметрических проекций простейшего вида (при $\beta = 90^\circ$),

для которых $m_x^2 = \frac{1}{2}(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)$, $m_y^2 = 1$ и $m_z^2 = \frac{1}{2}(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)$.

Если на площади данного планшета изображаемый пласт залегает свободной, т. е. не имеет грубых скачков в изменении его простирания и падения, то взяв среднее значение на изображаемой части пласта его элементов залегания, лучше всего выбрать равновеликую проекцию простейшего вида прямоугольного рода изометрического класса, как наиболее простую по построению и наиболее удобную в смысле подсчета запасов полезного ископаемого. Необходимый для построения такой проекции аппарат формул может быть легко получен из основных приведенных выше формул, если в последних положить $\varphi = 45^\circ$, $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$ и $\gamma = 0^\circ$.

Исходя из формул (1) для масштабов искажения по координатным осям, будем иметь значения:

$$m_x = 1, m_y = 1 \text{ и } m_z = 1.$$

Согласно формуле (2) для угла ω_z получаем:

$$\omega_z = 90^\circ.$$

Значение угла α_z получаем из приведенного в уравнении (11) условия равновеликости проекций в виде:

$$\sin(\alpha_z - \alpha_p) = \frac{\operatorname{tg} \delta_p}{2}.$$

Искажение азимутов направлений, значение масштаба длин и масштаба площадей для данной проекции определяются выведенными ранее формулами (6), (9) и (12).

Для общих обзоров, при одновременном изображении нескольких пластов и дневной поверхности, наиболее подходящей (в смысле простоты построения) будет равноугольная проекция первой группы диметрического класса простейшего вида, для которой аналогичным предыдущей проекции решением получаем

$$m_x = m_y = 1, \omega_z = 90^\circ,$$

а для величин m_z и α_z , исходя из 1 и 2 уравнений (14), находим:

$$\alpha_z = \alpha_p + 270^\circ$$

$$m_z = \operatorname{ctg} \frac{\delta_p}{2}.$$

Значение искажения азимутов, масштаба длин и площадей определится формулами (5), (8) и (11).

Более подробно вопрос построения наиболее наглядного изображения разработок данного пласта, очевидно, можно будет разрешить лишь только практически, так как наглядность данных изображений будет зависеть не только от элементов залегания пластов, но и от мощности пласта, а также и от принятой системы разработок полезного ископаемого.

Приемы построения изображения t пространственной точки T в простейшем виде проекций диметрического и изометрического классов

Так как для построения аксонометрического изображения подземных выработок чаще всего может встретиться надобность в получении изображения на горизонтальной плоскости, мы в дальнейшем будем принимать за плоскость проекций эту последнюю. Оси $O_1 X_1$ и $O_1 Y_1$ на плоскости бумаги будут при этом располагаться одна относительно другой под прямым углом (для простейшего вида $\omega_z = 90^\circ$, $m_x = m_y = 1$), ось же $O_1 Z_1$ может располагаться произвольно.

Расположим оси $O_1 X_1$ и $O_1 Y_1$ так, как это принято при построении обыкновенных планов, т. е. направим ось $O_1 X_1$ вверх листа бумаги (на север), а ось $O_1 Y_1$ перпендикулярно к оси $O_1 X_1$ вправо (на восток), ось же $O_1 Z_1$ проводим таким образом, чтобы она при точке O_1 с осью $O_1 X_1$ составляла некоторый угол α_z , отсчитываемый по ходу часовой стрелки и определяемый из условий залегания изображаемого месторождения.

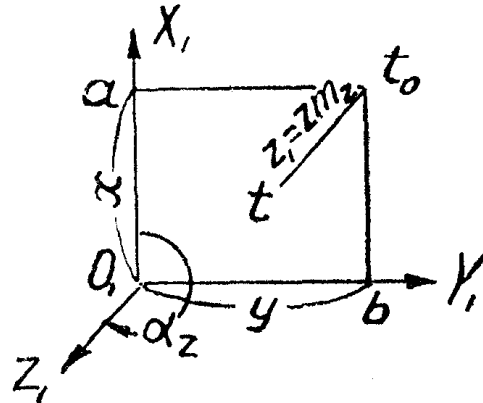
При построении аксонометрического изображения точки положение её может быть задано тремя способами:

1. Тремя координатами x , y и z .

2. Азимутом направления α на точку T из некоторой второй точки U , для которой аксонометрическое изображение u уже имеется, расстоянием l между точками U и T и углом наклона к горизонту δ для линии UT .

3. Горизонтальным углом ω , измеренным при точке U между направлениями на точки T и V (точки U и V полагаются уже нанесенными на проекции), расстоянием l между точками U и T и углом наклона к горизонту δ для линии UT .

