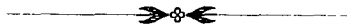


П. Леонтовскій,

Горный Инженеръ.

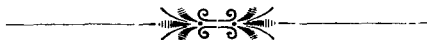


Маркшейдерскія задачи.

ЧАСТЬ 5-я.

Элементы залеганія пластовъ.

(Горная геометрія).



„Vorbedingung für die Gewinnung eines jeden nutzbaren Minerals ist die Erforschung des räumlichen Verhaltens und der Lage, welche sein Vorkommen der übrigen Erdmasse gegenüber einnimmt“.

(R. Dannenberg).

ЕКАТЕРИНОСЛАВЪ.

Типографія Губернскаго Земства.

1905.

Предисловіе

Рѣшаясь представить на судъ специалистовъ предлагаемый трудъ свой, долгомъ считаю прежде всего выразить глубокую благодарность Совѣту Высшаго Горнаго Училища, ассигновавшему средства для изданія этой книги (какъ и другихъ, составляющихъ серію выпусковъ подъ общимъ заглавіемъ „*Маркшейдерскія задачи*“).

Чрезвычайная бѣдность вообще русской маркшейдерской литературы, въ частности-же,—полное отсутствіе на русскомъ языкѣ какихъ либо трудовъ по теоріи сбросовъ, сдвиговъ и пересбросовъ, равно какъ и почти полное отсутствіе (даже въ иностранной литературѣ) систематическихъ трудовъ о способахъ опредѣленія паденія и простиранія пластовъ, ихъ мощности, линій выхода на дневную поверхность и линій скрещиванія съ другими пластообразными залежами, даетъ мнѣ надежду, что могущіе встрѣтиться въ этой книгѣ недостатки не будутъ слишкомъ сурово осуждены читателями.

АВТОРЪ.

Часть 5-я.

Элементы залеганія пластовъ.

СОДЕРЖАНІЕ:

- Глава 1.** Предварительныя замѣчанія.
- Глава 2.** Опредѣленіе паденія и простиранія пластовыхъ залежей.
- Глава 3.** Опредѣленіе разстояній до нихъ и проч.
- Глава 4.** Опредѣленіе мощности ихъ.
- Глава 5.** Опредѣленіе точки и линіи выхода выработки и пласта на дневную поверхность.
- Глава 6.** Опредѣленіе линіи скрещиванія двухъ пластовыхъ залежей и всѣ возможные типы скрещиванія.
- Глава 7.** Выводъ всѣхъ возможныхъ типовъ сбросовъ, пересбросовъ и сдвиговъ и правила отыскиванія сброшенной части пласта.

Глава I-я.

Предварительныя замѣчанія.

§ 1.

Опредѣленія.

Во всемъ нижеслѣдующемъ мы будемъ предполагать, что залежь полезнаго ископаемаго съ двухъ противоположныхъ сторонъ ограничена параллельными плоскостями на небольшомъ ея протяженіи.

Условимся, далѣе, называть:

1. Линіей простиранія пласта—*линію пересѣченія одного изъ боковъ (висячаго или лежачаго) пласта съ горизонтальной плоскостью проведенною въ данномъ мѣстѣ пласта.*

2. Простираніемъ пласта—*астрономическій или магнитный азимутъ той части линіи простиранія, глядя вдоль которой, мы увидимъ паденіе пласта вправо.*

3. Линіей паденія—*линію пересѣченія бока пласта съ вертикальною плоскостью, проведенною перпендикулярно къ линіи простиранія. Это есть линія наибольшаго ската пласта.*

4. Направленіемъ линіи паденія—*направленіе ея внизъ.*

5. Угломъ паденія—*уголъ его направленія съ горизонтальною плоскостью.*

6. Мощностью пласта—*длину перпендикуляра между висячимъ и лежащимъ боками его.*

7. Линіей выхода пласта—*линію пересѣченія бока пласта съ дневной поверхностью.*

§ 2.

Элементы залеганія пластовъ.

Элементами залеганія пластовъ мы будемъ называть тѣ величины, которыя даютъ наиболѣе наглядное и полное геометрическое представленіе о положеніи пластовой залежи въ нѣдрахъ земли.

Если бы пластъ былъ настолько тонкій, что мощностью его можно пренебречь, то положеніе его въ нѣдрахъ земли, какъ положеніе

всякой плоскости въ пространствѣ, вполне опредѣлялось-бы слѣдующими данными:

- а) Координатами трехъ точекъ, на немъ находящихся, или:
- б) Координатами одной точки и одной прямой, или:
- с) Двумя пересѣкающимися прямыми, или:
- д) Двумя параллельными прямыми.

Но такъ какъ въ дѣйствительности пласть всегда имѣетъ нѣкоторую толщину, то должно быть извѣстна еще и его *мощность*.

Любымъ изъ этихъ способовъ положеніе пласта вполне опредѣляется геометрически; однако на практикѣ нагляднѣе и удобнѣе всего характеризовать положеніе пласта слѣдующими данными:

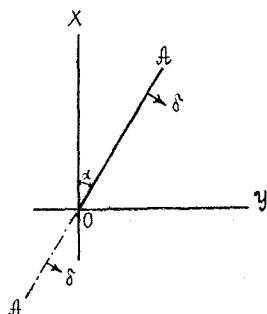
1. Простираніемъ,
2. Направленіемъ паденія,
3. Угломъ паденія,
4. Глубиною залеганія и
5. Мощностью пласта.

Но чтобы не говорить каждый разъ о „направленіи паденія“, мы условимся разъ навсегда называть *простираніемъ пласта* такой азимуть, который самъ собою опредѣлялъ-бы и направленіе паденія; иными словами,—вмѣсто направленія паденія, мы введемъ понятіе о направленіи простиранія α , именно: *направленіемъ простиранія* пласта, или „*простираніемъ пласта*“ α мы будемъ называть азимуть той части ОА этой линіи АА' (черт. 1), отъ которой паденіе т. е. по часовой стрѣлкѣ; на черт. 2 паденіе обратно, чѣмъ на черт. 1, и потому здѣсь „простираніе пласта“ будетъ не уголъ ХОА, а уголъ $\alpha' = \text{ХОА}'$. Такимъ образомъ величины, вполне опредѣляющія положеніе пласта въ нѣдрахъ земли, будутъ слѣдующія:

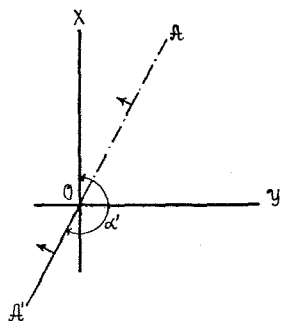
1. Простираніе.
2. Паденіе.
2. Глубина залеганія.
4. Мощность.

Эти величины мы и будемъ называть **элементами залеганія пласта**.

Кромѣ нихъ для цѣлей практическихъ часто бываетъ весьма важно знать *линію выхода пласта*, а также—*линію и мѣсто встрѣчи (скрещиванія)* его съ другими пластообразно залегающими породами и, наконецъ,—*положеніе сброшенной части пласта*.



Черт. 1.



Черт. 2.

§ 3.

Способы опредѣленія элементовъ залеганія пласта.

Цѣль настоящаго отдѣла—показать способы опредѣленія элементовъ залеганія пласта по достаточному числу другихъ данныхъ, непосредственно получаемыхъ при развѣдкахъ въ связи съ геодезическо-маркшейдерской съемкой.

Такихъ способовъ возможно а priori представить себѣ только четыре, а именно:

1. Способъ практическій или инструментальный—когда элементы залеганія опредѣляются непосредственными измѣреніями ихъ на мѣстѣ при помощи соотвѣствующихъ приборовъ: горнаго компаса, шнура, правила и мѣрительной ленты. Объ этомъ способѣ, какъ относящемся къ предмету Горнаго Искусства, здѣсь мы не будемъ говорить.

2. Способъ аналитическій,—когда элементы залеганія опредѣляются на основаніи теоремъ Аналитической Геометріи по достаточному числу данныхъ, полученныхъ изъ непосредственныхъ измѣреній.

3. Способъ графическій,—когда элементы залеганія опредѣляются при помощи чисто геометрическихъ построеній съ соблюденіемъ масштаба.

4. Способъ тригонометрический,—когда элементы залеганія опредѣляются послѣдовательнымъ вычисленіемъ ряда треугольниковъ.

Что касается преимуществъ и недостатковъ каждаго изъ этихъ способовъ по сравненію съ остальными, то объ этомъ можно судить по нижеприводимымъ численнымъ примѣрамъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ.

Вообще-же можно сказать, что предпочтительнѣе всего—аналитическій способъ, какъ по быстротѣ и стройности рѣшенія, такъ и по общности, ибо однѣ и тѣ же формулы Аналитической Геометріи приложимы безъ всякаго измѣненія при самыхъ разнообразныхъ случаяхъ практики развѣдокъ.

Графическій способъ также быстро приводитъ къ цѣли, но требуетъ большаго вниманія и предосторожностей при своемъ примѣненіи.

Наконецъ, тригонометрический способъ въ большинствѣ случаевъ является мѣшкотнѣе первыхъ двухъ.

Графическій способъ требуетъ, конечно, тщательнаго исполненія чертежа съ примѣненіемъ масштаба и транспорта, при чемъ отъ тщательности исполнѣнія зависитъ и точность полученныхъ результатовъ.

Аналитическій способъ не требуетъ чертежа, а только простую схему (рисунокъ).

Тригонометрическій же способъ большею частью требуетъ какъ общую схему взаимнаго расположенія данныхъ величинъ, такъ и чертежа въ планѣ всѣхъ треугольниковъ; но, конечно, этотъ чертежъ долженъ быть сдѣланъ просто отъ руки.

§ 4.

Типы и число данныхъ, опредѣляющихъ положеніе плоскости.

Выше (§ 2) мы упомянули уже о геометрическихъ способахъ опредѣленія положенія плоскости въ пространствѣ.

Разсмотримъ теперь, сколько-же должно быть извѣстно числовыхъ величинъ при каждомъ изъ этихъ способовъ.

При геодезическихъ и маркшейдерскихъ съемкахъ равно употребительны какъ геодезическія координаты точекъ (т. е. разстоянія ея до трехъ взаимно перпендикулярныхъ координатныхъ плоскостей), такъ и полярныя (разстояніе отъ начала до точки, азимутъ его α и наклонъ δ къ горизонту); поэтому возможны слѣдующіе *типы* данныхъ, получаемыхъ на основаніи развѣдокъ:

1) Координаты трехъ, не лежащихъ на одной прямой, точекъ бока пласта:

$$\begin{array}{ccc} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{array}$$

т. е. всего здѣсь необходимо и достаточно 9 численныхъ данныхъ.

2) Координаты двухъ точекъ и направленіе въ пространствѣ, не проходящее черезъ прямую, соединяющую обѣ данныя точки:

$$\begin{array}{ccc} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ & \alpha & \delta \end{array}$$

т. е. здѣсь необходимо и достаточно всего 8 численныхъ данныхъ.

3) Координаты одной точки и два направленія:

$$\begin{array}{ccc} x & y & z \\ \alpha_1 & \delta_1 & \\ \alpha_2 & \delta_2 & \end{array}$$

т. е. здѣсь необходимо и достаточно всего 7 численныхъ данныхъ.

§ 5.

Уравнение плоскости по заданіямъ 1-го типа.

Пусть координаты трехъ данныхъ на висячемъ боку пласта точекъ суть:

$$(x_1 \ y_1 \ z_1), \ (x_2 \ y_2 \ z_2), \ (x_3 \ y_3 \ z_3)$$

Уравненіе опредѣляемой ими плоскости представляется въ видѣ опредѣлителя:

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & z_3 & 1 \end{vmatrix} = 0 \dots \dots \dots (1)$$

разлагая который по минорамъ, получимъ:

$$Mx + Ny + Pz + Q = 0 \dots \dots \dots (2)$$

гдѣ

$$\left. \begin{aligned} M &= y_1 (z_2 - z_3) - z_1 (y_2 - y_3) + (y_2 z_3 - z_2 y_3) \dots \dots \dots \\ N &= -\{x_1 (z_2 - z_3) - z_1 (x_2 - x_3) + (x_2 z_3 - z_2 x_3)\} \dots \dots \dots \\ P &= x_1 (y_2 - y_3) - y_1 (x_2 - x_3) + (x_2 y_3 - y_2 x_3) \dots \dots \dots \\ Q &= -\{x_1 (y_2 z_3 - z_2 y_3) - y_1 (x_2 z_3 - z_2 x_3) + z_1 (x_2 y_3 - y_2 x_3)\} \end{aligned} \right\} \dots \dots (3).$$

Если-бы одна изъ точекъ, напр., $(x_1 \ y_1 \ z_1)$ совпадала съ началомъ координатъ, то

$$x_1 = 0, \ y_1 = 0, \ z_1 = 0$$

и уравненіе плоскости было-бы:

$$Mx + Ny + Pz = 0 \dots \dots \dots (4)$$

причемъ

$$\left. \begin{aligned} M &= +(y_2 z_3 - z_2 y_3) \\ N &= -(x_2 z_3 - z_2 x_3) \\ P &= +(x_2 y_3 - y_2 x_3) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5).$$

Если $(x_1 \ y_1 \ z_1)$ не равны нулю, то, перенеся начало координатъ въ эту точку, мы получимъ вмѣсто (4):

$$M'x + N'y + P'z = 0 \dots \dots \dots (6)$$

гдѣ

$$\left. \begin{aligned} M' &= +(y'_2 z'_3 - z'_2 y'_3) \\ N' &= -(x'_2 z'_3 - z'_2 x'_3) \\ P' &= +(x'_2 y'_3 - y'_2 x'_3) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

причемъ

$$\left. \begin{aligned} x'_2 &= x_2 - x_1 \\ y'_2 &= y_2 - y_1 \\ z'_2 &= z_2 - z_1 \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} x'_3 &= x_3 - x_1 \\ y'_3 &= y_3 - y_1 \\ z'_3 &= z_3 - z_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

§ 6.

Уравненіе плоскости по заданіямъ 2-го типа.

Пусть даны координаты двухъ точекъ на висячемъ боку пласта $(x_1 \ y_1 \ z_1)$ и $(x_2 \ y_2 \ z_2)$ и нѣкоторое направленіе, азимутъ котораго, т. е. уголъ съ плоскостью XOZ , равенъ α , а уголъ наклона къ горизонту равенъ δ (черт. 3).

Что-бы найти уравненіе плоскости по этимъ даннымъ, мы примемъ во вниманіе, что направленіе (α, δ) можетъ быть отнесено къ любой точкѣ пласта, а слѣдовательно и къ началу координатъ 0. Изъ зависимостей между полярными и прямоугольными координатами какой нибудь точки M , взятой на данномъ направленіи, мы находимъ косинусы угловъ этого направленія съ осями координатъ:

$$\begin{aligned} \cos(M, x) &= \cos \delta \cdot \cos \alpha \\ \cos(M, y) &= \cos \delta \cdot \sin \alpha \\ \cos(M, z) &= \sin \delta \end{aligned}$$

и потому уравненіе прямой OM будетъ:

$$\frac{x}{\cos \delta \cdot \cos \alpha} = \frac{y}{\cos \delta \cdot \sin \alpha} = \frac{z}{\sin \delta} \dots \dots \dots (1).$$

Такъ какъ эта прямая лежитъ въ искомой плоскости, то нормаль къ плоскости должна быть перпендикулярна къ (1). Теперь, написавъ уравненіе плоскости въ общемъ видѣ:

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

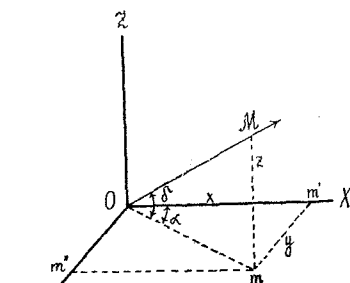
и зная, что точки $(x_1 \ y_1 \ z_1)$ и $(x_2 \ y_2 \ z_2)$ должны удовлетворять ему, т. е. что

$$Ax_1 + By_1 + Cz_1 + D = 0$$

$$Ax_2 + By_2 + Cz_2 + D = 0$$

и добавивъ сюда еще условіе упомянутой перпендикулярности

$$A \cdot \cos \delta \cdot \cos \alpha + B \cdot \cos \delta \cdot \sin \alpha + C \cdot \sin \delta = 0$$



Черт. 3.

мы найдемъ искомое уравненіе плоскости въ видѣ опредѣлителя изъ 4 послѣднихъ равенствъ:

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha, \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha, \text{sn}\delta, & 0 \end{vmatrix} = 0$$

или, разложивъ его,—

$$Mx + Ny + Pz + Q = 0 \dots \dots \dots (2)$$

гдѣ M, N, P, Q суть миноры:

$$\left. \begin{aligned} M &= -y_1 \text{sn}\delta + z_1 \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha + (y_2 \text{sn}\delta - z_2 \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha) \dots \\ N &= -x_1 \text{sn}\delta - z_1 \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha - (x_2 \text{sn}\delta - z_2 \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha) \dots \\ P &= -x_1 \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha + y_1 \cdot \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha + x_2 \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha - y_2 \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha \\ Q &= x_1 (y_2 \text{sn}\delta - z_2 \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha) - y_1 (x_2 \text{sn}\delta - z_2 \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha) + \\ &\quad + z_1 (x_2 \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha - y_2 \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha) \dots \end{aligned} \right\} \dots (3).$$

Если-бы начало координатъ совпало съ одной изъ данныхъ точекъ, напримѣръ съ $(x_1 \ y_1 \ z_1)$, то

$$x_1=0, \ y_1=0, \ z_1=0$$

и вмѣсто (2) будетъ:

$$Mx + Ny + Pz = 0 \dots \dots \dots (4)$$

гдѣ

$$\left. \begin{aligned} M &= +y_2 \text{sn}\delta - z_2 \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha \\ N &= -x_2 \text{sn}\delta + z_2 \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha \\ P &= x_2 \cdot \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha - y_2 \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5).$$

Если-бы мы перенесли начало координатъ въ точку $(x_1 \ y_1 \ z_1)$, то уравненіе плоскости было бы (4), причемъ:

$$\left. \begin{aligned} M &= +y'_2 \text{sn}\delta - z'_2 \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha \\ N &= -x'_2 \cdot \text{sn}\delta + z'_2 \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha \\ P &= x'_2 \cdot \text{cs}\delta \cdot \text{sn}\alpha - y'_2 \text{cs}\delta \cdot \text{cs}\alpha \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

гдѣ:

$$\left. \begin{aligned} x'_2 &= x_2 - x_1 \\ y'_2 &= y_2 - y_1 \\ z'_2 &= z_2 - z_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7).$$

Замѣчаніе. Въ предыдущемъ мы предполагали, что уголь δ отсчитывается вверхъ отъ горизонта,—это соотвѣтствуетъ углу *возстанія* пласта, но, согласно нашему условію въ § 2, мы будемъ отсчитывать δ

внизъ отъ горизонтальной плоскости. Измѣняя въ предыдущихъ формулахъ $+\delta$ на $-\delta$, мы вмѣсто (5) и (6) получимъ соответственно:

$$\left. \begin{aligned} M &= -y_2 \operatorname{sn} \delta - z_2 \operatorname{cs} \delta . \operatorname{sn} \alpha \\ N &= +x_2 \operatorname{sn} \delta + z_2 \operatorname{cs} \delta . \operatorname{cs} \alpha \\ P &= +x_2 . \operatorname{cs} \delta . \operatorname{sn} \alpha - y_2 \operatorname{cs} \delta . \operatorname{cs} \alpha \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

и

$$\left. \begin{aligned} M &= -y'_2 \operatorname{sn} \delta - z'_2 \operatorname{cs} \delta . \operatorname{sn} \alpha \\ N &= +x'_2 \operatorname{sn} \delta + z'_2 \operatorname{cs} \delta . \operatorname{cs} \alpha \\ P &= +x'_2 \operatorname{cs} \delta . \operatorname{sn} \alpha - y'_2 \operatorname{cs} \delta . \operatorname{cs} \alpha \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9)$$

§ 7.

Уравненіе плоскости по заданіямъ 3-го типа.

Требуется опредѣлить уравненіе плоскости по даннымъ въ ней: точкѣ $(x_1 \ y_1 \ z_1)$ и двумъ направленіямъ $(\alpha_1 \ \delta_1)$ и $(\alpha_2 \ \delta_2)$.

Съ этою цѣлью, относя данныя направленія къ началу координатъ, мы получаемъ въ искомой плоскости двѣ прямыя:

$$\left. \begin{aligned} \frac{x}{\operatorname{cs} \delta_1 . \operatorname{cs} \alpha_1} &= \frac{y}{\operatorname{cs} \delta_1 . \operatorname{sn} \alpha_1} = \frac{z}{\operatorname{sn} \delta_1} \\ \frac{x}{\operatorname{cs} \delta_2 . \operatorname{cs} \alpha_2} &= \frac{y}{\operatorname{cs} \delta_2 . \operatorname{sn} \alpha_2} = \frac{z}{\operatorname{sn} \delta_2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

Уравненіе плоскости въ общемъ видѣ:

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

она проходитъ черезъ точку $(x_1 \ y_1 \ z_1)$, слѣдовательно:

$$Ax_1 + By_1 + Cz_1 + D = 0$$

и нормаль къ ней перпендикулярна къ прямымъ (1), слѣдовательно:

$$A \operatorname{cs} \delta_1 . \operatorname{cs} \alpha_1 + B \operatorname{cs} \delta_1 . \operatorname{sn} \alpha_1 + C . \operatorname{sn} \delta_1 = 0$$

$$A \operatorname{cs} \delta_2 . \operatorname{cs} \alpha_2 + B \operatorname{cs} \delta_2 . \operatorname{sn} \alpha_2 + C . \operatorname{sn} \delta_2 = 0$$

Результатомъ исключенія коэффициентовъ A, B, C, D , изъ 4 послѣднихъ уравненій является уравненіе искомой плоскости въ видѣ опредѣлителя.

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ \operatorname{cs} \delta_1 . \operatorname{cs} \alpha_1 & \operatorname{cs} \delta_1 . \operatorname{sn} \alpha_1 & \operatorname{sn} \delta_1 & 0 \\ \operatorname{cs} \delta_2 . \operatorname{cs} \alpha_2 & \operatorname{cs} \delta_2 . \operatorname{sn} \alpha_2 & \operatorname{sn} \delta_2 & 0 \end{vmatrix} = 0$$

или

$$Mx + Ny + Pz + Q = 0 \dots \dots \dots (2)$$

гдѣ

$$\left. \begin{aligned} M &= cs\delta_1 . sn\alpha_1 . sn\delta_2 - sn\delta_1 . cs\delta_2 . sn\alpha_2 \\ N &= -(cs\delta_1 . cs\alpha_1 . sn\delta_2 - sn\delta_1 . cs\delta_2 . cs\alpha_2) \\ P &= cs\delta_1 . cs\alpha_1 . cs\delta_2 . sn\alpha_2 - cs\delta_2 . cs\alpha_2 . cs\delta_1 . sn\alpha_1 \\ Q &= x_1(cs\delta_1 . sn\alpha_1 . sn\delta_2 - sn\delta_1 . cs\delta_2 . sn\alpha_2) - y_1(cs\delta_1 . cs\alpha_1 . sn\delta_2 - \\ &\quad - sn\delta_1 . cs\delta_2 . cs\alpha_2) + z_1(cs\delta_1 . cs\alpha_1 . cs\delta_2 . sn\alpha_2 - \\ &\quad - cs\delta_1 . sn\alpha_1 . cs\delta_2 . cs\alpha_2) \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

Если мы перенесемъ начало координатъ въ точку $(x_1 y_1 z_1)$, то вмѣсто (2) будетъ

$$Mx + Ny + Pz = 0 \dots \dots \dots (4)$$

а въ (3)

$$Q = 0$$

Если-же мы еще повернемъ вокругъ оси Z всю систему координатъ такъ, что-бы $\alpha_1 = 0$ и предположимъ, что

$$\alpha_2 = 90^\circ$$

(что имѣетъ мѣсто, напримѣръ, при обнаженіяхъ пласта въ стѣнкахъ прямоугольнаго шурфа), то вмѣсто (3) будетъ:

$$\left. \begin{aligned} M &= -sn\delta_1 . cs\delta_2 \\ N &= -cs\delta_1 . sn\delta_2 \\ P &= +cs\delta_1 . cs\delta_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

Если, наконецъ, δ означаетъ уголъ паденія, а не возстанія, то въ (4):

$$\left. \begin{aligned} M &= +sn\delta_1 . cs\delta_2 \\ N &= +cs\delta_1 . sn\delta_2 \\ P &= +cs\delta_1 . cs\delta_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$



Г л а в а 2-я.

Опредѣленіе простиранія и паденія пластовъ.

I. Случай 1-го типа.

§ 1.

Пластовая залежь развѣдана тремя буровыми скважинами.

1. Аналитическій способъ.

Представимъ себѣ самый общій случай, когда дневная поверхность не горизонтальна.

Пусть (черт. 4):

A, B, C—устья буровыхъ скважинъ;

a, b, c—ихъ зумфы на пластѣ;

a, b', c'—горизонтальная плоскость;

(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3)—координаты точекъ A, B, C относительно общей системы координатъ, опредѣленные геодезической съемкой;

Aa= h_1 ; Bb= h_2 ; Cc= h_3 —глубины скважинъ;

AB'C'—горизонтальная плоскость;

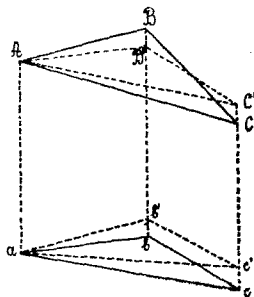
$\left. \begin{array}{l} BB'=h_b \\ CC'=h_c \end{array} \right\} \text{превышенія, извѣстныя изъ нивелировки;}$

Если мы перенесемъ начало координатъ въ точку a, то уравненіе плоскости пласта a b c будетъ (см. (6), (7) и (8), § 5, гл. 1-я):

$$M'x + N'y + P'z = 0 \quad \dots \dots (1)$$

гдѣ:

$$\left. \begin{array}{l} M' = +(y'_2 z'_3 - z'_2 y'_3) \\ N' = -(x'_2 z'_3 - z'_2 x'_3) \\ P' = +(x'_2 y'_3 - y'_2 x'_3) \end{array} \right\} \dots \dots (2)$$



Черт. 4.

причемъ:

координаты точки а суть (0, 0, 0); координаты точки в суть:

$$\left. \begin{aligned} x'_2 &= x_2 - x_1 \\ y'_2 &= y_2 - y_1 \\ z'_2 &= -bb' = -(h_2 - h_b - h_1) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

и координаты точки с суть:

$$\left. \begin{aligned} x'_3 &= x_3 - x_1 \\ y'_3 &= y_3 - y_1 \\ z'_3 &= -cc' = -(h_3 - h_c - h_1) \end{aligned} \right\}$$

Такъ какъ линия простиранія есть пересѣченіе плоскости пласта съ горизонтальною плоскостью:

$$z=0 \text{ (или } z=\text{const)} \dots \dots \dots (4)$$

то она представится аналитически совокупностью уравненій (1) и (4), т. е. на планѣ:

$$M'x + N'y = 0 \text{ (или } = \text{const)} \dots \dots \dots (5)$$

Азимуть ея, т. е. искомое *простираніе* α пласта, опредѣлится какъ угловой коэффициентъ прямой (5):

$$\text{tg} \alpha = -\frac{M'}{N'} \dots \dots \dots (6)$$

ибо α есть ничто иное, какъ уголъ прямой (5) съ осью X, принимаемой за направление меридіана.

Направленіе паденія, которое всегда перпендикулярно къ (5), будетъ согласно условію § 2:

$$\beta = \alpha + 90^\circ$$

Наконецъ, *уголъ паденія пласта* δ есть уголъ между плоскостями abc и ab'c', т. е. между (1) и (4); какъ извѣстно изъ Аналитической Геометріи, уголъ между двумя плоскостями:

$$\begin{aligned} A_1x + B_1y + C_1z + D_1 &= 0 \\ A_2x + B_2y + C_2z + D_2 &= 0 \end{aligned}$$

вычисляется по формулѣ:

$$\text{cs} \delta = \frac{A_1A_2 + B_1B_2 + C_1C_2}{\pm \sqrt{(A_1^2 + B_1^2 + C_1^2)(A_2^2 + B_2^2 + C_2^2)}}$$

примѣняя-же ее къ уравненіямъ (1) и (4), получимъ:

$$\text{cs} \delta = \frac{P'}{\sqrt{M'^2 + N'^2 + P'^2}} \dots \dots \dots (7)$$

Примѣръ 1.

Пусть геодезическія координаты устьевъ скважинъ А, В и С (а также ихъ зумфовъ) въ горизонтальной плоскости суть:

$$x_1 = +121$$

$$x_2 = +169$$

$$x_3 = +136$$

$$y_1 = +205$$

$$y_2 = +223$$

$$y_3 = +265$$

глубины скважинъ:

$$h_1 = 30$$

$$h_2 = 49,5$$

$$h_3 = 64,7$$

превышенія устьевъ скважинъ В и С надъ А (изъ нивелировки):

$$h_B = +5,5$$

$$h_C = -5,3$$

Что-бы опредѣлить простирание и паденіе, вычисляемъ по (3):

$$x'_1 = 0$$

$$x'_2 = +48,0$$

$$x'_3 = +15,0$$

$$y'_1 = 0$$

$$y'_2 = +18,0$$

$$y'_3 = +60,0$$

$$z'_1 = 0$$

$$z'_2 = -14,0$$

$$z'_3 = -40,0$$

Затѣмъ по (2) получаемъ:

$$M' = +(-18.40 + 14.60) = +120$$

$$N' = -(-48.40 + 14.15) = +1710$$

$$P' = +(+48.60 - 18.15) = +2610$$

и слѣдовательно по (6) искомое *простирание*:

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{120}{1710}$$

$$\alpha = -4^\circ = 356^\circ$$

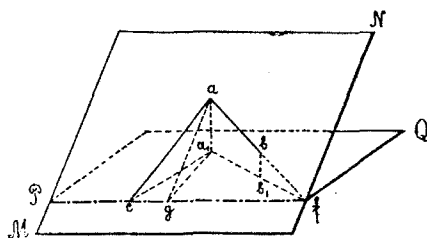
Направление паденія:

$$\beta = 356^\circ + 90^\circ = 86^\circ$$

Уголъ паденія:

$$\operatorname{cs} \delta = \frac{2610}{\sqrt{120^2 + 1710^2 + 2610^2}}$$

$$\delta = 33^\circ 18'$$



Черт. 5.

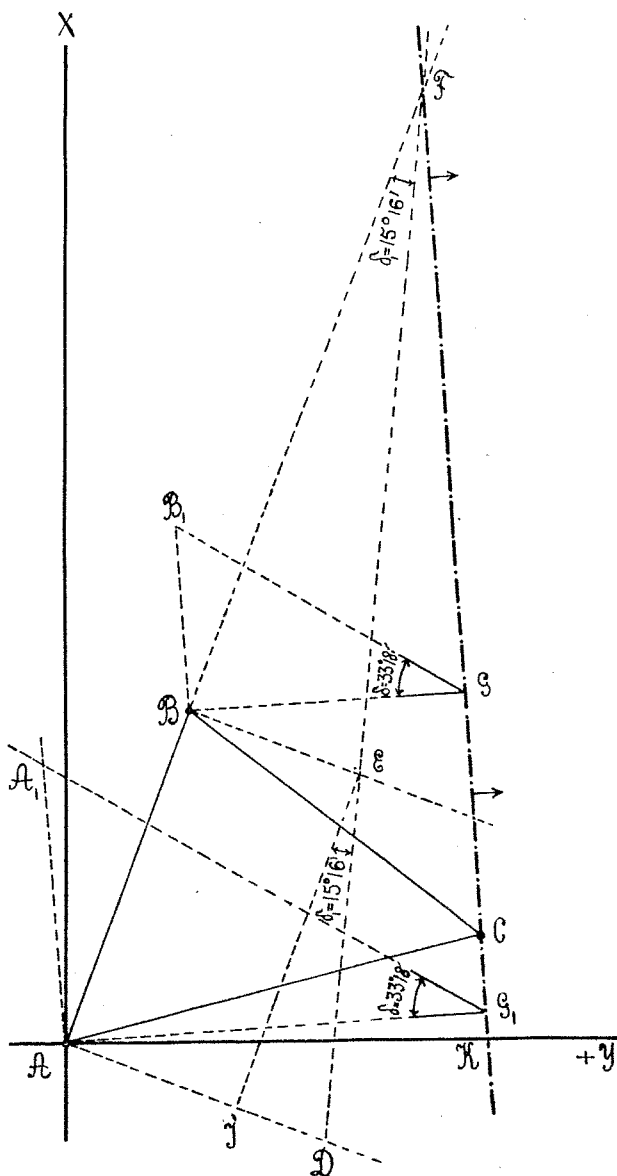
2. Графическій способъ.

Пусть MN (черт. 5) есть висячій бокъ пласта, причемъ а, b и с суть зумфы буровыхъ скважинъ.

Проведя черезъ точку с горизонтальную плоскость PQ, мы получили бы въ пересѣченіи обѣихъ плоскостей искомую линію простирания cf. Чтобы выяснитъ способъ ея построенія на планѣ, опустимъ

изъ a и b перпендикуляры aa_1 и bb_1 на плоскость PQ ; длины этихъ перпендикуляровъ намъ извѣстны, ибо онѣ равны z'_2 и z'_3 (см. выше аналитическій способъ). Чтобы построить линію простиранія cf , нужно, очевидно, найти только такую точку f на пластѣ, которая лежитъ въ одномъ горизонтѣ съ c , и соединить ее съ c ; но точка f опредѣляется какъ пересѣченіе линій a_1b_1 и ab , причемъ $\triangle aa_1f$ прямоугольный. Точки c , a_1 , b_1 , (черт. 5) суть проэкции на горизонтальную плоскость точекъ c , a , b ; или, что все равно,—точекъ C , A , B (черт. 4 и 6), и потому ходъ построения линіи простиранія долженъ быть таковъ:

Нанеся на планъ (черт. 6) положеніе устьевъ скважинъ A, B, C , воображаемъ вертикальное сѣченіе пласта по на направленію линіи AB (или ab) и поворачиваемъ это сѣченіе въ плоскость плана (т.е. на черт. 5 треугольникъ aa_1f поворачиваемъ въ плоскость PQ). Для этого изъ точекъ A и B (на планѣ) возставляемъ перпендикуляры и откладываемъ на нихъ длины $AD = z'_3$ и $BE = z'_2$, равныя разностямъ глубинъ скважинъ A съ C и B съ C , отсчитываемыхъ отъ одного горизонта; соединивъ точки D съ E и продолживъ DE до встрѣчи съ продолженной AB , мы получимъ точку F (соотвѣтствующую точкѣ f на черт. 5), соединивъ которую съ C , мы и получимъ искомую линію CF простиранія пласта.



Черт. 6.

Направление линіи паденія будетъ вправо отъ CF, если скважина С наиболѣе глубокая.

Что-бы найти *уголъ паденія*, вообразимъ сѣченіе пласта (черт. 5) вертикальною плоскостью, перпендикулярною къ линіи простиранія cf; въ сѣченіи мы получимъ прямоугольный треугольникъ aa₁g, въ которомъ уголъ aga₁ и есть искомый уголъ паденія. Слѣдовательно, для построенія этого угла мы должны на планѣ (черт. 6) опустить изъ точки А (или В) перпендикуляръ на линію CF, въ точкѣ А (или В) возставить перпендикуляръ къ этому перпендикуляру и отложить на немъ длину, равную разности глубинъ скважинъ А и С (или В и С), тогда $\triangle$ -къ AA₁G или BB₁G (черт. 6) и представить собою сѣченіе aa₁g (черт. 5), повернутое въ горизонтальную плоскость, а его уголъ AG₁A₁ или BGB₁ и будетъ искомымъ угломъ паденія пласта.

Примѣръ 2.

Взявъ заданія примѣра 1-го, наносимъ на планѣ координатныя оси и точки А, В и С, принявъ А за начало (черт. 6); возставивъ къ линіи АВ перпендикуляры въ А и В, откладываемъ на нихъ длины:

$$AD=z'_3=40 \text{ саж.}$$

$$BE=z'_3-z'_2=26 \text{ саж.}$$

Соединяемъ D съ E и продолжаемъ АВ и DE до встрѣчи въ точкѣ F; соединивъ точки С и F, получимъ линію простиранія CF, а *простираніе пласта*, т. е. азимутъ линіи CF,

$$\alpha = -4^\circ = 356^\circ$$

получаемъ при помощи транспорта (α есть уголъ между AX и CF).

Направление паденія показано стрѣлками у линіи CF.

Для построенія *угла паденія*, опускаемъ изъ В перпендикуляръ BG (или AG₁) къ линіи CF и перпендикуляръ BB₁ (или AA₁) къ линіи BG (или AG₁), приче́мъ откладываемъ

$$BB_1=BE=26 \text{ саж., или } AA_1=40$$

Соединивъ G съ B₁ (или G₁ съ A₁), измѣряемъ транспортомъ искомый уголъ паденія BGB₁ или AG₁A₁ и находимъ:

$$\delta = 33^\circ 18'$$

Какъ видимъ, результаты получились тѣ-же, что и выше—аналитическимъ способомъ.

3. Тригонометрическій способъ.

Составивъ отъ-руки схему чертежа 6-го, проводимъ линію EJ параллельно АВ и по даннымъ глубинамъ скважинъ и геодезическимъ координатамъ ихъ устьевъ вычисляемъ:

$$EJ=AB=\sqrt{x_2^2+y_2^2} \quad *)$$

$$JD=AD-BE=z'_3$$

послѣ чего, по формулѣ:

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{JD}{EJ}$$

вычисляемъ уголъ $\delta_1 = \angle DEJ = \angle BFE$. Затѣмъ изъ $\triangle$ -ка EFB, гдѣ

$$EB = z'_3 - z'_2$$

вычисляемъ

$$BF = BE \cdot \operatorname{ctg} \delta_1.$$

Далѣе, по координатамъ вершинъ $\triangle$ -ка скважинъ ABC находимъ (кромѣ вышенайденной длины AB):

$$BC = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2} \quad *)$$

$$AC = \sqrt{x_3^2 + y_3^2} \quad *)$$

а по тремъ сторонамъ $\triangle$ -ка ABC, обозначая черезъ p его полупериметръ, вычисляемъ уголъ ABC по формулѣ:

$$\operatorname{tg} \frac{\angle ABC}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}}$$

а потому становится извѣстнымъ въ $\triangle$ -кѣ BCF уголъ

$$\angle FBC = 180^\circ - \angle ABC$$

Рѣшая косоугольный $\triangle$ -кѣ BCF по двумъ сторонамъ и углу между ними по формуламъ:

$$\operatorname{tg} \left(\frac{BCF - BFC}{2} \right) = \left(\frac{BF - BC}{BF + BC} \right) \operatorname{ctg} \frac{FBC}{2}$$

и

$$BCF + BFC = 180 - FBC$$

находимъ углы его BFC и BCF.

Затѣмъ вычисляемъ по координатамъ азимуть линіи AB *), т. е. уголъ XAB по формулѣ:

$$\operatorname{tg} (AB) = \frac{y_2}{x_2}$$

*) Обыкновенно длины AB, BC и AC, и азимуть линіи AB уже извѣстны непосредственно изъ геодезической съемки.

и, наконецъ, получаемъ *простиране пласта*:

$$(CF) = (AB) - \angle BFC$$

Для вычисленія угла *паденія* δ пласта, мы воспользуемся $\triangle$ -комъ CBG, въ которомъ

$$BG = BC \cdot \sin BCG = BC \cdot \sin BCF$$

а потомъ изъ $\triangle$ -ка BGB₁ вычисляемъ δ по формулѣ:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{BB_1}{BG} = \frac{BE}{BG}$$

Примѣръ 3-й.

Взявъ заданія примѣра 1-го, по только что приведеннымъ формуламъ вычисляемъ:

$$JD = 44 - 30 = 14,0 \text{ саж.}$$

$$AB = EJ = \sqrt{48^2 + 18^2} = 51,3$$

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{14,0}{51,3}$$

$$\delta_1 = \angle DEJ = \angle BFE = 15^\circ 16'$$

Въ $\triangle$ -кѣ EFB:

$$EB = 70 - 44 = 26,0 \text{ саж.}$$

$$FB = BE \cdot \operatorname{ctg} \delta_1 = 26 \cdot \operatorname{ctg} 15^\circ 16' = 95,26$$

$$BC = \sqrt{(48 - 15)^2 + (18 - 60)^2} = 53,4 \text{ саж.}$$

$$AC = \sqrt{15^2 + 60^2} = 61,85$$

Въ $\triangle$ -кѣ ABC:

$$p = \frac{51,3 + 53,4 + 61,85}{2} = 83,25$$

$$\operatorname{tg} \frac{ABC}{2} = \sqrt{\frac{(p-a)(p-c)}{p(p-b)}} = \sqrt{\frac{29,85 \cdot 31,95}{83,25 \cdot 21,4}}$$

отсюда

$$\angle ABC = 72^\circ 23'$$

$$\angle FBC = 180^\circ - 72^\circ 23' = 107^\circ 37'$$

Далѣе, — въ косоугольномъ $\triangle$ -кѣ BFC:

$$\operatorname{tg} \left(\frac{BCF - BFC}{2} \right) = \left(\frac{BF - BC}{BF + BC} \right) \operatorname{ctg} \frac{FBC}{2} = \frac{41,86}{148,66} \cdot \operatorname{ctg} 53^\circ 48',5$$

отсюда

$$BCF - BFC = 23^\circ 17'$$

$$BCF + BFC = 180 - FBC = 72^\circ 23'$$

слѣдовательно

$$\angle BFC = 24^{\circ} 33'$$

$$\angle BCF = 47^{\circ} 50'$$

Азимутъ стороны АВ:

$$\operatorname{tg} (AB) = \frac{y_2}{x_2} = \frac{18}{48}$$

$$(AB) = 20^{\circ} 33'$$

и искомый *уголъ простиранія* пласта:

$$\alpha = (CF) = 20^{\circ} 33' - 24^{\circ} 33' = -4^{\circ} = 356^{\circ}$$

Теперь, изъ $\triangle$ -ка CBG:

$$BG = BC \cdot \sin BCG = BC \cdot \sin BCF = 53,4 \cdot \sin 47^{\circ} 50'$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{BB_1}{BG} = \frac{26,0}{53,4 \cdot \sin 47^{\circ} 50'}$$

и *уголъ паденія*

$$\delta = 33^{\circ} 18'$$

Какъ видимъ, получились тѣ-же результаты, какъ и вышеизложенными аналитическимъ и графическимъ способами.