Для построения изображения t точки T при первом способе задания (см. фиг. 4) откладываем от точки O_1 по оси $O_1 X_1$ отрезок $O_1 a = x$, а по оси $O_1 Y_1$ — отрезок $O_1 b = y$; восстановив из точек a и b перпендикуляры к осям $O_1 X_1$ и $O_1 Y_1$, на пересечении их находим некоторую точку t_0 (точка t_0 является ортогональной проекцией точки T на горизонтальную плоскость), из которой проводим прямую, параллельную оси $O_1 Z_1$, и откладываем на последней от точки t_0 отрезок $t_0 t = z_1 = m_z \cdot z$. Полученная таким построением точка t и будет являться аксонометрическим изображением пространственной точки T .



Фиг. 4

В тех случаях, когда отрезки x , y и z значительны по величине и на плоскости бумаги уже имеются аксонометрические изображения некоторых точек, координаты которых также известны, надлежит определить от ближайшей данной точки до точки T приращения по координатам, вообразить в данной точке начало аксонометрических координат и проделать только что описанные построения

с тем отличием, что на воображаемых осях придется откладывать не координаты точки T , а приращения их от данной точки.

Построение изображения точки при первом способе ее задания еще более упростится, если вместо проведенных на бумаге аксонометрических осей построить координатную решетку по примеру координатной сетки при построении обыкновенных планов, т. е. провести на бумаге на равном расстоянии друг от друга линии, параллельные аксонометрическим осям, с пометками расстояния от начала координат.

В тех случаях, когда точка T задана вторым или третьим способами, можно будет представить себе два случая ее расположения:

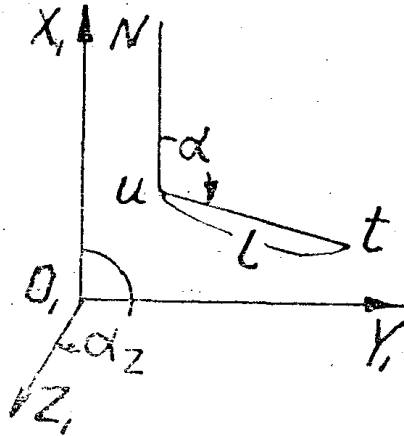
1. Прямые UT и UV горизонтальные (например, в штраке).

2. Прямые UT и UV составляют с плоскостью горизонта некоторый угол δ .

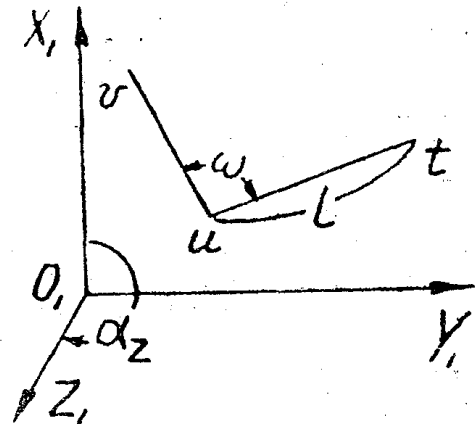
В первом случае при втором способе задания (фиг. 5) надлежит через точку u провести прямую uN параллельно оси $O_1 X_1$, построить при точке u прямую ut под данным азимутом α и отложить на этой прямой отрезок $ut = l$; при третьем способе задания (фиг. 6) — при данной точке u построить прямую ut длиной равную l и образующую с данной прямой uN угол ω .

Если же прямая UT будет наклонена под углом δ к горизонтальной плоскости, то вместо угла α и длины l , проектировавшихся при горизонтальном положении UT без искажения, придется строить некоторые угол α' и длину $l_1 = ml$, определяемые формулами (5), (6), (8) и (9), или провести через данную точку u (фиг. 7) прямую $ut_0 = l_0$, составляющую

с осью $O_1 X_1$ данный азимут α , из полученной таким построением точки t_0 прочертить направление, параллельное оси $O_1 Z_1$, на котором от точки t_0 отложить расстояние $t_0 t = \Delta z_1 = m_2 \Delta z$; точка t и будет искомым изображением точки T .



Фиг. 5



Фиг. 6

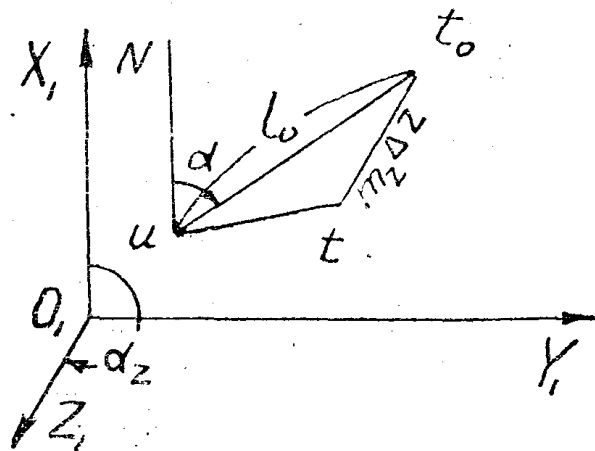
Необходимые для построения точки t величины l_0 и Δz являются горизонтальным проложением прямой UT и превышением точки T над точкою U и определяются известными формулами:

$$l_0 = l \cos \delta$$

и

$$\Delta z = l \sin \delta$$

Для нанесения изображения не ответственных точек величины α' и l_1 лучше всего определять графически, для чего надлежит, пользуясь приведенными формулами, построить предварительно соответствующие графики искажения длин и азимутов или воспользоваться графиком, дающим обе величины (α' и l_1) одновременно, построение которого, основанное на



Фиг. 7

принципах параллельного проектирования, надлежит производить, исходя из следующих соображений.

Взяв полусферу радиуса $R=1$ в произвольном масштабе, рассечем ее рядом горизонтальных плоскостей, отстоящих от горизонтальной плоскости, проведенной через центр сферы на расстояниях, равных $R \sin \delta$ (фиг. 8 и 9). В результате такого сечения на поверхности полусферы получатся параллельные окружности радиусов, равных $\rho = R \cos \delta$. Соединив прямыми все точки полученных окружностей с центром сферы, получим ряд конусов с общей вершиною в центре сферы, образующие которых будут наклонены к горизонту под углами, равными выбранному углом δ .

Спроектировав параллельными лучами, составляющими с перпендикуляром к плоскости проекций угол φ , все полученные конусы на горизонтальную плоскость, проходящую через центр сферы, получим на плоскости

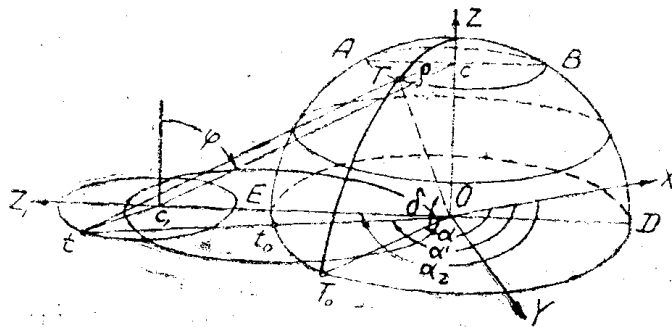
бумаги ряд эксцентрических окружностей с радиусами $\rho = R \cos \delta$, центры которых будут располагаться на одной прямой, исходящей из проекции центра сферы (вершины конусов) и отстоящей от нее на расстояниях Oc_1 , определяемых из прямоугольных треугольников OTC и OCc_1 (фиг. 8) формулой:

$$Oc_1 = R \sin \delta \operatorname{tg} \varphi.$$

Так как $R = 1 \operatorname{tg} \varphi$ для проекций простейшего вида равен m_z , выражение для Oc_1 можно переписать в виде:

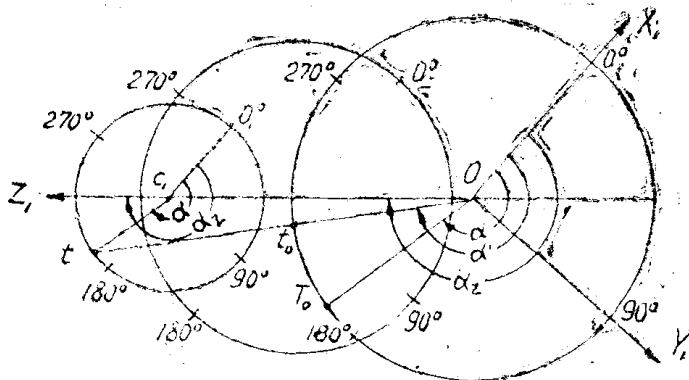
$$Oc_1 = m_z \sin \delta.$$

Полученные эксцентрические окружности будут, очевидно, являться аксонометрическими изображениями оснований конусов, а изображением вершин конусов явится центр сферы. По построенному таким образом



Фиг. 8

графику (фиг. 9) можно будет сразу определить и масштаб искажения длины и азимут направления на проекции, если представить себе еще все окружности оснований конусов и их изображения проградуйрованными на 360° таким образом, чтобы пометки, отвечающие одному и тому же чис-



Фиг. 9

лу градусов, лежали бы на окружностях оснований конусов в одной вертикальной плоскости (на проекции прямые, соединяющие центры различных окружностей с одинаковыми пометками азимутов, между собой параллельны).