§ 2.

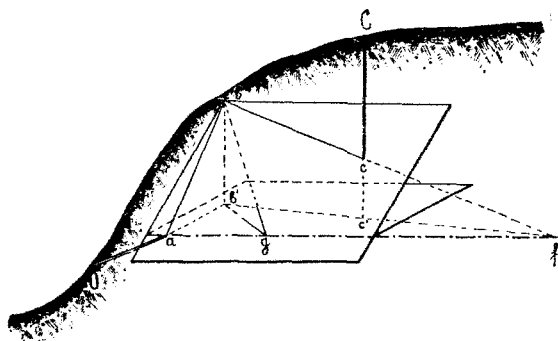
**Залежь встрѣчена буровой скважиной и извѣстно одно мѣсто выхода
ея на дневную поверхность.**

На схематическомъ чертежѣ 7:

Сс—буровая скважина до пласта,

Оа—штольня до пласта,

b— мѣсто выхода пласта на дневную поверхность.



Черт. 7.

Определение по этим данным простираия и падения пласта, очевидно, должно производиться таким же порядкомъ, какъ и въ предыдущемъ §, ибо и здѣсь намъ будутъ извѣстны координаты 3-хъ точекъ въ плоскости бока пласта, разъ мы произведемъ нивелировку и геодезическо-маркшейдерскую съемку между пунктами а, О, b и С (глубина скважины Сс также извѣстна).

1. Аналитическій способъ. Примѣръ 4.

Пусть (черт. 7) изъ полигонной съемки найдены координаты (относительно общей системы координат):

$(123,5; 144,8; -101,3)$ —для a ,

(150,5; 160,3; — 83,7)—для b ,

$(150,4; 180,4; \text{---} 92,2)$ —для с.

Перенеся начало координатъ въ точку а, получимъ относительныя координаты тѣхъ-же точекъ:

$(0; 0; 0)$ —для a

$(27,6; 15,5; 17,6)$ —для b

$(26,9; 35,6; 9,1)$ —для с

Уравнение бока пласта (по § 5, гл. 1-ой):

$$Mx + Ny + Pz = 0$$

гдѣ

$$M = 15,5 \cdot 9,1 - 17,6 \cdot 35,6 = -485,5$$

$$N = -(27,0 \cdot 9,1 - 17,6 \cdot 26,9) = +226,8$$

$$P = 27,0 \cdot 35,6 - 15,5 \cdot 26,9 = +549,4$$

Простираніє пласта (см. § 2
о направленіи простиранія)

нее перпендикуляры bb' и cc' и продолживъ bc и $b's'$ до встрѣчи въ точкѣ f , соединяемъ a съ f ,—это и будетъ линия простиранія.

Проведя дальше вертикальное сѣченіе $bb'g$, перпендикулярно къ линіи af , мы получимъ $\triangle$ -къ $bb'g$, въ которомъ $\angle bgb'$ и есть искомый уголъ паденія.

Итакъ, проведя оси координатъ (черт. 8), наносимъ положеніе въ планѣ a , b и c (или C); изъ b и c возставаемъ перпендикуляры:

$$bb'=17,6$$

$$cc'=9,1$$

соединяемъ b съ c' и продолжаемъ $b's'$ до встрѣчи съ продолженіемъ bc въ точкѣ f ; $\triangle$ -къ $bb'f$ (черт. 8) есть повернутый въ плоскость плана $\triangle$ -къ $bb'f$ (черт. 7); линія af (черт. 8) есть простираніе; азимуть ея, т. е. уголъ съ осью aX , по измѣреніи транспортиромъ, оказывается

$$\alpha=65^{\circ}$$

Далѣе, опустивъ изъ b перпендикуляръ bg и возставивъ перпендикуляръ $bb''=bb'=17,6$, мы получаемъ $\triangle$ -къ $bb''g$ (черт. 8), который есть повернутый въ плоскость плана $\triangle$ -къ $bb'g$ (черт. 7); измѣривъ въ немъ транспортиромъ уголъ bgb'' , находимъ.

$$\delta=44^{\circ} 17'$$

3. Тригонометрическій способъ. Примѣръ 6-ой (тѣ же заданія).

Проведя $c's''$ (черт. 8) параллельно bc , вычисляемъ въ $\triangle$ -кѣ $b's'c''$ уголъ $\angle b's'c''=\angle b'fb$, а именно:

$$\operatorname{tg} b'fb = \frac{bb'-cc'}{bc}$$

Затѣмъ вычисляемъ изъ $\triangle$ $bb'f$:

$$bf=bb' \cdot \operatorname{cs} b'fb$$

и наконецъ, рѣшая $\triangle$ abf по двумъ сторонамъ и углу между ними, найдемъ совершенно аналогично § 1, простираніе линіи af ($\alpha=65^{\circ}$), а потомъ—и уголъ паденія ($\delta=44^{\circ} 17'$).

Какъ-бы разнообразны ни были на первый взглядъ данныя развѣдокъ пластового мѣсторожденія, но разъ онѣ сводятся къ полученію координатъ трехъ точекъ, принадлежащихъ одному и тому-же боку пласта, то всегда способъ отысканія паденія и простиранія будетъ одинаковъ и сведется къ вышеизложеннымъ.

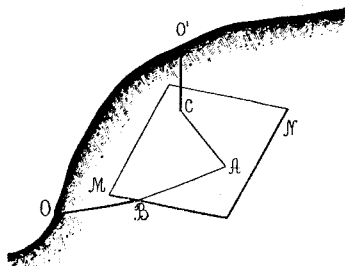
§ 3.

Залежь развѣдана ломанной выработкой.

1. Аналитическій способъ. Примѣръ 7.

Пусть залежь MN встрѣчена штольной ОВ или шурфомъ О'С и развѣдана двумя выработками ВА и АС по ея висячему боку. Маркшейдерской съемкой опредѣлены координаты ея пунктовъ А, В и С (черт. 9):

Точки	x	y	z
A	1110,03	4286,93	+ 9,53
B	1108,96	4265,41	+ 2,34
C	1130,01	4270,84	+14,81



Черт. 9.

Перенесемъ начало координатъ въ точку А, тогда:

Точки	x'	y'	z'
A	0	0	0
B	— 1,07	—21,52	— 7,19
C	+19,98	—16,09	+ 5,28

Уравненіе плоскости MN (по ур. (6), (7) и (8), § 5, гл. 1) будетъ:

$$M'x + N'y + P'z = 0$$

гдѣ

$$M' = -21,52 \cdot 5,28 - 7,19 \cdot 16,09 = -229,31$$

$$N' = + 1,07 \cdot 5,28 - 19,98 \cdot 7,19 = -138,01$$

$$P' = + 1,07 \cdot 16,09 + 21,52 \cdot 19,98 = +447,19$$

Простираніе пласта:

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{M'}{N'} = -\frac{229,31}{138,01}$$

$$\alpha = 180^\circ - 58^\circ 57' = 121^\circ 3'$$

Направленіе паденія

$$\beta = 121^\circ 3' + 90^\circ = 211^\circ 3'$$

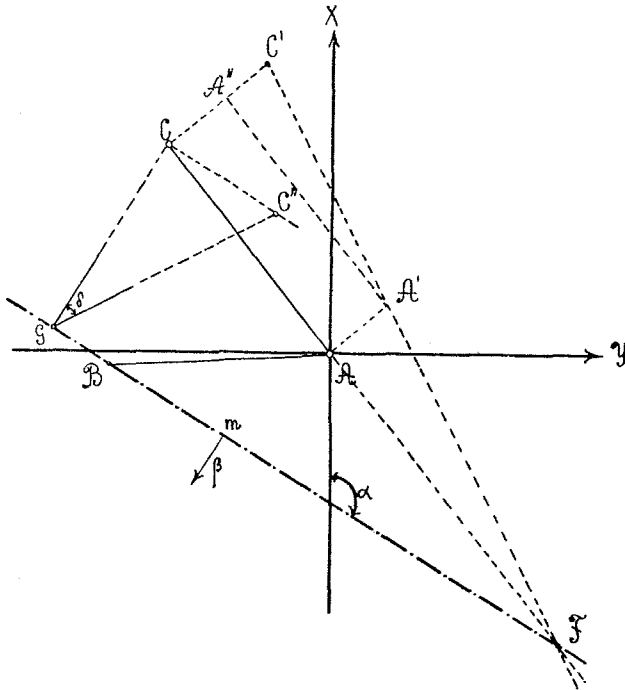
Уголъ паденія

$$\cos \delta = \frac{P'}{\sqrt{M'^2 + N'^2 + P'^2}} = \frac{447,19}{\sqrt{229,31^2 + 138,01^2 + 447,19^2}} = \frac{444,19}{521,2}$$

$$\delta = 30^\circ 54'$$

2. Графическій способъ. Примѣръ 8 (тѣ-же заданія).

Аналогично предыдущимъ задачамъ и здѣсь мы, нанеся на планъ (черт. 10) данныя выработки АВ и АС, возставляемъ къ АС перпендикуляры АА' и СС' и откладываемъ на нихъ:



Черт. 10.

$AA' = CA'' = 7,19$ — превышеніе А надъ В

$A''C' = 5,28$ — превышеніе С надъ А

Соединивъ А' съ С' и продолживъ А'С' до встрѣчи съ продолжен-
ной СА, мы получимъ точку F, находящуюся на пластѣ на той-же
высотѣ, что и В; слѣдовательно BF есть искомое *простираніе*; измѣ-
ривъ транспортиромъ уголъ BF съ AX, найдемъ:

$$\alpha = 121^\circ 3'$$

Направленіе паденія

$$\beta = 211^\circ 13'$$

оно показано стрѣлкой mβ.

Опустивъ перпендикуляръ CG на линію BF и возставивъ перпендикуляръ къ GC

$$CC''=CC'=5,28+7,19=12,47$$

получаемъ треугольникъ GC''C, въ которомъ *уголъ паденія*

$$\delta=CGC''=30^{\circ}54'$$

т. е. получились тѣ-же результаты, что и въ примѣрѣ 7.

3. Тригонометрическій способъ. Примѣръ 9 (тѣ-же заданія).

Въ $\triangle A'A''C'$:

$$AC=A'A''=\sqrt{19,98^2+16,09^2}=25,65^*)$$

$$\operatorname{tg} A''A'C'=\frac{5,28}{25,65}$$

$$\angle A''A'C'=\angle A'FA=11^{\circ}38'$$

Въ $\triangle AA'F$:

$$AF=7,19 \cdot \operatorname{ctg} 11^{\circ}38'=34,93$$

Въ косоугольномъ $\triangle ABF$:

$$AB=\sqrt{1,07^2+21,82^2}=21,85^*)$$

Азимутъ этой линіи α_1 извѣстенъ прямо изъ маркшейдерской съемки, или можетъ быть вычисленъ по координатамъ:

$$\operatorname{tg} \alpha_1=\frac{-21,82}{-1,07}$$

$$\alpha_1=(BA)=87^{\circ}9' ^*)$$

Азимутъ α_2 линіи (AC) также долженъ быть извѣстенъ изъ съемки, или вычисляемъ его:

$$\operatorname{tg} \alpha_2=\frac{-16,09}{+19,98}$$

$$\alpha_2=(AC)=-38^{\circ}51'+360^{\circ}=321^{\circ}9' ^*)$$

но

$$(AB)=(BA)+180^{\circ}=267^{\circ}9'$$

слѣдовательно

$$\angle BAC=(AC)-(AB)=54^{\circ}0' ^*)$$

$$\angle BAF=180^{\circ}-\angle BAC=126^{\circ}0'$$

Рѣшая $\triangle$ -къ ABF по двумъ сторонамъ и углу между ними, на ходимъ:

$$\frac{1}{2}(ABF+AFB)=90-\frac{126^{\circ}0'}{2}=27^{\circ}0'$$

*) Это извѣстно непосредственно изъ маркшейдерской съемки.

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (ABF - AFB) = \left(\frac{AF - AB}{AF + AB} \right) \cdot \operatorname{ctg} \frac{BAF}{2} = \left(\frac{34,93 - 21,55}{34,93 + 21,55} \right) \cdot \operatorname{ctg} 63^\circ$$

откуда

$$\frac{1}{2} (ABF - AFB) = 6^\circ 53'$$

следовательно

$$\angle ABF = 27^\circ 0' + 6^\circ 53' = 33^\circ 53'$$

$$\angle AFB = 27^\circ 0' - 6^\circ 53' = 20^\circ 7'$$

а искомое *простираніе пласта*:

$$\alpha = (BA) + \angle ABF = 87^\circ 9' + 33^\circ 53'$$

$$\alpha = 121^\circ 2'$$

Для вычисленія угла паденія опредѣляемъ длину

$$FC = CC' \cdot \operatorname{ctg} AFA' = (7,19 + 5,28) \operatorname{ctg} 11^\circ 38' = 60,57$$

Затѣмъ изъ $\triangle$ -ка CGF:

$$CG = CF \cdot \sin CFG = 60,57 \cdot \sin 20^\circ 7' = 20,83$$

и изъ $\triangle$ -ка CC"G:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{CC''}{CG} = \frac{12,47}{20,83}$$

$$\delta = 30^\circ 54'$$

т. е. получились тѣ-же результаты, что и выше.

Что касается рѣшенія этой задачи въ случаѣ, если даны координаты точки С и направленія обѣихъ выработокъ, то объ этомъ см. ниже.

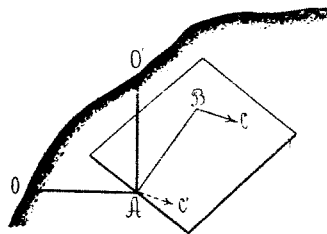
II. Случай 2-го типа.

§ 4.

Пласть развѣданъ по всяческому боку выработкой, въ концѣ которой опредѣлено нѣкоторое новое направленіе по пласту.

1. Аналитическій способъ.

Пусть пласть встрѣченъ штольной ОА или шурфомъ О'А и развѣданъ по своему боку выработкой АВ, въ какомъ нибудь мѣстѣ которой имѣется столь явное обнаженіе пласта, что въ немъ опредѣлено горнымъ компасомъ направленіе (α , δ) по линіи ВС (черт. 11).



Черт. 11.

Это направление мы можем отнести къ любому пункту пласта, т. е. и къ точкѣ А, которую примемъ за начало координатъ.

Изъ маркишейдерской съемки намъ должны бытъ извѣстны координаты точекъ А и В: $(x_1 \ y_1 \ z_1)$ и $(x_2 \ y_2 \ z_2)$; перенеся начало координатъ въ точку А, мы, согласно § 6, гл. I, получимъ уравненіе плоскости пласта:

$$Mx + Ny + Pz = 0 \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ М, N и Р имѣютъ указанныя тамъ значенія; а что-бы получить линію простиранія, мы должны рѣшить (1) совмѣстно съ уравненіемъ горизонтальной плоскости:

$$z = 0 \text{ (или } z = \text{const)} \dots \dots \dots (2)$$

т. е. она выразится уравненіемъ:

$$Mx + Ny = 0 \text{ (или } = \text{const)} \dots \dots \dots (3)$$

и *простираніе* α вычислится по формулѣ:

$$\text{tg} \alpha = -\frac{M}{N} \dots \dots \dots (4)$$

а *уголъ паденія*, какъ уголъ между (1) и (2), вычислится по формулѣ:

$$\text{cs} \delta = \frac{P}{\sqrt{M^2 + N^2 + P^2}} \dots \dots \dots (5)$$

Примѣръ 10.

Пусть

$x_1 = +21,0$; $y_1 = +21,0$; $z_1 = +3,0$ —координаты точки А;

$x_2 = +28,2$; $y_2 = +49,5$; $z_2 = +15,0$ —координаты точки В;

$\alpha' = 145^\circ 20'$ —азимутъ линіи ВС,

$\delta' = 32^\circ 0'$ —наклонъ ея къ горизонту.

Перенеся начало координатъ въ точку А (0, 0, 0), получаемъ по (7) и (9), § 6, гл. 1.

$$x'_2 = +7,2$$

$$y'_2 = +28,5$$

$$z'_2 = +12,0$$

$$M = -28,5 \cdot \text{sn } 32^\circ 0' - 12,0 \cdot \text{cs } 32^\circ 0' \cdot \text{sn } 145^\circ 20' = -20,891$$

$$N = +7,2 \cdot \text{sn } 32^\circ 0' + 12,0 \cdot \text{cs } 32^\circ 0' \cdot \text{cs } 145^\circ 20' = -4,555$$

$$P = +7,2 \cdot \text{cs } 32^\circ 0' \cdot \text{sn } 145^\circ 20' - 28,5 \cdot \text{cs } 32^\circ 0' \cdot \text{cs } 145^\circ 20' = 23,351$$

слѣдовательно *простираніе пласта* α :

$$\text{tg} \alpha = -\frac{20,891}{4,555}$$

$$\alpha = 102^\circ 18'$$

Направленіе паденія:

$$\beta = 102^{\circ}18' + 90 = 192^{\circ}18'$$

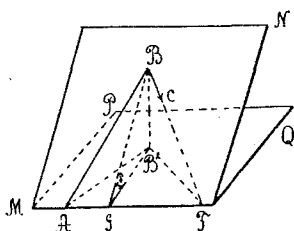
Уголъ паденія:

$$\begin{aligned} \cos \delta &= \frac{P}{\sqrt{M^2 + N^2 + P^2}} = \frac{23,351}{\sqrt{20,891^2 + 4,555^2 + 23,351^2}} \\ \delta &= 42^{\circ}28',5 \end{aligned}$$

2. Графическій способъ.

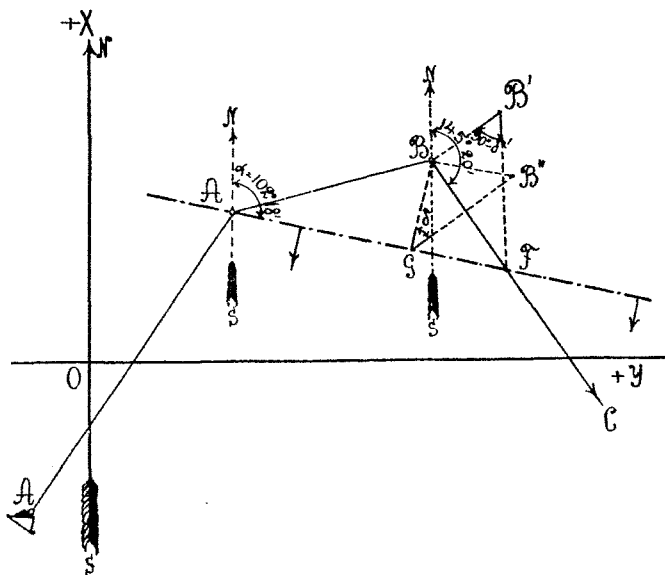
Нанеся на планъ положеніе пунктовъ А и В (черт. 12 и 13) и проекцію направленія ВС, будемъ искать по этому направленію такую точку пласта, которая была-бы на одномъ горизонтѣ съ А; тогда линія АГ и будетъ искомое простираніе.

Съ этою цѣлью проводимъ черезъ А (черт. 12) горизонтальную плоскость PQ, изъ В опускаемъ на нее перпендикуляръ BB' и, повернувъ $\triangle$ -къ BB'F въ плоскость плана, строимъ его по данному катету BB' = z'_2 и углу BFB' = δ' ,—такимъ образомъ и получимъ на планѣ точку F и линію простиранія АГ.



Черт. 12.

Что-бы получить уголъ паденія, воображаемъ вертикальное сѣченіе плоскостью, перпендикулярною къ линіи АГ, и поворачиваемъ $\triangle$ -къ сѣченія BB'G въ плоскость плана; построивъ его по катетамъ BB' и B'G, мы получаемъ уголъ паденія $\delta = \angle BGB'$.



Черт. 13.

Примѣръ 11. (Заданія примѣра 10-го).

Нанеся точки А и В (черт. 13) и направленіе ВС на планѣ, возстановляемъ перпендикуляръ

$$BB' = z'_2 = 12,0$$

и при точкѣ В' строимъ уголъ

$$FB'B = 90^\circ - \delta = 90^\circ - 32^\circ 0' = 58^\circ 0'$$

получаемъ точку F на пересѣченіи В'F съ ВС, а соединяя ее съ А получимъ линію *простиранія* AF; измѣривъ транспортиромъ уголъ между ОХ и AF, находимъ

$$\alpha = 102^\circ 18'$$

Направленіе паденія (см. стрѣлки у AF)

$$\beta = 192^\circ 18'$$

Уголъ паденія получимъ, опустивъ перпендикуляръ BG на AF и возставивъ перпендикуляръ къ BG:

$$BB'' = BB' = 12,0$$

тогда $\triangle$ -кѣ GBB'' (черт. 13) есть $\triangle$ -кѣ GB'B (черт. 12), повернутый въ плоскость плана; измѣривъ транспортиромъ уголъ BGB'', находимъ.

$$\delta = 42^\circ 29'$$

3. Тригонометрическій способъ.

Изъ $\triangle$ -ка BB'F (черт. 12 или 13) вычисляемъ катетъ BF по катету $BB' = z'_2$ и углу δ'

$$BF = BB' \cdot \operatorname{tg} BFB' = BB' \cdot \operatorname{tg} \delta'$$

Затѣмъ рѣшаемъ косоугольный $\triangle$ -кѣ ABF, въ которомъ изъ маркшейдерской съемки должны быть извѣстны длина и азимутъ линіи АВ; такимъ образомъ въ этомъ треугольникѣ извѣстны стороны АВ и BF и уголъ между ними:

$$\angle ABF = (BC) - (AB) = \alpha' - (AB)$$

Изъ этого $\triangle$ -ка находимъ уголъ BAF и BFA и искомое *простираніе*:

$$\alpha = (AB) + BAF$$

Что-бы вычислить уголъ паденія, мы изъ $\triangle$ -ка ABG (черт. 12 или 13) вычисляемъ:

$$BG = AB \cdot \operatorname{sn} BAG$$

а потомъ, — изъ $\triangle$ -ка BB''G (черт. 13) или BB'G (черт. 12) вычисляемъ:

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} BGB'' = \frac{BB''}{BG} = \frac{z'_2}{BG}$$

Примѣръ 12 (заданія примѣра 10 и 11-го).

Изъ $\triangle$ -ка $BB'F$ вычисляемъ:

$$BF = BB' \cdot \text{ctg } BFB' = z_2' \cdot \text{ctg } \delta' = 12,0 \cdot \text{tg } 58^\circ 0'$$

$$BF = 19,20.$$

Длина AB должна быть извѣстна изъ маркшейдерской съемки, или можетъ быть вычислена по координатамъ:

$$AB = \sqrt{x_2'^2 + y_2'^2} = \sqrt{7,2^2 + 28,5^2} = 29,40$$

Точно также изъ съемки долженъ быть извѣстенъ и азимуть линіи BA , или его также можно вычислить:

$$\text{tg } (AB) = \frac{y_2'}{x_2'} = \frac{28,5}{7,2}$$

$$(BA) = 75^\circ 49' + 180^\circ = 255^\circ 49'$$

такъ что уголъ

$$ABF = (BA) - (BC) = 255^\circ 49' - 145^\circ 20'$$

$$ABF = 110^\circ 29'$$

Теперь изъ $\triangle$ -ка ABF имѣемъ:

$$\frac{1}{2} (BAF + BFA) = 90 - \frac{ABF}{2} = 90 - \frac{110^\circ 29'}{2} = 34^\circ 46'$$

а съ другой стороны

$$\text{tg } \frac{1}{2} (BFA - BAF) = \left(\frac{AB - BF}{AB + BF} \right) \text{ctg } \frac{ABF}{2} = \left(\frac{29,40 - 19,20}{29,40 + 19,20} \right) \text{ctg } \frac{110^\circ 29'}{2}$$

откуда

$$\frac{1}{2} (BFA - BAF) = 8^\circ 17'$$

$$\frac{1}{2} (BAF + BFA) = 34^\circ 46'$$

отсюда находимъ

$$BAF = 26^\circ 29'$$

слѣдовательно *простираніе* пласта

$$\alpha = (AB) + \angle BAF = 75^\circ 49' + 26^\circ 29'$$

$$\alpha = 102^\circ 18'$$

Направленіе паденія

$$\beta = 191^\circ 18'$$

Уголъ паденія находится такъ: изъ $\triangle$ -ка ABG :

$$BG = AB \cdot \sin BAF = 29,40 \cdot \sin 26^\circ 29'$$

а изъ $\triangle$ -ка BGB'':

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{BB''}{BG} = \frac{12}{29,40 \cdot \sin 26^{\circ} 29'}$$

$$\delta = 42^{\circ} 58', 5$$

§ 5.

Пласть развѣданъ одной буровой скважиной и одной выработкой, у которой извѣстны направление и одна точка.

1. Аналитическій способъ. Примѣръ 13.

Пусть даны координаты точекъ

А и В (черт. 14):

$$x_1 = +1125,35 \quad x_2 = +1090,25$$

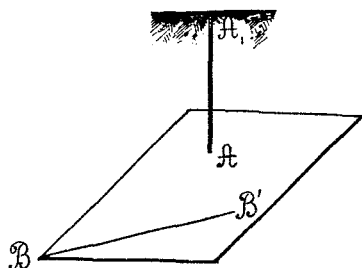
$$y_1 = +1240,20 \quad y_2 = +1200,36$$

$$z_1 = +40,05 \quad z_2 = +20,11$$

и направление выработки BB':

$$\alpha' = 63^{\circ} 27'$$

$$\delta' = 15^{\circ} 34'$$



Черт. 14.

Принявъ В за начало координатъ (0, 0, 0), найдемъ по § 6, гл. 1 [ур. (7) и (6); (6), а не (8), т. к. направление BB' взято по возстанію):

$$x'_2 = +35,10$$

$$y'_2 = +39,84$$

$$z'_2 = +19,94$$

$$M = +39,84 \cdot \sin 15^{\circ} 34' - 19,94 \cdot \cos 15^{\circ} 34' \cdot \sin 63^{\circ} 27' = -6,4916$$

$$N = -35,10 \cdot \sin 15^{\circ} 34' + 19,94 \cdot \cos 15^{\circ} 34' \cdot \cos 63^{\circ} 27' = -0,8310$$

$$P = +35,10 \cdot \cos 15^{\circ} 34' \cdot \sin 63^{\circ} 27' - 39,84 \cdot \cos 15^{\circ} 34' \cdot \cos 63^{\circ} 27' = +13,0921$$

Простирание:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{6,4916}{0,8310}$$

$$\alpha = 180 - 82^{\circ} 41' = 97^{\circ} 19'$$

Направление паденія (см. стр. 8 о направленіи простир.):

$$\beta = 97^{\circ} 19' + 90^{\circ} = 187^{\circ} 19'$$

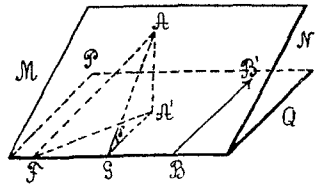
Уголъ паденія

$$\operatorname{cs} \delta = \frac{+13,0921}{\sqrt{6,4916^2 + 0,8310^2 + 13,0921^2}}$$

$$\delta = 26^{\circ} 33'$$

2. Графический способ.

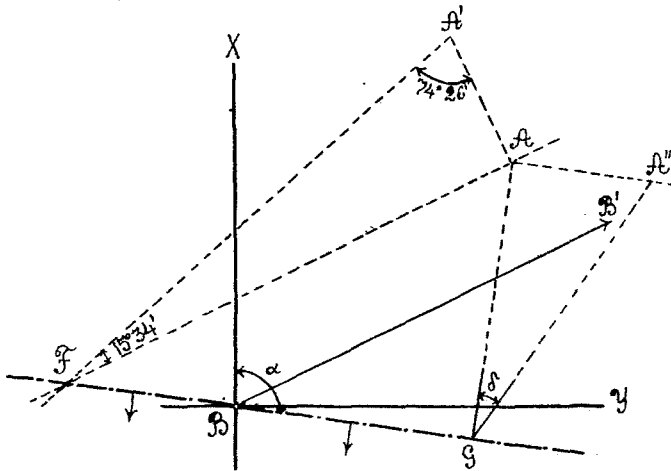
Вообразимъ черезъ точку В (черт. 15) горизонтальное сѣченіе PQ; проведемъ черезъ А направление AF параллельное данному BV', опустимъ изъ А перпендикуляръ AA' и полученный треугольникъ AA'F повернемъ въ плоскость плана (т. е. на горизонтальную плоскость PQ); построивъ этотъ треугольникъ по катету AA' и по углу наклона δ' линіи BV', мы найдемъ ту точку F пласта, которая лежитъ на одномъ горизонтѣ съ данной точкой В; а соединивъ F съ В,—получимъ искомое простирание; проведя же черезъ AA' вертикальную плоскость, перпендикулярную къ FB, мы получимъ треугольникъ AA'G; который на планѣ строимъ по двумъ катетамъ; въ немъ уголъ AGA' и есть искомое паденіе.



Черт. 15.

Примѣръ 14 (заданія примѣра 13-го).

Принявъ В за начало координатъ (черт. 16), наносимъ на планѣ



Черт. 16.

точку А и направление BV'; проводимъ AF параллельно BV', восстанавливаемъ перпендикуляръ

$$AA' = z'_2 = 19,94$$

строимъ уголъ

$$\angle AA'F = 90 - \delta' = 74^\circ 26'$$

получаемъ точку F, соединивъ которую съ В, получаемъ линію простирания FBG, азимутъ которой по измѣреніи транспортиромъ, называется равнымъ:

$$\alpha = 97^\circ 19'$$

Опустивъ, далѣе, перпендикуляръ AG къ линіи FB и возставивъ перпендикуляръ

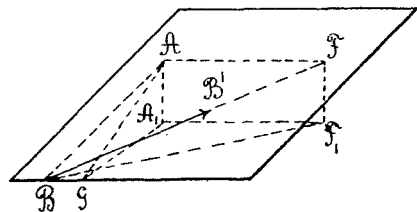
$$AA''=AA'=19,94$$

мы получаемъ $\triangle$ -къ $AA''G$, въ которомъ уголъ AGA есть искомый уголъ δ паденія пласта; по измѣреніи транспортиромъ оказывается

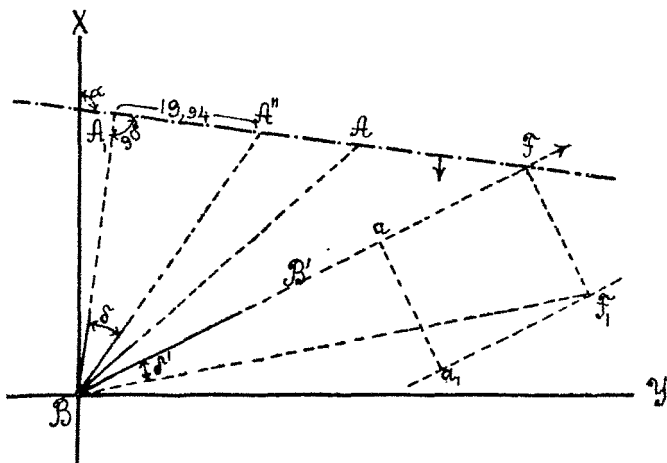
$$\delta=26^{\circ}33'$$

Направленіе паденія показано стрѣлками у линіи FB .

Это рѣшеніе можно нѣсколько видоизмѣнить, а именно,—вообразимъ вертикальное сѣченіе пласта MN (черт. 17) по линіи BF ; тогда получимъ $\triangle$ -къ BFF_1 , который, будучи повернутъ въ планъ (черт. 18), представится въ видѣ BFF_1 —его можно построить по катету $FF_1=19,94=AA_1$ и (черт. 17) по углу δ' , наклона BB' къ горизонту; итакъ, проведя на планѣ (черт. 18) линію BF_1 подъ угломъ $\delta'=15^{\circ}34'$ къ линіи BB' и возставивъ въ какой нибудь точкѣ a прямой BB' перпендикуляръ $aa_1=19,94$, и, проведя a_1F_1 параллельно BB' , мы получимъ точку F_1 ; опустивъ изъ нея



Черт. 17.



Черт. 18.

перпендикуляръ на BB' , мы получимъ точку F , находящуюся на одномъ горизонтѣ съ A , т. е. линія AF и есть искомое простирание, уголъ котораго, по измѣреніи транспортиромъ, оказывается

$$\alpha=97^{\circ}19'$$

Проведя затѣмъ вертикальное сѣченіе AA_1G (черт. 17) перпендикулярно къ линіи AF и повернувъ $\triangle$ -къ AA_1G , въ планѣ (черт. 18),

получимъ $\triangle$ -къ $A_1A''B$, въ которомъ уголъ паденія пласта, по измѣреніи транспортиромъ, оказывается:

$$\delta = 26^{\circ}33'$$

3. Тригонометрическій способъ.

Сперва вычисляемъ въ $\triangle$ -кѣ BFF_1 (черт. 18) длину

$$BF = FF_1 \cdot \text{ctg} \delta' = z'_2 \cdot \text{ctg} \delta'$$

а по координатамъ—длину

$$AB = \sqrt{x'^2_2 + y'^2_2}$$

а азимуть ея:

$$\text{tg}(BA) = \frac{y'_2}{x'_2}$$

а такъ какъ направленіе (азимуть) линіи FB данъ:

$$(BF) = \alpha'$$

то въ $\triangle$ -кѣ ABF уголъ

$$\angle ABF = (BF) - (BA)$$

Рѣшая $\triangle$ -къ BAF по углу и двумъ сторонамъ, его содержащимъ, мы найдемъ остальные углы этого $\triangle$ -ка, а слѣдовательно и азимуть линіи AF , т. е. искомое *простираніе* пласта:

$$\alpha = (AB) - \angle BAF$$

Паденіе пласта вычисляется такъ: сперва изъ $\triangle$ -ка AA_1B вычисляемъ

$$A_1B = AB \cdot \sin A_1AB = AB \cdot \sin (180 - BAF)$$

а затѣмъ изъ $\triangle$ -ка $A_1A''B$:

$$\text{tg} \delta = \frac{A_1A''}{A_1B} = \frac{z'_2}{A_1B}$$

Примѣръ 15. (Заданія примѣра 13).

$$BF = 19,94 \cdot \text{ctg} 15^{\circ}34' = 71,57$$

$$AB = \sqrt{39,84^2 + 35,10^2} = 53,10$$

$$\text{tg}(BA) = \frac{39,84}{35,10}$$

$$BA = 48^{\circ}37'$$

$$(BB') = \alpha' = 63^{\circ}27'$$

$$\angle ABF = 14^{\circ}50'$$

Рѣшаемъ $\triangle$ -къ ABF:

$$\frac{1}{2}(FAB + AFB) = 90^\circ - \frac{14^\circ 50'}{2} = 82^\circ 35'$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(FAB - AFB) = \left(\frac{71,57 - 53,10}{71,57 + 53,10} \right) \operatorname{ctg} \frac{14^\circ 50'}{2}$$

откуда

$$\frac{1}{2}(FAB - AFB) = 48^\circ 42'$$

слѣдовательно

$$\angle FAB = 131^\circ 17'$$

$$\angle AFB = 33^\circ 53'$$

но

$$\alpha' = (BB') = 63^\circ 27'$$

слѣдовательно искомое *простираніе* пласта

$$\alpha = (48^\circ 37' + 180^\circ) - 131^\circ 27'$$

или

$$\alpha = 33^\circ 53' + 63^\circ 27' = 97^\circ 20'$$

Далѣе вычисляемъ:

$$A_1B = 53,10 \cdot \sin 131^\circ 17' = 39,90$$

и *уголъ паденія*:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{19,94}{39,90}$$

$$\delta = 26^\circ 33'$$

III. Случай 3-го типа.

§ 6.

Опредѣлить паденіе и простираніе пласта по обнаженіямъ его въ стѣнкахъ шурфа прямоугольнаго сѣченія.

1-ый случай.

1. Аналитическій способъ.

Пусть (черт. 19):

ХОZ и YOZ—стѣнки шурфа, которыя принимаемъ за координатныя плоскости;

О'А и О'В—обнаженія висячаго бока пласта въ этихъ стѣнкахъ, *оба направленные внизъ*.

α_0 —азимуть линій ОХ и О'А

$90 + \alpha_0$ —азимуть линій ОУ и О'В

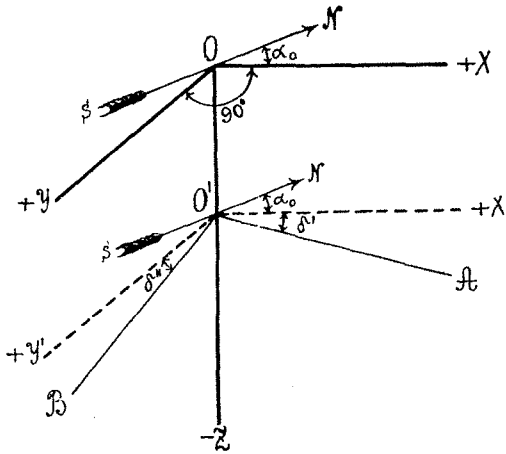
δ' и δ'' —измѣренныя наклоны линій О'А и О'В къ горизонту.

Тогда, согласно ур. (6) § 7, гл. 1, уравнение плоскости пласта:

$$Mx + Ny + Pz = 0 \dots\dots\dots (1)$$

гдѣ

$$\left. \begin{aligned} M &= + \sin \delta' \cdot \cos \delta'' \\ N &= + \cos \delta' \cdot \sin \delta'' \\ P &= + \cos \delta' \cdot \cos \delta'' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2).$$



Черт. 19.

Простирание пласта, какъ пересѣченіе (1) съ горизонтальной плоскостью

$$z=0 \dots\dots\dots (3)$$

будетъ опредѣлено по формулѣ:

$$\operatorname{tg} \alpha' = -\frac{M}{N} \dots\dots\dots (4)$$

$$\alpha = \alpha' + \alpha_0 \dots\dots\dots (5)$$

а паденіе, какъ уголъ между (1) и (3),—по формулѣ:

$$\cos \delta = \frac{P}{\sqrt{M^2 + N^2 + P^2}} \dots\dots\dots (6)$$

Примѣръ 16.

Пусть на мѣстѣ измѣрены слѣдующія величины:

$$\alpha_0 = 22^\circ 10'$$

$$\delta' = 10^\circ 23'$$

$$\delta'' = 8^\circ 3'$$

Тогда по (2) находимъ:

$$M = + \operatorname{sn} 10^{\circ} 23' \cdot \operatorname{cs} 8^{\circ} 3' = +0,17846$$

$$N = + \operatorname{cs} 10^{\circ} 23' \cdot \operatorname{sn} 8^{\circ} 3' = +0,13775$$

$$P = + \operatorname{cs} 10^{\circ} 23' \cdot \operatorname{cs} 8^{\circ} 3' = +0,97408$$

$$\operatorname{tg} \alpha' = - \frac{0,17846}{0,13775}$$

$$\alpha' = 180^{\circ} - 52^{\circ} 20' = 127^{\circ} 40'$$

и искомое *простираніе* пласта (см. § о направленіи простиранія):

$$\alpha = 180 + 127^{\circ} 40' + 22^{\circ} 10' = 149^{\circ} 50' + 180 = 329^{\circ} 50'$$

Направление паденія

$$\beta = \alpha + 90^{\circ} = 59^{\circ} 50'$$

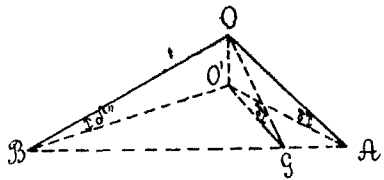
Уголъ паденія:

$$\operatorname{cs} \delta = \frac{0,97408}{\sqrt{0,17846^2 + 0,13775^2 + 0,97408^2}}$$

$$\delta = 13^{\circ} 0'$$

2. Графическій способъ. I способъ построения.

Пусть (черт. 20) ОА и ОВ суть обнаженія пласта въ стѣнкахъ шурфа. Черезъ произвольную точку А проведемъ горизонтальную плоскость АВО'; линія АВ и будетъ искомою линією простиранія пласта, ибо она соединяетъ точки А и В, находящіяся на одномъ горизонтѣ. Опустивъ изъ О перпендикуляръ ОО' и повернувъ въ плоскость плана треугольники ОО'А и ОО'В, мы построимъ ихъ по катетамъ О'А и О'В и угламъ δ' и δ'' . Затѣмъ, проведя вертикальное сѣченіе черезъ ОО' перпендикулярно къ АВ, получимъ $\triangle$ -къ ОО'G который строимъ по катетамъ ОО', и О'G; уголъ его ОГО' и есть искомый уголъ паденія.



Черт. 20.

Примѣръ 17 (заданія примѣра 16-го).