В самом деле, под любой образующей OT некоторого конуса $OABT$ можно будет подразумевать прямую, наклоненную к горизонту под углом δ и имеющую азимут простираения равный α ; на проекции данная прямая изобразится прямою Ot , где O —центр сферы, а точка t есть точка изображения окружности основания конуса, отстоящая от начала счета O_1 на угловом расстоянии, равном α . Длина прямой Ot будет выражать собой

масштаб длин для направлений, определяемых азимутом α и падением δ , а точка пересечения t_0 этой прямой с основной окружностью DE отметит на последней азимут (α') на проекции для взятого направления. В этом не трудно убедиться, если вспомнить значение частного масштаба длин и азимутов направлений.

Для масштаба искажения длин в простейшем виде проекции диметрического класса мы имеем (уравнение 8):

$$m^2 = \cos^2 \delta + m_z^2 \sin^2 \delta + m_z \cos(\alpha - \alpha_z) \sin 2\delta; \quad (k)$$

разрешая косоугольный треугольник Oc_1t относительно стороны Ot , находим:

$$Ot^2 = tc_1^2 + Oc_1^2 + 2tc_1 \cdot Oc_1 \cdot \cos(\alpha - \alpha_z);$$

но согласно выведенному выше, $tc_1 = \cos \delta$ и $Oc_1 = m_z \sin \delta$, следовательно

$$Ot^2 = \cos^2 \delta + m_z^2 \sin^2 \delta + m_z \cos(\alpha - \alpha_z) \sin 2\delta; \quad (l)$$

сравнивая равенства (k) и (l), находим:

$$Ot = m.$$

Положив в уравнении (3) для $\text{tg} - ca$ азимута на проекции $m_x = m_y = 1$ и $\omega_z = 90^\circ$, для диметрических проекций простейшего вида будем иметь:

$$\text{tg } \alpha' = \frac{\sin \alpha + m_z \sin \alpha_z \text{tg } \delta}{\cos \alpha + m_z \cos \alpha_z \text{tg } \delta}. \quad (m)$$

Разрешая тот же треугольник относительно угла c_1Ot , получаем:

$$\frac{tc_1}{\sin \angle c_1Ot} = \frac{Oc_1}{\sin [\angle Oc_1t + \angle c_1Ot]}.$$

или, так как $tc_1 = \cos \delta$, $Oc_1 = m_z \sin \delta$, $\angle Oc_1t = 180^\circ - (\alpha_z - \alpha)$ и $\angle c_1Ot = \alpha_z - \angle X_1Ot_0$:

$$\frac{\cos \delta}{\sin(\alpha_z - \angle X_1Ot_0)} = \frac{m_z \sin \delta}{\sin(\angle X_1Ot_0 - \alpha)},$$

откуда

$$\text{tg } \angle X_1Ot_0 = \frac{\sin \alpha + m_z \sin \alpha_z \text{tg } \delta}{\cos \alpha + m_z \cos \alpha_z \text{tg } \delta}; \quad (n)$$

сравнивая равенства (m) и (n), находим:

$$\angle X_1Ot_0 = \alpha'.$$

Итак, для определения масштаба искажения длины m и азимута направления на проекции α' , подыскиваем на графике окружность, отвечающую углу наклона δ ; на найденной окружности отыскиваем точку t , отстоящую от начала счета O_1 на угловом расстоянии равном α ; точку t соединяем с точкою O прямой $tO = m$; измеряем длину прямой $tO = m$; определяем точку пересечения t_0 этой прямой с основной окружностью и, наконец, определяем положение точки t_0 на основной окружности, т. е. находим азимут направления на проекции α' .

Заключение

Сравнивая принятый для построения планов метод ортогонального проектирования на горизонтальную плоскость проекции (по приведенной классификации проекция эта относится к первой группе диметрического класса прямоугольного рода простейшего вида) и метод косоугольного параллельного проектирования диметрического и изометрического классов, можно отметить, что достоинством первого метода является неизменяемость азимутов направлений. В то же время этот метод, дающий видимыми лишь только два измерения, имеет большой недостаток—малую наглядность изображения, во-первых, и невозможность изображать на плоскости бу-маги формы, расположенные одна над другой в горизонтальных плоскостях, во-вторых. В противоположность этому приведенный выше второй метод, обладая такими недостатками, как искажение азимутов направлений и значительное колебание частных масштабов, имеет преимущество—сохранять хорошую наглядность изображенных форм.

Если еще принять во внимание, что применение числовых отметок в простейшем виде проекций диметрического и изометрического классов (предложенного мною в работе „Начала метода числовых отметок в простейшем виде параллельных проекций диметрического и изометрического классов“) позволяет довольно легко решать все задачи, связанные с определением натуральной величины искаженных форм и задачи на проектирование, то можно надеяться, что этому методу будет отведено соответствующее место в решении различного рода задач и главным образом в горной промышленности при изображении и проектировании подземных разработок полезного ископаемого в крутопадающих и мощных пластах.