Проведя (черт. 21) направленіе меридіана О—Nord и линію О—Ost, наносимъ на планъ стѣнки шурфа ОХ и ОУ подъ углами:

$$\alpha_0 = 22^{\circ} 10'$$

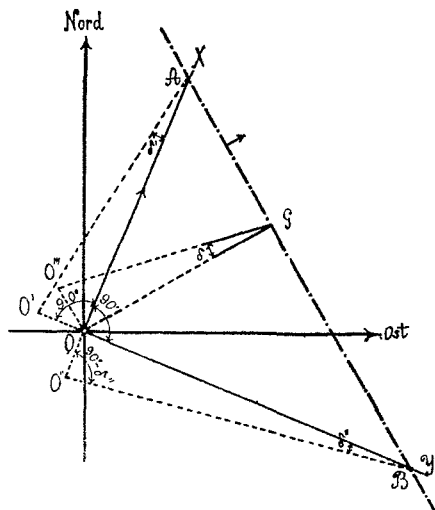
и

$$\alpha'_0 = 22^{\circ} 10' + 90^{\circ} = 112^{\circ} 10'$$

При произвольной точкѣ А на линіи ОХ плана строимъ уголъ $\delta' = 10^\circ 28'$ и опускаемъ на нее перпендикуляръ OO' ; треугольникъ $OO'A$ соотвѣтствуетъ Δ -ку $OO'A$ (черт. 20); затѣмъ изъ О возставляемъ перпендикуляръ и откладываемъ на немъ $OO'' = OO'$; при точкѣ O'' строимъ уголъ $90^\circ - \delta'' = 81^\circ 57'$, — получаемъ Δ -къ $OO''B$, который соотвѣтствуетъ Δ -ку $OO'B$ (черт. 20).

Линія АВ и есть искомая линія простиранія; по измѣреніи транспортиромъ, уголъ ея съ меридіаномъ (Nord) оказывается равнымъ (см. § 2):

$$\alpha = 149^\circ 50' + 180 = 329^\circ 50'$$



Черт. 21.

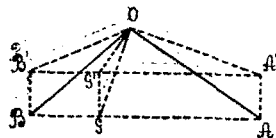
Опустивъ далѣе изъ О перпендикуляръ OG на линію АВ и возставивъ къ OG перпендикуляръ $OO''' = OO'' = OO'$, мы получаемъ Δ -къ $OO'''G$, который соотвѣтствуетъ Δ -ку $OO'G$ (черт. 20); уголъ его OGO''' , по измѣреніи транспортиромъ, оказывается равнымъ

$$\delta = 13^\circ 0'$$

Что касается направленія паденія, то оно должно быть вправо отъ АВ, ибо въ ту-же сторону направлены и паденія обнаженій ОА и ОВ.

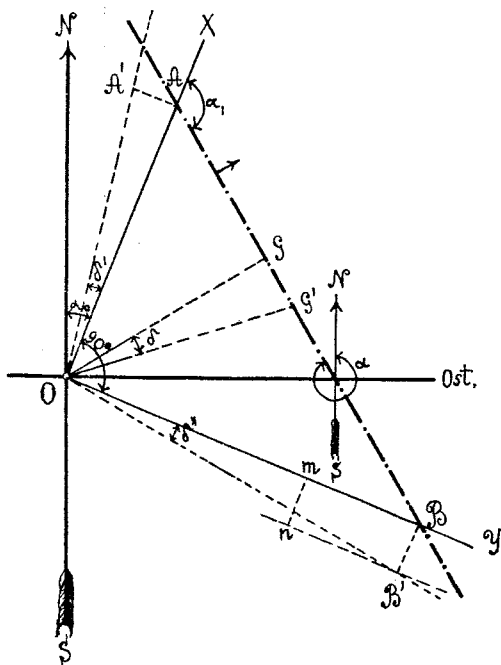
2-й способъ построенія.

Вообразимъ горизонтальную плоскость $OA'B'$ черезъ точку О (черт. 22); возьмемъ на линіи ОА произвольную точку А и опустимъ изъ нея перпендикуляръ AA' на плоскость $OA'B'$; затѣмъ строимъ Δ -къ OBV' , у котораго катетъ $BV' = AA'$ и уголъ $BOV' = \delta''$; соединивъ А и В, получаемъ простираніе, а проведя вертикальное сѣченіе черезъ О перпендикулярно къ АВ, получимъ прямоугольный Δ -къ OGG' , въ которомъ уголъ GOG' есть искомый уголъ паденія.



Черт. 22.

Ходъ построений на планѣ (черт. 23) здѣсь будетъ таковъ: нанеся направленія обнаженій ОА и ОВ, изъ произвольной точки А возстановляемъ перпендикуляръ АА' и проводимъ ОА' подъ угломъ $\delta' = 10^{\circ}20'$ къ ОА, — получаемъ $\triangle$ -къ ОАА'; изъ произвольной точки *m* на прямой ОВ возставляемъ перпендикуляръ $mn = AA'$, проводимъ черезъ *n* параллель къ ОВ и строимъ уголъ $BOB' = \delta'' = 8^{\circ}3'$; тогда получимъ точку В', изъ которой опускаемъ перпендикуляръ В'В, а соединивъ В съ А, получаемъ искомую линію простирания, — ея азимутъ (см. § 2) $\alpha = 329^{\circ}50'$.



Черт. 23.

Опустивъ далѣе перпендикуляръ OG и отложивъ $GG' = AA'$, получаемъ $\triangle$ -къ OGG', въ которомъ уголъ $GOG' = \delta = 13^{\circ}0'$ есть искомый уголъ паденія пласта

3. Тригонометрическій способъ.

Изъ $\triangle$ -ка ОАА' (черт. 22 или 23) имѣемъ:

$$AA' = OA \cdot \operatorname{tg} \delta'$$

изъ $\triangle$ -ка ОВВ':

$$BB' = AA' = OB \cdot \operatorname{tg} \delta''$$

слѣдовательно

$$OA \cdot \operatorname{tg} \delta' = OB \cdot \operatorname{tg} \delta'' \dots \dots \dots (1)$$

а изъ $\triangle$ -ка ОАВ:

$$OB = OA \cdot \operatorname{tg} OAB \dots \dots \dots (2)$$

Умноживъ (1) на (2), получаемъ

$$\operatorname{tg} OAB = \frac{\operatorname{tg} \delta'}{\operatorname{tg} \delta''} = \operatorname{tg}(180 - \alpha_1) \dots \dots \dots (3)$$

и искомое *простираніе* пласта

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_0 \dots \dots \dots (4)$$

Далѣ, изъ $\triangle$ -ка OGG' *уголъ паденія* опредѣлится такъ:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{GG'}{OG} = \frac{AA'}{OG}$$

но изъ $\triangle$ -ка OGA :

$$OG = OA \cdot \sin OAG = OA \cdot \sin \alpha_1$$

слѣдовательно:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{AA_1}{OA \cdot \sin \alpha_1} = \frac{OA \cdot \operatorname{tg} \delta'}{OA \cdot \sin \alpha_1} = \frac{\operatorname{tg} \delta'}{\sin \alpha_1} \dots \dots \dots (5)$$

Примѣръ 18 (заданія примѣра 16-го *).

По (3) находимъ:

$$\operatorname{tg} OAB = \frac{\operatorname{tg} 10^\circ 23'}{\operatorname{tg} 8^\circ 3'}$$

$$OAB = 180^\circ - \alpha_1 = 52^\circ 20'$$

слѣдовательно:

$$XAB = \alpha_1 = 127^\circ 40'$$

а простираніе пласта по (4) (см. § 2):

$$\alpha = 180^\circ + 22^\circ 10' + 127^\circ 40' = 329^\circ 50'$$

Паденіе же пласта по (5):

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} 10^\circ 23'}{\sin 52^\circ 20'}$$

$$\delta = 13^\circ 1'$$

§ 7.

Та-же задача. 2-й случай. Одно обнаженіе направлено внизъ, другое—вверхъ.

Пусть обнаженіе $O'A$ (черт. 24) направлено внизъ, а $O'B$ —вверхъ

1. Аналитическій способъ.

Здѣсь вмѣсто $+\delta''$, нужно положить $-\delta''$, такъ что, вмѣсто (2) стр. 39, будетъ:

$$M = +\sin \delta' \cdot \cos \delta''$$

$$N = -\cos \delta' \cdot \sin \delta''$$

$$P = +\cos \delta' \cdot \cos \delta''$$

*) Предлагается сравнить этотъ способъ со способомъ, приведеннымъ въ „Физ. Геологii“ Мушкетова, изд. 1891 г., стр. 465—470, и въ „Разъѣдкахъ“ Войслова (глава о „способѣ Урбановича“).

3. Тригонометрический способ ничѣмъ не отличается отъ предыдущаго.

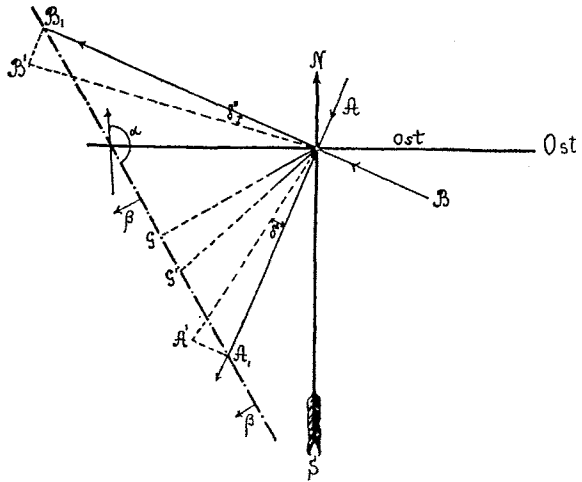
§ 8.

Та-же задача. 3-й случай: оба обнаженія направлены вверхъ.

Въ этомъ случаѣ и δ' и δ'' отрицательны и потому, какъ простираніе, такъ и паденіе остаются тѣ-же, что и въ 1-мъ случаѣ, но направленіе паденія (β) будетъ обратное. Мы приводимъ только графическое рѣшеніе.

Примѣръ 21 (черт. 26).

Заданія и ходъ рѣшенія—какъ выше, только построенія нужно производить на линіяхъ OA_1 и OB_1 , служащихъ продолженіями OA и OB такъ, чтобы онѣ имѣли направленія *отъ* точки O .



Черт. 26.

§ 9.

Найти паденіе и простираніе пласта по обнаженіямъ его въ горизонтальной выработкѣ прямоугольнаго сѣченія. 1-й случай.

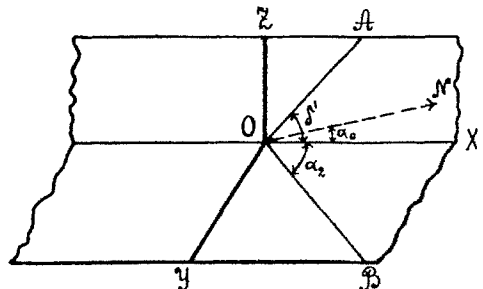
Пусть OA и OB обнаженія висячаго бока пласта въ стѣнкѣ и почвѣ горизонтальной выработки (черт. 27).

ON —меридіанъ (въ плоскости XOY)

α_0 —азимутъ линій OX и OA ;

α_2 —азимутъ линіи OB ;

δ_1 —наклонъ къ горизонту линіи OA .*)



Черт. 27.

*) На черт. 27 и 28 вмѣсто δ' нужно δ_1

1. Аналитическій способъ.

Такъ какъ почва выработки горизонтальна, то направленіе ОВ и есть линія искомага простиранія пласта, т. е.

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_2 \dots \dots \dots (1)$$

Уголъ же паденія опредѣлится такъ:

По ур. (2) § 7, гл. 1, уравненіе плоскости пласта будетъ:

$$Mx + Ny + Pz = 0 \dots \dots \dots (2)$$

гдѣ М, N и Р имѣютъ значенія (3), § 7, гл. 1.

Но наклонъ линіи ОВ къ горизонту

$$\delta_2 = 0$$

и кромѣ того на черт. 27 линія ОА находится въ координатной плоскости ZOX; поэтому въ формулахъ (3) § 7, гл. 1, мы должны принять для разсматриваемаго случая:

$$\delta_2 = 0$$

$$\alpha_1 = 0$$

и тогда получимъ:

$$\left. \begin{aligned} M &= - \operatorname{sn} \delta_1 \cdot \operatorname{sn} \alpha_2 \\ N &= + \operatorname{sn} \delta_1 \cdot \operatorname{cs} \alpha_2 \\ P &= + \operatorname{cs} \delta_1 \cdot \operatorname{sn} \alpha_2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

и искомый уголъ паденія, какъ уголъ между плоскостью (2) и горизонтомъ, выразится такъ:

$$\operatorname{cs} \delta = \frac{P}{\sqrt{M^2 + N^2 + P^2}} \dots \dots \dots (4).$$

Примѣръ 21.

Пусть

$$\alpha_0 = 22^\circ 10'$$

$$\delta_1 = 34^\circ 15'$$

$$\alpha_2 = 27^\circ 12'$$

Тогда по (3):

$$M = - \operatorname{sn} 34^\circ 15' \cdot \operatorname{sn} 27^\circ 12' = -0,25726$$

$$N = + \operatorname{sn} 34^\circ 15' \cdot \operatorname{cs} 27^\circ 12' = +0,50058$$

$$P = + \operatorname{cs} 34^\circ 15' \cdot \operatorname{sn} 27^\circ 12' = +0,37783$$

Простираніе пласта:

$$\alpha = \alpha_2 + \alpha_0 = 27^\circ 12' + 22^\circ 10' = 49^\circ 22'$$

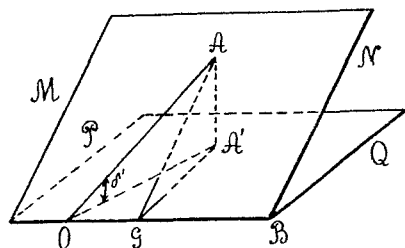
падєніє пласта:

$$cs\delta = \frac{0,37783}{\sqrt{0,25726^2 + 0,50058^2 + 0,37783^2}}$$

$$\delta = 56^\circ 8'$$

2. Графіческій способъ. 1-ый способъ построєнія.

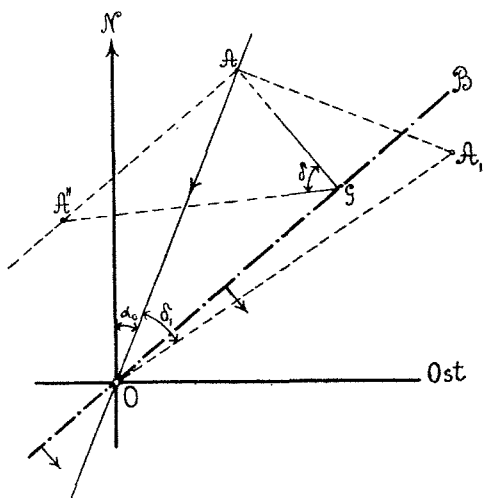
Пусть ОА линія обнаженія пласта MN въ стѣнкѣ выработки, а ОВ въ почвѣ ея (черт. 28). Такъ какъ почва предполагается горизонтальною, то линія ОВ и есть линія простиранія пласта. Остается найти линію и уголъ паденія. Съ этой цѣлью, проведя черезъ ОВ горизонтальную плоскость PQ, опустимъ на нее перпендикуляръ AA' изъ какойнибудь точки А прямой ОА. Повернувъ $\triangle$ -къ AA'O въ плоскость плана, мы можемъ его построить по углу δ_1 и взятой длинѣ ОА'. Затѣмъ, проведя черезъ AA' вертикальную плоскость перпендикулярно къ ОВ, получимъ $\triangle$ -къ AA'G, который, повернувъ въ плоскость плана, построимъ по катетамъ AA' и A'G; его уголъ $\angle AGA'$ и есть искомый уголъ δ паденія пласта.



Черт. 28.

Примѣръ 22 (заданія прилѣга 21-го).

Нанеся на планъ (черт. 29) направленія ОА и ОВ, мы имѣемъ линію простиранія ОВ: (Nord—О—В) = $\alpha = 49^\circ 22'$. Изъ какой-нибудь точки А прямой ОА возстаемъ перпендику-



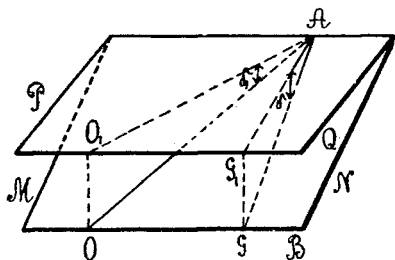
Черт. 29.

ляръ AA₁, а при точкѣ О строимъ уголъ AOA₁ = δ_1 , —получаемъ точку A₁, причѣмъ $\triangle$ -къ AOA₁ (черт. 29). соотвѣтствуетъ $\triangle$ -ку AOA' (черт. 28). Далѣе, —изъ А опускаемъ перпендикуляръ AG на линію ОВ и къ AG возстаемъ перпендикуляръ AA'' = AA₁, —получаемъ $\triangle$ -хъ AA''G, соотвѣтствующій $\triangle$ -ку AA'G (черт. 28); измѣривъ транспортомъ уголъ AGA'', находимъ уголъ паденія пласта:

$$\delta = 56^\circ 8'$$

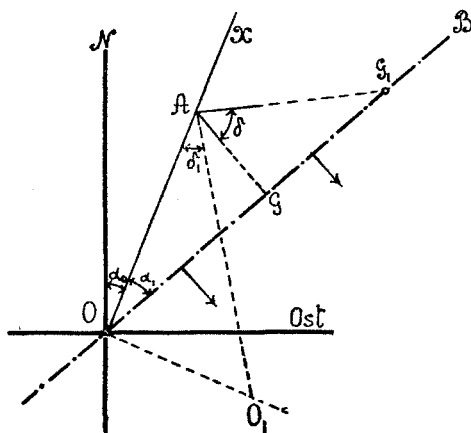
2-ой способъ построения.

Проведя горизонтальную плоскость PQ (черт. 30) через точку A прямой OA и опустивъ на нее перпендикуляръ OO_1 , мы получаемъ $\triangle$ -къ AOO_1 , повернувъ который въ плоскость плана, можемъ построить по углу δ_1 и взятой длинѣ AO_1 . Далѣе, проведя вертикальную плоскость черезъ A перпендикулярно къ линіи простирания OB, мы получимъ $\triangle$ -къ AGG_1 , который можно построить по катетамъ AG_1 и $GG_1=OO_1$; уголъ его GAG_1 и есть искомый уголъ паденія δ .



Черт. 30.

Итакъ, проведя на планѣ (черт. 31) линіи OA и OB, возставляемъ изъ O перпендикуляръ OO_1 къ OA; при какой-нибудь точкѣ его O_1 строимъ уголъ $OO_1A=90^\circ - \delta_1$, — получаемъ $\triangle$ -къ AOO_1 (черт. 30); затѣмъ, опустивъ изъ A перпендикуляръ AGи, отложивъ $GG_1=OO_1$, мы получаемъ треугольникъ AGG_1 , въ которомъ уголъ G_1AG есть искомый уголъ паденія; по измѣреніи транспортиромъ онъ оказывается равнымъ



Черт. 31.

$$\delta = 56^\circ 8'$$

3. Тригонометрическій способъ.

Изъ $\triangle$ -ка AOO_1 имѣемъ:

$$OO_1 = AO \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

Изъ $\triangle$ -ка AGG_1 :

$$GG_1 = OO_1 = AG \cdot \operatorname{tg} \delta$$

слѣдовательно

$$AO \cdot \operatorname{tg} \delta_1 = AG \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Но изъ $\triangle$ -ка AOG:

$$AG = AO \cdot \operatorname{sn} \alpha_1$$

Слѣдовательно искомый уголъ паденія (см. (5), стр. 43)

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{sn} \alpha_1}$$

Примѣръ 23 (заданія примѣра 21-го).

Уголъ паденія:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} 34^{\circ} 15'}{\operatorname{sn} 27^{\circ} 12'}$$

$$\delta = 56^{\circ} 8'$$

тотъ-же результатъ, что и выше.

§ 10.

**Пласть даетъ обнаженія въ стѣнкѣ и почвѣ горизонтальной выра-
ботки. 2-й случай.**

Пусть обнаженія пласта
ОА и ОВ расположены такъ,
какъ показано на черт. 32.

1. Аналитическій способъ.

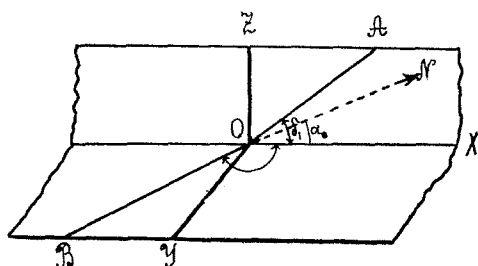
Примѣръ 24.

Пусть здѣсь

$$\alpha_0 = 22^{\circ} 10'$$

$$\delta_1 = 34^{\circ} 15'$$

$$\alpha_2 = 117^{\circ} 12'$$



Черт. 32.

Въ этомъ случаѣ также простираніе пласта равно простиранію
линіи ОВ, т. е.

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_2 = 22^{\circ} 10' + 117^{\circ} 12'$$

$$\alpha = 139^{\circ} 22'$$

Для угла-же паденія формулы предыдущаго § даютъ:

$$M = -\operatorname{sn} 34^{\circ} 15' \cdot \operatorname{sn} 117^{\circ} 12' = -0,50058$$

$$N = +\operatorname{sn} 34^{\circ} 15' \cdot \operatorname{cs} 117^{\circ} 12' = -0,25726$$

$$P = +\operatorname{cs} 34^{\circ} 15' \cdot \operatorname{sn} 117^{\circ} 12' = +0,73519$$

$$\operatorname{cs} \delta = \frac{P}{\sqrt{M^2 + N^2 + P^2}} = \frac{0,73519}{0,9259}$$

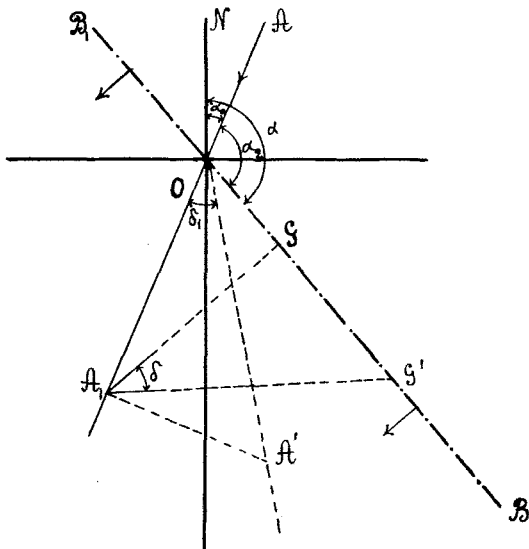
$$\delta = 37^{\circ} 26'$$

2. Графическій способъ. Примѣръ 25.

Нанеся на планъ (черт. 33) линіи ОА и ОВ и продолживъ ОА
до А₁ такъ, чтобы направленіе ея шло отъ О, беремъ на ней про-
извольную точку А₁, возставаемъ перпендикуляръ А₁А', проводимъ
ОА' подъ угломъ δ_1 къ ОА₁,—получаемъ точку А'. Изъ А₁ опускаемъ

перпендикуляръ A_1G на линію B_1B , простираніе которой $\alpha = 139^\circ 22'$, откладываемъ $GG' = A_1A'$ и получаемъ $\triangle$ -къ A_1GG' , въ которомъ уголъ паденія

$$\delta = \angle GA_1G' = 37^\circ 26'$$



Черт. 33.

3. Тригонометрический способ. Примѣръ 26.

По формулѣ (см. предыдущій § стр. 48, внизу):

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{sn} \alpha_2} = \frac{\operatorname{tg} 34^\circ 15'}{\operatorname{sn} 117^\circ 12'}$$

получаемъ

$$\delta = 37^\circ 26'$$

§ 11.

Опредѣлить паденіе и простираніе пласта по обнаженіямъ его бока въ стѣнкѣ и почвѣ наклонной выработки.

1. Аналитическій способъ.

Пусть (черт. 34) въ самомъ общемъ случаѣ:

X, Y, Z —оси координатъ;

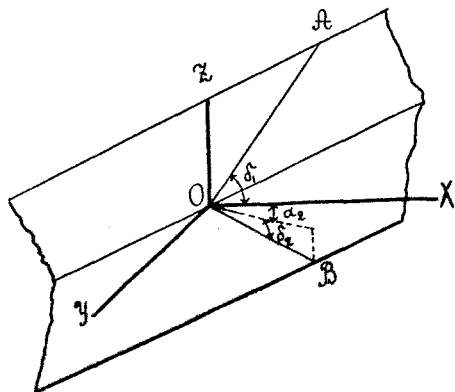
AO и OB —обнаженія висячаго бока пласта въ стѣнкѣ и кровлѣ выработки;

δ_1 —наклонъ AO къ горизонту;

δ_2 " " BO

$\alpha_1 = \text{уголъ } OA \text{ съ плос-}$
 $\text{костью } ZOY$
 $\alpha_2 = \text{уголъ } OB \text{ съ плос-}$
 $\text{костью } ZOY$

(азимуты)



Черт. 34.

Тогда уравнение плоскости висячаго бока пласта будетъ:

$$Mx + Ny + Pz = 0 \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ по § 7, гл. 1:

$$\left. \begin{aligned} M &= \text{cs}\delta_1 \cdot \text{sn}\alpha_1 \cdot \text{sn}\delta_2 - \text{sn}\delta_1 \cdot \text{cs}\delta_2 \cdot \text{sn}\alpha_2 \\ N &= -(\text{cs}\delta_1 \cdot \text{cs}\alpha_1 \cdot \text{sn}\delta_2 - \text{sn}\delta_1 \cdot \text{cs}\delta_2 \cdot \text{cs}\alpha_2) \\ P &= \text{cs}\delta_1 \cdot \text{cs}\alpha_1 \cdot \text{cs}\delta_2 \cdot \text{sn}\alpha_2 - \text{cs}\delta_2 \cdot \text{cs}\alpha_2 \cdot \text{cs}\delta_1 \cdot \text{sn}\alpha_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

и *простираніе*:

$$\text{tg}\alpha = -\frac{M}{N} \dots \dots \dots (3)$$

а *уголъ паденія*:

$$\text{cs}\delta = \frac{P}{\sqrt{M^2 + N^2 + P^2}}$$

Примѣръ 27.

Пусть:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= + 65^\circ 30' \} \text{знакъ } \pm \text{ относительно} \\ \delta_2 &= - 10^\circ 14' \} \text{горизонт. пл.} \\ \alpha_1 &= 316^\circ 0' = 360^\circ - 44^\circ 0' \\ \alpha_2 &= 23^\circ 45' \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} M &= \text{cs}65^\circ 30' \cdot \text{sn}44^\circ 0' \cdot \text{sn}10^\circ 14' - \text{sn}65^\circ 30' \cdot \text{cs}10^\circ 14' \cdot \text{sn}23^\circ 45' = -0,30958 \\ N &= \text{cs}65^\circ 30' \cdot \text{cs}44^\circ 0' \cdot \text{sn}10^\circ 14' + \text{sn}65^\circ 30' \cdot \text{cs}10^\circ 14' \cdot \text{cs}23^\circ 45' = +0,87266 \\ P &= \text{cs}65^\circ 30' \cdot \text{cs}44^\circ 0' \cdot \text{cs}10^\circ 14' \cdot \text{sn}23^\circ 45' + \\ &\quad + \text{cs}65^\circ 30' \cdot \text{sn}44^\circ 0' \cdot \text{cs}23^\circ 45' = +0,37771 \end{aligned}$$

слѣдовательно

$$\text{tg}\alpha = +\frac{0,30958}{0,87266}$$

и *искоемое простираніе*:

$$\alpha = 19^\circ 32'$$

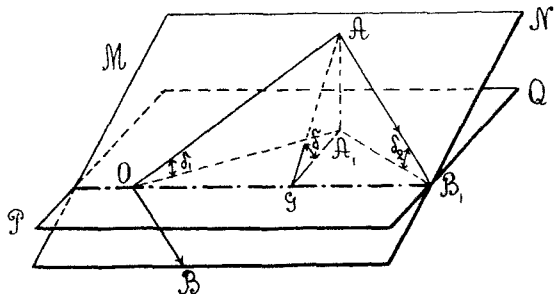
а *паденіе*

$$\begin{aligned} \text{cs}\delta &= \frac{0,37771}{\sqrt{0,30958^2 + 0,87266^2 + 0,37771^2}} \\ \delta &= 67^\circ 50' \end{aligned}$$

2. Графическій способъ.

Пусть MN—пласть (черт. 35) OA и OB—его обнаженія. Проведемъ черезъ O горизонтальную плоскость PQ и, взявъ на OA произвольную точку A, отнесемъ къ ней параллельно самому себѣ на-

правление OB . Опустивъ изъ A перпендикуляръ AA_1 на плоскость PQ и продолживъ AB_1 ($\parallel OB$) до встрѣчи въ точкѣ B_1 съ линіей OB_1 , мы получаемъ треугольники OAA_1 и AA_1B_1 , изъ которыхъ первый на планѣ можетъ быть построенъ по взятой длинѣ OA_1 и углу δ_1 , а второй—по углу δ_2 и катету AA_1 , взятому изъ 1-го $\triangle$ -ка. Линія OB_1 и есть искомое простираніе.



Черт. 35.

Проведя черезъ AA_1 вертикальную плоскость перпендикулярно къ OB_1 , мы получимъ $\triangle$ -къ AA_1G , въ которомъ уголъ $AGA_1 = \delta$ есть искомый уголъ паденія.

Примѣръ 28. (Заданія примѣра 27-го).

Проведя направленіе (черт. 36) OA (съ азимутомъ $316^\circ 0'$) и OB съ азимутомъ $23^\circ 45'$) продолжаемъ OA въ обратную сторону, беремъ на ней произвольную точку A' , возставляемъ перпендикуляръ $A'A''$ до встрѣчи съ линією OA'' , проведенной подъ угломъ $\delta_1 = 65^\circ 30'$ къ линіи OA_1 ,—получаемъ треугольникъ $OA'A''$. Затѣмъ проводимъ OB' подъ угломъ $\delta_2 = 10^\circ 14'$ къ линіи OB , изъ произвольной точки m прямой OB возставляемъ перпендикуляръ mp , откладываемъ $mp = A'A''$, проводимъ черезъ p параллель къ OB до встрѣчи съ OB' въ точкѣ B' ; изъ B' опускаемъ перпендикуляръ $B'B_1$ къ линіи OB и, соединивъ A' съ B_1 , получаемъ искомую линію простиранія. Азимутъ ея по измѣреніи транспортиромъ оказывается.

$$\alpha = 19^\circ 32'$$

Далѣе, опустивъ перпендикуляръ OG на линію простиранія $A'B_1$, отложивъ $GG_1 = A'A''$ и соединивъ O съ G_1 , мы получимъ искомый уголъ паденія GOG_1 , который по измѣреніи оказывается равнымъ:

$$\delta = 67^\circ 50'$$

Направленіе паденія показано стрѣлками у линіи $A'B_1$.

3. Тригонометрическій способъ.

Изъ $\triangle$ -ковъ $OA'A''$ и $OB'B_1$, гдѣ $A'A'' = B'B_1$, имѣемъ:

$$OB_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_2 = OA' \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

откуда

$$\frac{OB_1}{OA'} = \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta_2} \dots \dots \dots (1)$$

или

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{OA'}{GO} \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

Но изъ $\triangle$ -ка GOA':

$$\frac{OA'}{GO} = \frac{1}{\cos GOA'}$$

причемъ

$$\angle GOA' = 180^\circ - (\angle AOX + \alpha + 90^\circ)$$

гдѣ

$$\angle AOX = 360^\circ - \alpha_1$$

слѣдовательно

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\cos GOA'} \cdot \operatorname{tg} \delta_1 = \frac{1}{\sin(\alpha - \alpha_1)} \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

Совершенно такимъ-же путемъ мы найдемъ, что также

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\sin(\alpha - \alpha_2)} \cdot \operatorname{tg} \delta_2$$

Примѣръ 29 (тѣ-же задания)

$$\frac{OB_1}{OA'} = \frac{\operatorname{tg} 65^\circ 30'}{\operatorname{tg} 10^\circ 14'} \dots \dots \dots (1)$$

$$\angle A'OB_1 = 316^\circ 0' - 23^\circ 45' - 180^\circ = 112^\circ 15'$$

Рѣшаемъ $\triangle$ -къ OA'B₁:

$$\frac{1}{2}(\angle OB_1A' + \angle OA'B_1) = 90^\circ - \frac{\angle A'OB_1}{2} = 33^\circ 52',5 \dots \dots \dots (2)$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2}(\angle OA'B_1 - \angle OB_1A') = \left(\frac{OB_1 - OA'}{OB_1 + OA'} \right) \operatorname{ctg} \frac{112^\circ 15'}{2} \dots \dots \dots (3)$$

но изъ (1):

$$\frac{OB_1 - OA'}{OB_1 + OA'} = \frac{\operatorname{tg} 65^\circ 30' - \operatorname{tg} 10^\circ 14'}{\operatorname{tg} 65^\circ 30' + \operatorname{tg} 10^\circ 14'} \dots \dots \dots (4)$$

Подставляя (4) въ (3) и рѣшая совмѣстно (2) и (3) находимъ уголъ

$$\angle B_1A'O = 63^\circ 32'$$

и слѣдовательно искомое простирание пласта:

$$\alpha = 63^\circ 32' + 316^\circ 0' = 19^\circ 32'$$

Далѣе,—

$$\angle GOA' = 180^\circ - (44^\circ 0' + 19^\circ 32' + 90^\circ) = 26^\circ 28'$$

слѣдовательно паденіе:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\cos 26^\circ 28'} \cdot \operatorname{tg} 65^\circ 30', \text{ или } \operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} 10^\circ 14'}{\sin(19^\circ 32' - 23^\circ 45')}$$

$$\delta = 67^\circ 50'$$

Примѣчаніе. Къ третьему типу задачъ относятся всѣ тѣ, гдѣ извѣстны два какихъ-угодно направленія (кромѣ параллельныхъ), опредѣленныхъ въ какихъ угодно мѣстахъ одного и того же бока пласта.

§ 12.

**Общій способъ опредѣленія паденія и простиранія при заданіяхъ
любого типа.**

Задача любого изъ вышеприведенныхъ трехъ типовъ можетъ быть сведена къ любому изъ остальныхъ двухъ типовъ. Въ самомъ дѣлѣ, если намъ предложена задача 1-го типа, т. е. если извѣстны координаты трехъ точекъ пласта:

$$A (0, 0, 0), B (x_2 y_2 z_2), C (x_3 y_3 z_3)$$

то, чтобы свести ее ко 2-му типу, вычисляемъ направленіе (азимуть α_1 и наклонъ къ горизонту δ_1) напримѣръ линіи АВ; для этого напишемъ уравненіе прямой АВ:

$$\frac{x-0}{0-x_2} = \frac{y-0}{0-y_2} = \frac{z-0}{0-z_2}$$

или

$$\frac{x}{x_2} = \frac{y}{y_2} = \frac{z}{z_2} \dots \dots \dots (1).$$

Уравненіе горизонтальной плоскости:

$$z=0 \text{ (или } =\text{const)} \dots \dots \dots (2)$$

слѣдовательно азимуть прямой (1):

$$\text{tg } \alpha_1 = \frac{y_2}{x_2} \dots \dots \dots (3)$$

а уголъ ея съ (2):

$$\text{sn } \delta = \frac{z_2}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2}} \dots \dots \dots (4)$$

Примѣръ 30.

Для заданій примѣра 1-го имѣемъ для линіи АВ:

$$\text{tg } \alpha_1 = \frac{18,0}{48,0}; \alpha_1 = 22^\circ 1'$$

$$\text{sn } \delta_1 = \frac{14}{\sqrt{48^2 + 18^2 + 14^2}}, \delta_1 = 15^\circ 17'$$

Зная это направленіе АВ и координаты точекъ А и С или В и С, получаемъ задачу второго типа. Если-бы мы вычислили также и направленіе АС, или ВС, то задачу первого типа мы свели бы къ третьему типу.

Точно также задача второго типа сводится къ третьему типу, если вычислить направленіе, проведенное черезъ двѣ данныя здѣсь точки.

Обратно,—задачи 3-го типа могутъ быть сведены къ задачамъ 2-го и 1-го типовъ. Дѣйствительно,—если намъ даны два направленія на пластъ:

$(\alpha_1 \delta_1)$ и $(\alpha_2 \delta_2)$, то перенесемъ ихъ параллельно самимъ себѣ къ какой-нибудь точкѣ, которую примемъ за начало координатъ $(0, 0, 0)$; затѣмъ, взявъ на перенесенныхъ направленіяхъ по одной точкѣ на произвольныхъ разстояніяхъ ρ_1 и ρ_2 отъ начала, вычисляемъ ихъ координаты по формуламъ:

$$\begin{array}{l|l} x_1 = \rho_1 \cdot \cos \delta_1 \cdot \cos \alpha_1 & x_2 = \rho_2 \cdot \cos \delta_2 \cdot \cos \alpha_2 \\ y_1 = \rho_1 \cdot \cos \delta_1 \cdot \sin \alpha_1 & y_2 = \rho_2 \cdot \cos \delta_2 \cdot \sin \alpha_2 \\ z_1 = \rho_1 \cdot \sin \delta_1 & z_2 = \rho_2 \cdot \sin \delta_2 \end{array}$$

§ 14.

Простираніе и паденіе на большомъ протяженіи пластовой залежи.

На большомъ протяженіи пластовая залежь уже не можетъ обыкновенно считаться ограниченою параллельными плоскостями, потому что претерпѣваетъ разнаго рода нарушенія въ своемъ залеганіи. Если эти нарушенія состоятъ только въ изгибахъ пласта, безъ смѣщенія его частей (сбросы, перебросы, сдвиги), то простираніе и паденіе должны быть опредѣлены послѣдовательно для каждаго малаго участка пласта могущаго считаться ненарушеннымъ.

Глава 3-я.

Определение длинъ выработокъ до пласта и по пласту.

§ 1.

Предварительныя замѣчанія.

Въ всемъ нижеслѣдующемъ мы будемъ предполагать:

- 1) что простираніе (см. § 2) и паденіе пласта уже извѣстны,
- 2) что извѣстны координаты хотя одной точки висячаго (или лежачаго) бока пласта,
- 3) что произведена нивелировка и геодезическо-маркшейдерская съемка между необходимыми для рѣшенія задачи пунктами.

§ 2.

Нормальное уравненіе бока пласта.

„Нормальнымъ уравненіемъ“ бока пласта мы условимся называть его уравненіе, составленное по даннымъ:

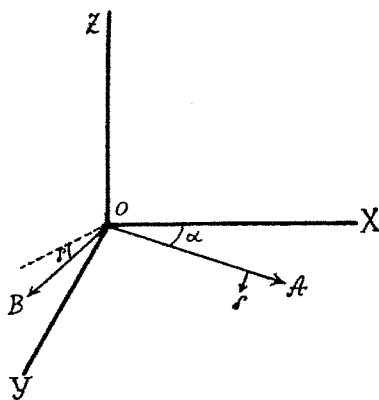
- 1) простиранію α
- 2) паденію δ
- 3) точекъ на пластъ A съ координатами $(0, 0, 0)$,

т. е. въ данную на пластѣ точку мы будемъ переносить начало координатъ.

Пусть OA (черт. 37) есть линія простиранія, а OB —линія паденія, какъ извѣстно всегда перпендикулярная къ OA .

O —данная точка пласта $(0, 0, 0)$.
Направленіе линіи OA въ пространствѣ опредѣляется:

- 1) азимутомъ $= \alpha$
- 2) угломъ наклона къ горизонту $= \delta$.



Черт. 37.

Направленіе линіи ОВ опредѣляется:

$$1) \text{ азимутомъ } = 90^\circ + \alpha$$

$$2) \text{ угломъ наклона къ горизонту } = -\delta$$

Поэтому, написавъ уравненіе плоскости, проходящей черезъ начало координатъ, въ общемъ видѣ:

$$Ax + By + Cz = 0 \quad (1)$$

и присоединивъ сюда условія, что она проходитъ черезъ линіи ОА и ОВ:

$$A \cdot \cos 0 \cdot \cos \alpha + B \cdot \cos 0 \cdot \sin \alpha + C \cdot \sin 0 = 0$$

$$A \cdot \cos \delta \cdot \cos (90 + \alpha) + B \cdot \cos \delta \cdot \sin (90 + \alpha) - C \cdot \sin \delta = 0$$

или

$$\left. \begin{aligned} A \cos \alpha + B \sin \alpha + C \cdot 0 &= 0 \\ -A \cos \delta \cdot \sin \alpha + B \cos \delta \cdot \cos \alpha - C \sin \delta &= 0 \end{aligned} \right\} (2)$$

и исключивъ изъ (1) и (2) неопредѣленные коэффициенты А, В, С, получимъ искомое уравненіе въ видѣ опредѣлителя:

$$\begin{vmatrix} x & y & z \\ \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\cos \delta \cdot \sin \alpha & +\cos \delta \cdot \cos \alpha & -\sin \delta \end{vmatrix} = 0$$

или, развернувъ опредѣлитель, найдемъ:

$$-x \cdot \sin \alpha \cdot \sin \delta + y \cdot \cos \alpha \cdot \sin \delta + z \cdot \cos \delta = 0 \quad (3)$$

Раздѣливъ-же уравненіе (3) на $\cos \delta$, мы получимъ *нормальное уравненіе бока пласта*:

$$x \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta - y \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta - z = 0 \quad (4)$$

или, обозначивъ для краткости:

$$\left. \begin{aligned} M &= +\sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \\ N &= -\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \end{aligned} \right\} (5)$$

мы получимъ нормальное уравненіе пласта въ формѣ:

$$Mx + Ny - z = 0 \quad (6)$$

Примѣчаніе. Совершенно такимъ-же способомъ въ случаѣ, если паденіе направлено въ обратную ходу часовой стрѣлки сторону, мы найдемъ уравненіе бока пласта:

$$Mx + Ny + z = 0 \quad (7)$$

§ 3.

Опредѣлить отвѣсную глубину проектируемой въ данномъ мѣстѣ шахты или буровой скважины до пласта.

1. Аналитическій способъ.

Пусть (черт. 38):

$(\alpha$ и $\delta)$ —простираніе и паденіе пласта,

$(x_1 \ y_1 \ z_1)$ —координаты точки O_1 } на дневной поверхности.
 $(x_2 \ y_2 \ z_2)$ — " " A_1 }

$h=OO_1$ —извѣстная глубина до пласта въ мѣстѣ O_1

(x_1, y_1, z'_1) —координаты точки O на пластѣ, причемъ

$$z'_1 = z_1 - h$$

(x_2, y_2, z) —координаты точки A на пластѣ, гдѣ подлежащая опредѣленію глубина:

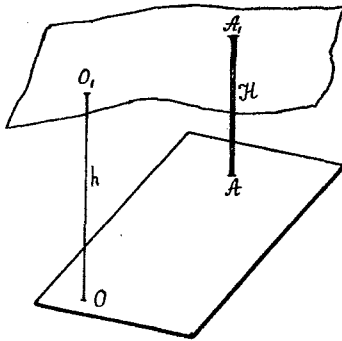
$$H = AA_1$$

а

$$z = z_2 - H$$

или

$$H = z_2 - z$$



Черт. 38.

Такимъ образомъ задача объ опредѣленіи H сводится къ опредѣленію z .

Но по ур. (6), § 2, имѣемъ:

$$z = +(Mx_o + Ny_o)$$

гдѣ

$$M = +\sin\alpha \cdot \operatorname{tg}\delta$$

$$N = -\cos\alpha \cdot \operatorname{tg}\delta$$

и кромѣ того

$$x_o = x_2 - x_1$$

$$y_o = y_2 - y_1$$

слѣдовательно легко вычислимъ z , а по немъ и H .

Примѣръ 31.

Пусть (см. примѣръ 1-й):

$$\alpha = 356^\circ 0'$$

$$\delta = 33^\circ 18'$$

$$x_1 = +121,0; y_1 = +205,0; z_1 = +39,0$$

а глубина въ точкѣ $(x_1 \ y_1 \ z_1)$ до пласта:

$$h=30,0$$

Требуется опредѣлить глубину залеганія пласта подъ точкою:

$$x_2=+200,0; y_2=+320,0; z_2=+51,0.$$

Для рѣшенія этой задачи по предыдущимъ формуламъ вычисляемъ:

$$M=\sin 356^{\circ}0'. \operatorname{tg} 33^{\circ}18'=-0,0458$$

$$N=-\cos 356^{\circ}0'. \operatorname{tg} 33^{\circ}18'=-0,6553$$

Далѣе:

$$x_o=200-121=79$$

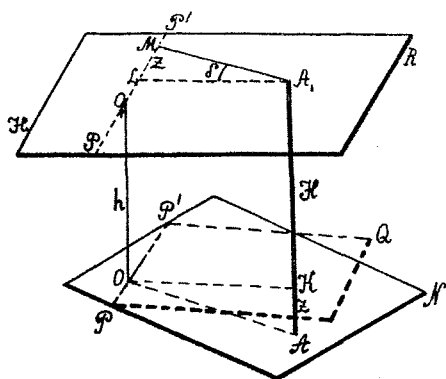
$$y_o=320-205=115$$

слѣдовательно

$$z=-(0,0458.79+0,6553.115)=-79,00$$

а искомая глубина:

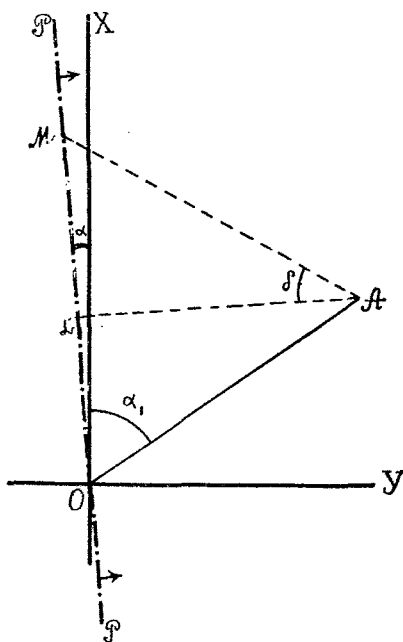
$$H=51,00+79,00=130,00 \text{ саж.}$$



Черт. 39.

2. Графическій способъ.

Если бы дневная поверхность HR (черт. 39) была горизонтальна, то, проведя черезъ данную на пластѣ N точку O горизонтальную плоскость PQ , мы получили бы на искомой линіи AA_1 точку K —пересѣченія ея съ плоскостью PQ , а длина $z=AK$ и есть разность глубинъ: данной OO_1 и искомой AA_1 .



Черт. 40.

Если-же дневную поверхность нельзя считать горизонтальной, то, произведя нивелировку между O_1 и A_1 , полученную разность вы-

соть этихъ точекъ мы должны алгебраически придать къ выше найденной AA_1 . Поэтому ходъ графическаго рѣшенія задачи долженъ быть таковъ: нанеся на планъ точки O_1 и A_1 , (или, что все равно, O и A), проводимъ черезъ O_1 линію простиранія пласта PP' ; опускаемъ на нее изъ A_1 перпендикуляръ A_1L и при линіи A_1L строимъ уголъ $LA_1M = \delta =$ паденію пласта; $\triangle$ -къ ALM на планѣ (черт. 40) соответствуетъ $\triangle$ -ку AKO или A_1LM схемы; катетъ его $LM = AK = z$. Искомая глубина $H = OO_1 + LM +$ разность нивеллирныхъ высотъ точекъ O_1 и A_1 .

Примѣръ 32.

Для предыдущихъ заданій, принявъ O за начало (черт. 40), напомнимъ положеніе точки A по координатамъ

$$x_o = +79,00$$

$$y_o = +115,00$$

Проводимъ линію простиранія пласта PP подъ угломъ $\alpha = 356^\circ$ къ оси OX ; опускаемъ на нее перпендикуляръ AL и при линіи AL строимъ уголъ $LAM = \delta = 33^\circ 18'$; тогда измѣривъ отръзокъ LM , найдемъ (съ масштабомъ):

$$LM = 79$$

слѣдовательно искомая глубина до пласта въ точкѣ A равна:

$$H = LM + z_2 = 79 + 51,00$$

$$H = 130.$$

3. Тригонометрическій способъ.

Онъ состоитъ въ слѣдующемъ: соединивъ A съ O (черт. 40), опредѣляютъ азимутъ линіи OA , т. е. уголъ $XOA = \alpha_1$ и длину OA (обѣ эти величины обыкновенно уже извѣстны изъ съемки):

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{y_o}{x_o}$$

$$OA = \sqrt{x_o^2 + y_o^2}$$

затѣмъ изъ $\triangle$ -ка OLA вычисляемъ

$$AL = AO \cdot \sin LOA = \sqrt{x_o^2 + y_o^2} \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha)$$

и, наконецъ, изъ $\triangle$ -ка AML :

$$ML = AL \cdot \operatorname{tg} \delta = \sqrt{x_o^2 + y_o^2} \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha) \cdot \operatorname{tg} \delta$$

гдѣ α и δ —данныя простираніе и паденіе пласта.

Искомая глубина до пласта въ точкѣ A равна глубинѣ до него въ точкѣ O плюсъ ML .

Примѣръ 33.

Для заданій примѣра 31-го имѣемъ:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = + \frac{115}{79}$$

$$\alpha_1 = 55^\circ 31'$$

$$ML = \sqrt{79^2 + 115^2} \cdot \operatorname{sn}(-356^\circ + 55^\circ 31') \cdot \operatorname{tg} 33^\circ 18' = 79,0$$

и искомая глубина

$$H = 79,0 + 51,00 = 130,0.$$

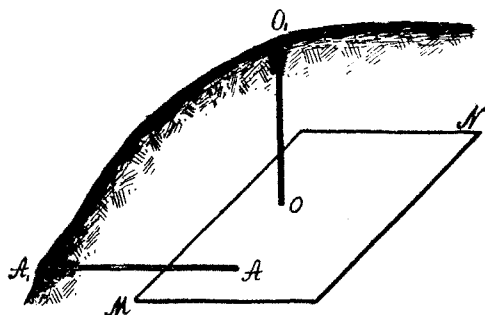
§ 4.

Опредѣленіе горизонтальнаго разстоянія до пласта вкрестъ простира-
(напр., длина проектируемой штольни, квершлага и т. п.).

1. Аналитическій способъ.

Пусть (черт. 41):

$(x_1 \ y_1 \ z_1)$ —координаты какой-нибудь данной точки пласта O (напр., опредѣленной при помощи буровой скважины и т. п.).



Черт. 41.

$(x_2 \ y_2 \ z_2)$ —координаты выбраннаго на склонѣ горы удобнаго мѣста для устья штольни, которая должна быть проведена въ направленіи *кратчайшаго* разстоянія до пласта, причемъ малымъ уклономъ ея къ горизонту мы будемъ здѣсь пренебрегать; т. е. считать штольню A_1A горизонтальною.

$(\alpha$ и $\delta)$ —данныя простираніе и паденіе пласта MN . Требуется опредѣлить длину AA_1

Для рѣшенія этой задачи перенесемъ начало координатъ въ точку O ,—тогда координаты точки A_1 будутъ:

$$x_0 = x_2 - x_1$$

$$y_0 = y_2 - y_1$$

$$z_0 = z_2 - z_1$$

а неизвѣстныя координаты точки А (на пласть):

$$(x', y', z_0)$$

и, наконецъ, искомая длина

$$AA_1 = \sqrt{(x_0 - x')^2 + (y_0 - y')^2 + (z_0 - z_0)^2} = \sqrt{(x_0 - x')^2 + (y_0 - y')^2} \quad (1).$$

Итакъ задача сводится къ опредѣленію x' и y' .

Нормальное уравненіе пласта [по § 2, ур. (6)]:

$$Mx + Ny - z = 0$$

гдѣ

$$M = + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$N = - \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta$$

и т. к. точка А (x', y', z_0) лежитъ на пласть, то:

$$Mx' + Ny' - z_0 = 0 \quad \dots \dots \dots (2).$$

Далѣе, кратчайшую длину до пласта выработка A_1A будетъ имѣть въ томъ случаѣ, когда она направлена вкрестъ простиранія, т. е. перпендикулярно къ линіи простиранія, проведенной черезъ точку А; а т. к. угловой коэффициентъ линіи простиранія

$$m_1 = \operatorname{tg} \alpha$$

то угловой коэффициентъ въ уравненіи линіи A_1A долженъ быть равенъ:

$$m_2 = - \frac{1}{m_1} = - \operatorname{ctg} \alpha$$

слѣдовательно, уравненіе линіи A_1A будетъ (такъ какъ она проходить еще черезъ данную точку A_1):

$$y - y_0 = m_2 (x - x_0)$$

а т. к. точка А (x', y') лежитъ на ней, то получаемъ вторую зависимость между x' и y' :

$$y' - y_0 = - \operatorname{ctg} \alpha \cdot (x' - x_0)$$

или

$$x' + \operatorname{tg} \alpha \cdot y' - (x_0 + \operatorname{tg} \alpha \cdot y_0) = 0 \quad \dots \dots \dots (3).$$

Опредѣливъ x' и y' изъ ур. (3) и (2), мы по (1) найдемъ и искомую длину.

Примѣръ 34.

Требуется найти длину квершлага A_1A (черт. 42) отъ шахты A_1B до пласта MN , у котораго извѣстны координаты точки О, паденіе δ и простираніе α .

Пусть известны координаты точки О на пластѣ:

$$x_1 = +121,3; y_1 = +1537,7; z_1 = -47,3$$

координаты точки А₁ (откуда долженъ быть начать квершлагъ):

$$x_2 = +192,5; y_2 = +1701,7; z_2 = -84,8$$

Простираніе пласта

$$\alpha = 147^\circ 30'$$

паденіе его

$$\delta = 47^\circ 12'$$

Перенеся начало координатъ въ точку О, получаемъ новыя координаты точки А₁:

$$\begin{aligned} x_0 &= +192,5 - 121,3 = +71,2 \\ y_0 &= +1701,7 - 1537,4 = +164,3 \\ z_0 &= -84,8 + 47,3 = -37,5 \end{aligned}$$

Далѣе вычисляемъ:

$$M = +\sin 147^\circ 30' \cdot \operatorname{tg} 47^\circ 12' = +0,5802 = \infty 0,58$$

$$N = -\cos 147^\circ 30' \cdot \operatorname{tg} 47^\circ 12' = +0,9108 = \infty 0,91$$

Слѣдовательно для опредѣленія x' и y' получаемъ уравненія по (2) и (3):

$$\begin{aligned} 0,58 \cdot x' + 0,91 \cdot y' + 37,5 &= 0 \\ x' + \operatorname{tg} 147^\circ 30' \cdot y' - (71,2 + \operatorname{tg} 147^\circ 30' \cdot 164,3) &= 0 \end{aligned}$$

или

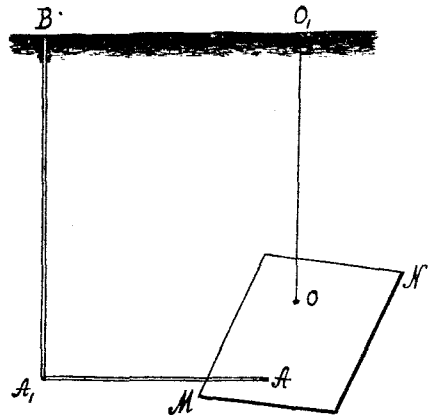
$$\begin{aligned} 5,8 z' + 9,1 y' + 375 &= 0 \\ x' - 0,637 \cdot y' + 33,48 &= 0 \\ 5,80 \cdot x' + 9,11 \cdot y' - 375 &= 0 \\ 5,80 \cdot x' - 3,69 \cdot y' + 194,18 &= 0 \\ \hline 12,80 \cdot y' &= -180,82 \\ y' &= -14,1 \\ x' &= -42,5 \end{aligned}$$

слѣдовательно искомая длина квершлага

$$AA_1 = \sqrt{(71,2 + 42,5)^2 + (164,3 + 14,1)^2} = 211,5$$

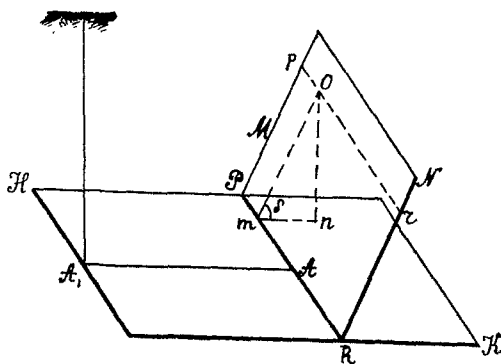
2. Графическій способъ.

Проведя черезъ точку А₁ (черт. 43) (начало квершлага) горизонтальную плоскость НК, получимъ въ пересѣченіи съ плоскостью



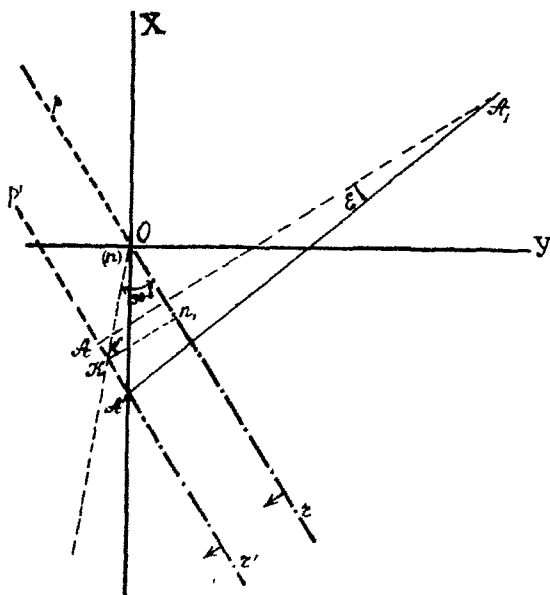
Черт. 42.

пласта MN линію простирания PR, а опустивъ на нее изъ A_1 перпендикуляръ A_1A , мы и получимъ искомую длину A_1A .



Черт. 43.

Итакъ рѣшеніе задачи сводится къ отысканію на планѣ линіи PR. Но, опустивъ изъ данной точки O перпендикуляры Om и On къ линіи PR и къ плоскости HK, мы видимъ, что горизонтальное разстояніе между линіями простирания PR и pr пласта равно катету mn треугольника Omn, въ которомъ уголъ $\angle Omn = \delta =$ углу паденія пласта, а катеть $On = z_2 - z_1 = z_0 =$ разности высотъ точекъ O и A_1 .



Черт. 44.

Поэтому, нанеся на планъ данныя точки A_1 и O (или,—что все равно,—n), строимъ прямоугольный $\triangle$ -къ Omn по катету On и углу δ и

на разстояніи mn отъ точки n (на планѣ) проводимъ линію PR параллельно простиранію пласта; опустивъ на нее $\perp$ изъ A_1 , получимъ искомую длину A_1A .

Примѣръ 35 (Заданія примѣра 34-го).

Принявъ данную точку O пласта (черт. 44) за начало координатъ, наносимъ на планъ точку A_1 и проводимъ черезъ O линію простиранія pr ; затѣмъ откладываемъ отрѣзокъ

$$On_1 = z_0 = 37,5$$

изъ n_1 возставаемъ перпендикуляръ n_1K и строимъ уголь

$$n_1OK = 90^\circ - \delta = 90^\circ - 47^\circ 12' = 42^\circ 48'$$

получаемъ точку K , черезъ которую проводимъ линію простиранія пласта $r'r'$ и опускаемъ на нее перпендикуляръ A_1A , измѣривъ который циркулемъ и масштабомъ, находимъ искомую длину квершлага:

$$AA_1 = 211,5$$

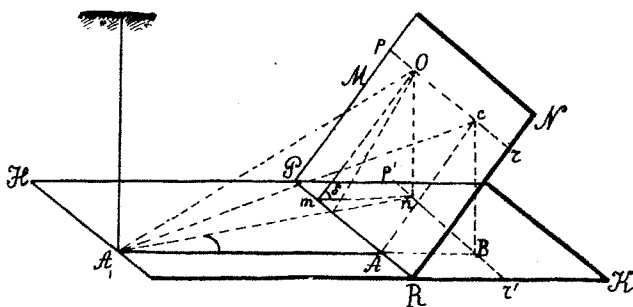
3. Тригонометрическій способъ.

Очевидно изъ чертежа 45-го, что если O выше A_1 и паденіе направлено къ A_1 , то искомая длина

$$AA_1 = A_1B - AB = A_1B - mn$$

если-же O ниже A_1 , или паденіе направлено отъ A_1 , то

$$AA_1 = A_1B + mn$$



Черт. 45.

Проведя вертикальныя сѣченія A_1On и A_1cB , мы имѣемъ въ этихъ треугольникахъ катеты

$$On = cB = z_2 - z_1 = z_0$$

Длина A_1n извѣстна изъ съемки, или ее можно вычислить по координатамъ:

$$A_1n = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}$$

Въ прямоугольномъ $\triangle$ -кѣ A_1Bn уголъ $BA_1n = \varepsilon$ равенъ разности азимутовъ линіи OA_1 и направленія паденія пласта; но азимуть α_0 линіи OA_1 извѣстенъ изъ съемки, или его можно вычислить по координатамъ:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{y_0}{x_0}$$

а азимуть линіи паденія:

$$\alpha' = 90^\circ + \alpha$$

слѣдовательно уголъ

$$\varepsilon = BA_1n = \alpha + 90^\circ - \alpha_0$$

послѣ чего вычисляемъ

$$A_1B = A_1n \cdot \operatorname{cs} \varepsilon$$

а изъ $\triangle$ -ка $Omn = ABc$ находимъ

$$AB = mn = On \cdot \operatorname{ctg} \delta = z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta$$

и искомая длина

$$AA_1 = A_1n \cdot \operatorname{cs} \varepsilon \pm z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta$$

Примѣръ 36 (заданія примѣра 34).

$$A_1n = \sqrt{71,2^2 + 164,3^2} = 179,1$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{164,3}{71,2}$$

$$\alpha_0 = 66^\circ 34' + 180 = 246^\circ 34'$$

слѣдовательно

$$\varepsilon = 246^\circ 34' - (147^\circ 30' + 90) = 9^\circ 4'$$

$$A_1B = 179,1 \cdot \operatorname{cs} 9^\circ 4' = 176,8$$

$$AB = mn = 37,5 \cdot \operatorname{ctg} 47^\circ 12' = 34,7$$

и искомая длина (т. к. A_1 ниже O , но паденіе—отъ A_2):

$$AA_1 = 176,8 + 34,7 = 211,5$$

§ 5.

Опредѣленіе горизонтальнаго разстоянія до пласта не вкрестъ простиранію.

1. Аналитическій способъ.

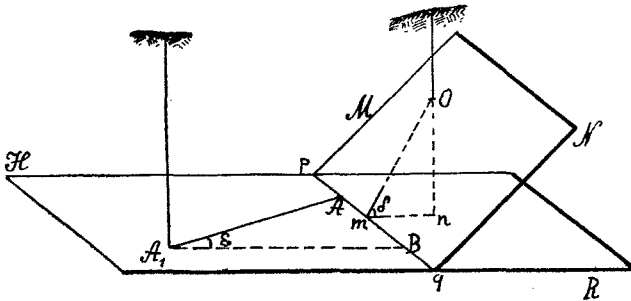
Пусть требуется опредѣлить длину выработки A_1A (черт. 46), направленной подъ угломъ ε къ направленію A_1B вкрестъ простиранія. Такъ какъ простираніе α и паденіе δ пласта предполагаются уже извѣстными, то азимуть линіи A_1A равенъ:

$$\alpha_0 = \alpha + 90 - \varepsilon$$

Эта задача сводится къ задачѣ предыдущаго §, ибо искомая длина

$$AA_1 = \frac{A_1B}{\cos \varepsilon}$$

но можетъ быть, конечно, рѣшена и независимо.



Черт. 46.

Пусть, при заданіяхъ предыдущаго §, данъ азимутъ направленія выработки

$$(A_1A) = \alpha_0$$

или, что все равно,—положимъ что намъ извѣстенъ уголъ ε направленія выработки съ направленіемъ паденія пласта.

Аналогично § 4, уравненія для опредѣленія координатъ (x' y') точки A, встрѣчи выработки съ пластомъ, будутъ:

$$Mx' + Ny' - z_0 = 0$$

$$(y' - y_0) = -\operatorname{ctg}(\alpha - \varepsilon) \cdot (x' - x_0)$$

Найдя отсюда (x' , y'), по (1) § 4 найдемъ и $A'A$.

Примѣръ 37.

Пусть при заданіяхъ примѣра 34 данъ еще уголъ

$$\varepsilon = 7^\circ 30'$$

Тогда, для опредѣленія (x' y') имѣемъ:

$$0,5802 x' + 0,9108 y' + 37,5 = 0$$

$$x' + \operatorname{tg} 140^\circ \cdot y' - (71,2 + \operatorname{tg} 140^\circ \cdot 164,3) = 0$$

или

$$5,8 x' + 9,1 y' + 375 = 0$$

$$x' - 0,84 y' + 66,8 = 0$$

отсюда

$$x' = -66,0$$

$$y' = + 0,9$$

а искомая длина выработки:

$$AA_1 = \sqrt{(71,2 + 66,0)^2 + (164,3 - 0,9)^2} = 213,3$$

2. Графический способ.

Найдя построением, какъ указано въ § 4, длину AA_1 (черт. 44) въкрестъ простиранія, строимъ при точкѣ A_1 уголъ $AA_1A' = \epsilon$, тогда длина A_1A' и есть искомая.

Примѣръ 38. (Заданія примѣра 34-го).

Найдя, какъ показано въ § 4, длину линіи AA_1 , перпендикулярной къ простиранію, проводимъ (черт. 44) A_1A' подъ угломъ $\epsilon = 7^\circ 30'$ къ линіи AA_1 и, измѣривъ ее циркулемъ, находимъ искомую длину выработки $A_1A' = 213,3$.

3. Тригонометрический способ.

Примѣръ 39 (тѣ-же заданія).

Найдя, какъ въ § 4, длину $AA_1 = 211,5$, изъ $\triangle$ -ка AA_1A' (черт. 44) вычисляемъ:

$$A_1A' = \frac{AA_1}{\cos \epsilon} = \frac{211,5}{\cos 7^\circ 30'} = 213,3$$

§ 6.

Определение длины наклонной выработки до пласта.

Хотя выше мы и разсматривали случаи горизонтальныхъ выработокъ, но такіе случаи въ строгомъ смыслѣ едва-ли возможны на практикѣ; выработкамъ даютъ всегда нѣкоторый, хотя-бы и очень малый, уклонъ δ_0 къ горизонту (для стока рудничныхъ водъ), но бываютъ выработки и съ сколь-угодно большимъ уклономъ.

Итакъ предположимъ (черт. 47), что требуется опредѣлить длину проектируемой выработки отъ данной точки $A_1 (x_1 \ y_1 \ z_1)$ внѣ пласта до пласта, если извѣстны направленіе α_0 и уклонъ δ_0 этой выработки причемъ предполагается, что положеніе пласта уже извѣстно.

1. Аналитический способ.

Пусть:

(α, δ) —простираніе и паденіе пласта;

$(x_1 \ y_1 \ z_1)$ —координаты данной точки O пласта;

$(x_2 \ y_2 \ z_2)$ —координаты данной точки A_1 внѣ пласта.

Перенесемъ начало координатъ въ точку O и обозначимъ неизвѣстныя координаты точки A встрѣчи выработки съ пластомъ (черт. 47) черезъ $(x' \ y' \ z')$, считая эти координаты относительно новаго начала O .

Нормальное уравненіе пласта (ур. (6), § 2 этой главы) есть:

$$Mx + Ny - z = 0$$

гдѣ

$$\left. \begin{aligned} M &= +\operatorname{sn} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \\ N &= -\operatorname{cs} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

Уравненіе линіи A_1A :

$$\frac{x-x_0}{\operatorname{cs} \delta_0 \cdot \operatorname{cs} \alpha_0} = \frac{y-y_0}{\operatorname{cs} \delta_0 \cdot \operatorname{sn} \alpha_0} = \frac{z-z_0}{-\operatorname{sn} \delta_0}$$

а такъ какъ точка A удовлетворяетъ обоимъ этимъ уравненіямъ, то для опредѣленія координатъ ея имѣемъ:

$$Mx' + Ny' - z' = 0 \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{x'-x_0}{\operatorname{cs} \delta_0 \cdot \operatorname{cs} \alpha_0} = \frac{y'-y_0}{\operatorname{cs} \delta_0 \cdot \operatorname{sn} \alpha_0} = \frac{z'-z_0}{-\operatorname{sn} \delta_0} \dots \dots \dots (3)$$

и искомая длина выработки:

$$A_1A = \sqrt{(x_0-x')^2 + (y_0-y')^2 + (z_0-z')^2} \dots \dots \dots (4)$$

причемъ:

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= x_2 - x_1 \\ y_0 &= y_2 - y_1 \\ z_0 &= z_2 - z_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

Примѣръ 40.

Пусть:

$$x_1 = +121,3; y_1 = +1537,4; z_1 = -47,3$$

$$x_2 = +192,5; y_2 = +1701,7; z_2 = -84,8$$

$$\alpha = 147^\circ 30'; \delta = 37^\circ 12'$$

$$\alpha_0 = 217^\circ 0'; \delta_0 = 3^\circ 30'$$

причемъ уклонъ δ_0 выработки A_1A направленъ отъ A къ A_1 .

Тогда

$$x_0 = +71,2$$

$$y_0 = +164,3$$

$$z_0 = -37,5$$

$$M = +\operatorname{sn} 147^\circ 30' \cdot \operatorname{tg} 37^\circ 12' = +0,408$$

$$N = -\operatorname{cs} 147^\circ 30' \cdot \operatorname{tg} 37^\circ 12' = +0,640$$

$$\operatorname{cs} \delta_0 \cdot \operatorname{cs} \alpha_0 = \operatorname{cs} 3^\circ 30' \cdot \operatorname{cs} 217^\circ 0' = -0,797$$

$$\operatorname{cs} \delta_0 \cdot \operatorname{sn} \alpha_0 = \operatorname{cs} 3^\circ 30' \cdot \operatorname{sn} 217^\circ 0' = -0,601$$

$$-\operatorname{sn} \delta_0 = -\operatorname{sn} 3^\circ 30' = -0,061$$

слѣдовательно для опредѣленія $(x'y'z')$ имѣемъ уравненія:

$$\begin{aligned} 0,408 \cdot x' + 0,640y' - z' &= 0 \\ \frac{x' - 71,2}{0,797} &= \frac{y' - 164,8}{0,601} = \frac{z' + 37,5}{-0,061} \end{aligned}$$

откуда:

$$x' = -107$$

$$y' = +30$$

$$z' = -24$$

слѣдовательно искомая длина выработки:

$$A_1A = \sqrt{(x_0 - x')^2 + (y_0 - y')^2 + (z_0 - z')^2} = 22,3$$

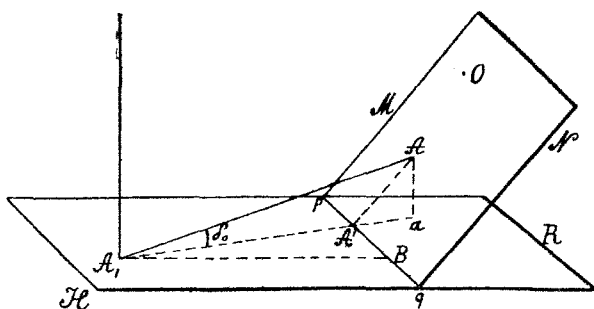
2. Графическій способъ.

Пусть (черт. 47):

A_1B — горизонтальная выработка вкрестъ простирания пласта;

A_1A' — горизонтальная выработка не вкрестъ простирания (съ даннымъ азимутомъ α_0)

A_1A — искомая выработка съ даннымъ азимутомъ α_0 и уклономъ δ_0 къ горизонту.



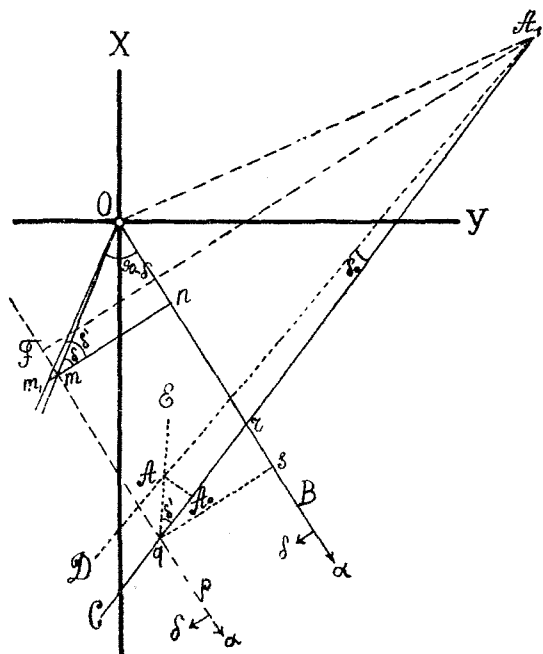
Черт. 47.

Сѣченіе, проведенное черезъ A_1A' и A_1A будетъ вертикальнымъ и дастъ прямоугольные треугольники $AA'a$ и A_1Aa , въ которыхъ $\angle AA_1a = \delta_0$, $\angle AA'a = \delta' =$ углу мнимаго паденія (т. е. уклону) пласта по направленію AA_1 и сторона A_1A' можетъ быть построена по предыдущему параграфу.

Итакъ задача сводится къ построенію по предыдущему § отрезка A_1A' ; для этого мы поворачиваемъ въ плоскость плана треугольники $AA'a$ и A_1Aa ; при точкѣ A_1 проводимъ линію A_1A подъ угломъ δ_0 , а при точкѣ A' — линію $A'A$ — подъ угломъ δ' ; пересѣченіе этихъ двухъ линій дастъ точку A — встрѣчи выработки съ пластомъ, а измѣривъ циркулемъ A_1A , получимъ искомую длину выработки.

Примѣръ 41 (заданія примѣра 40-го).

Нанеся на планъ (черт. 48) положеніе точки A_1 (принявъ O —за начало), и проведя линію простиранія пласта OB , подь угломъ $\alpha = \text{XOB} = 147^\circ 30'$, проводимъ направленіе выработки A_1C подь угломъ



Черт. 48.

$\alpha_0 = 217^\circ 0'$ съ осью X . Затѣмъ, отложивъ отрѣзокъ $On = z_0 = 37,5$, составляемъ перпендикуляръ nm и при точкѣ O строимъ уголъ $\angle nOm = 90 - \delta = 52^\circ 48'$; черезъ полученную въ пересѣченіи точку m проводимъ линію mr параллельную простиранію пласта, которая пересѣчетъ линію A_1C въ точкѣ q (соотвѣтствующей A' на черт. 47). Далѣе, чтобы опредѣлить графически мнимый уголъ паденія δ' (равный углу $\angle aA'A$ на черт. 47, т. е. углу ската пласта по направленію A_1A), мы на перпендикулярѣ nm откладываемъ отрѣзокъ $nm_1 = qn$; соединивъ m_1 съ O , мы и получимъ уголъ $\delta' = \angle nm_1O$. Проведя теперь линію A_1D подь угломъ $\delta_0 = 3^\circ 30'$ къ линіи A_1C и построивъ при точкѣ q уголъ $\angle qE = \delta'$, мы получимъ въ пересѣченіи точку A (соотвѣтствующую точкѣ A на черт. 47). Измѣривъ циркулемъ длину A_1A , находимъ $A_1A = 223$.

Опустивъ изъ A перпендикуляръ AA_0 на линію A_1C , мы получимъ точку A_0 , соотвѣтствующую точкѣ a на черт. 47, эта точка

даетъ на планѣ положеніе мѣста встрѣчи проектируемой выработки съ плоскостью пласта. Ея координаты суть x' , y' , z' , числовыя величины которыхъ найдены уже аналитическимъ способомъ.

3. Тригонометрический способъ.

Примѣръ 42 (тѣ-же заданія).

Проведя A_1F (черт. 48) перпендикулярно къ mp , мы по § 4 найдемъ сперва длину линіи A_1F , проведенной горизонтально и вкрестъ простиранія пласта, для чего по уравненіямъ:

$$M.x + N.y + 37,5 = 0$$

$$x + tg 147^\circ 30'.y - (71,2 + tg 147^\circ 30'.164,3) = 0$$

или

$$0,408.x + 0,640.y + 37,5 = 0$$

$$x - 0,637.y + 33,5 = 0$$

вычисляемъ координаты точки F :

$$x = -50,3; \quad y = -27$$

такъ что

$$A_1F = \sqrt{(71,2 + 50,3)^2 + (164,3 + 27)^2} = 227$$

Далѣе, азимуть линіи A_1F равенъ

$$\alpha' = \alpha + 90 = 237^\circ 30'$$

слѣдовательно уголъ

$$\epsilon = FA_1q = \alpha' - \alpha_0 = 20^\circ 30'$$

и потому (см. задачу § 5) длина горизонтальной линіи A_1q :

$$A_1q = \frac{A_1F}{\cos \epsilon} = \frac{227}{\cos 20^\circ 30'} = 242$$

Изъ треугольника Omn находимъ:

$$mn = On \cdot \operatorname{ctg} \delta = 37,5 \cdot \operatorname{ctg} 37^\circ 12'$$

Опустивъ перпендикуляръ qs , изъ треугольника qrs находимъ:

$$qr = \frac{rs}{\sin(\alpha_0 - \alpha)} = \frac{mn}{\sin(217^\circ 0' - 147^\circ 30')} = \frac{37,5 \cdot \operatorname{ctg} 37^\circ 12'}{\sin 69^\circ 30'} = 52,7$$

Изъ треугольника Om_1n , гдѣ $m_1n = qr$, находимъ:

$$\operatorname{tg} \delta' = \frac{On}{m_1n} = \frac{\sin 69^\circ 30'}{\operatorname{ctg} 37^\circ 12'}$$

откуда

$$\delta' = 35^{\circ}25'$$

Наконецъ, изъ треугольниковъ AA_0q и AA_0A_1 находимъ:

$$AA_0 = A_0q \cdot \operatorname{tg} \delta' = A_0A_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_0$$

• или

$$\frac{A_0A_1}{A_0q} = \frac{\operatorname{tg} \delta'}{\operatorname{tg} \delta_0} = \frac{\operatorname{tg} 35^{\circ}25'}{\operatorname{tg} 3^{\circ}30'} = 11,6$$

и кромѣ того

$$A_0q + A_0A_1 = A_1q = 242$$

Изъ этихъ двухъ послѣднихъ уравненій вычисляемъ:

$$A_1A_0 = 222$$

Слѣдовательно искомая длина наклонной выработки A_1A :

$$A_1A = \frac{A_1A_0}{\cos \delta_0} = \frac{222}{\cos 3^{\circ}30'}$$

$$A_1A = 223$$

§ 7.

Опредѣленіе длины, направленія и уклона выработки между двумя данными пунктами.

1. Аналитическій способъ.

Пусть координаты данныхъ на пластѣ пунктовъ A_1 и A_2 суть соотвѣтственно (x_1, y_1, z_1) и (x_2, y_2, z_2) , а простираніе и паденіе пласта суть α и δ .

Перенесемъ начало въ точку A_1 , тогда координаты A_2 :

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= x_2 - x_1 \\ y_0 &= y_2 - y_1 \\ z_0 &= z_2 - z_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

Уравненіе линіи, соединяющей данныя точки:

$$\frac{x - x_1}{x_1 - x_2} = \frac{y - y_1}{y_1 - y_2} = \frac{z - z_1}{z_1 - z_2}$$

или

$$\frac{x}{x_o} = \frac{y}{y_o} = \frac{z}{z_o} \dots \dots \dots (2)$$

Горизонтальная плоскость:

$$z=0=\text{const.} \dots \dots \dots (3)$$

Искомая длина выработки:

$$A_1A_2 = \sqrt{x_o^2 + y_o^2 + z_o^2} \dots \dots \dots (4)$$

Простира́ние ея:

$$\text{tg} \alpha_o = \frac{y_o}{x_o} \dots \dots \dots (5)$$

Накло́нъ ея къ горизонту, какъ уголъ между (2) и (3), равенъ:

$$\text{sn} \delta_o = \frac{z_o}{\sqrt{x_o^2 + y_o^2 + z_o^2}} \dots \dots \dots (6)$$

Примѣръ 43.

Пусть

$$x_o = +270,01; y_o = +123,05; z_o = +10,02$$

$$\alpha = 23^\circ 30'; \delta = 63^\circ 0'$$

Тогда

длина выработки:

$$A_1A_2 = \sqrt{x_o^2 + y_o^2 + z_o^2} = 297$$

направленіе ея

$$\text{tg} \alpha_o = + \frac{123,05}{270,01}$$

$$\alpha_o = 24^\circ 30'.$$

Укло́нъ къ горизонту:

$$\text{sn} \delta_o = \frac{10,02}{\sqrt{x_o^2 + y_o^2 + z_o^2}} = \frac{10,02}{297}$$

$$\delta_o = 2^\circ.$$

2. Графический способ.

Примѣръ 44.

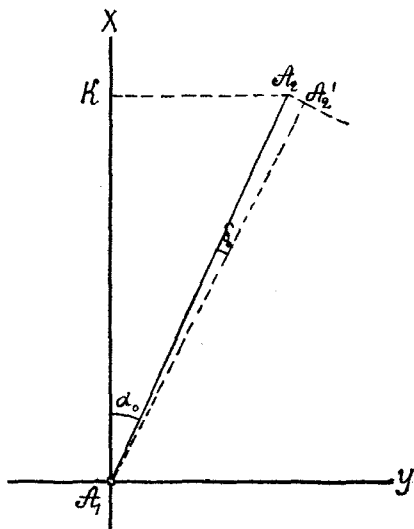
Принявъ A_1 за начало (черт. 49) и нанеся точку A_2 , соединяемъ ее съ A_1 ; уголъ этой линии съ осью X есть искомое простирание выработки, по измѣреніи равное $24^{\circ}30'$.

Построивъ перпендикуляръ $A_2A'_2=z_0=10,02$ и соединивъ A'_2 съ A_1 , получаемъ уклонъ выработки $A_2A_1A'_2=\delta_0=2^{\circ}$.

Наконецъ, измѣривъ длину $A_1A'_2$, найдемъ ее равною 297.

3. Тригонометрический способъ.

Опредѣливъ простирание линіи $A_1 A_2$ по координатамъ и длину $A_1 A_2$ изъ $\triangle$ -ка $A_1 A_2 K$, рѣшаемъ $\triangle$ -къ $A_1 A_2 A'_2$ и находимъ изъ него δ_0 и длину $A_1 A'_2$.



Черт. 49.

§ 8.

Найти уклонъ выработки по пласту, если задано ея направление (простирание).

1. Аналитический способъ.

Пусть $A(x_0, y_0, z_0)$ та точка (черт. 50), отъ которой должна быть поведена выработка съ простираниемъ α_0 по пласту, простирание и паденіе котораго суть (α, δ) . Принявъ A за начало координатъ, напишемъ нормальное уравненіе пласта (§ 2):

$$Mx + Ny - z = 0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ

$$\left. \begin{aligned} M &= +\sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \\ N &= -\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots (2)$$

и направленія выработки:

$$\frac{x}{\cos \delta_0 \cdot \cos \alpha_0} = \frac{y}{\cos \delta_0 \cdot \sin \alpha_0} = \frac{z}{-\sin \delta_0} \quad \dots \dots \dots (3)$$

гдѣ δ_0 есть искомый уклонъ выработки.

Такъ какъ прямая (3) лежитъ въ плоскости (1), то имѣетъ мѣсто равенство:

$$M \cdot \cos \delta_0 \cdot \cos \alpha_0 + N \cdot \cos \delta_0 \cdot \sin \alpha_0 - \sin \delta_0 = 0$$

откуда искомый уклонъ:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_0 &= \operatorname{sn} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{cs} \alpha_0 - \operatorname{cs} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{sn} \alpha_0 \\ &= \operatorname{tg} \delta (\operatorname{sn} \alpha \cdot \operatorname{cs} \alpha_0 - \operatorname{cs} \alpha \cdot \operatorname{sn} \alpha_0) = \\ &= \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{sn} (\alpha - \alpha_0) \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

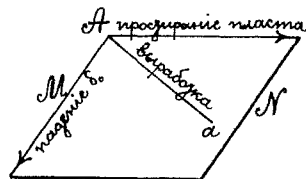
Примѣръ 44.

Пусть

$$\alpha = 67^{\circ} 30'$$

$$\delta = 24^{\circ} 0'$$

$$\alpha_0 = 51^{\circ} 20'$$



Черт. 50.

тогда по (4)

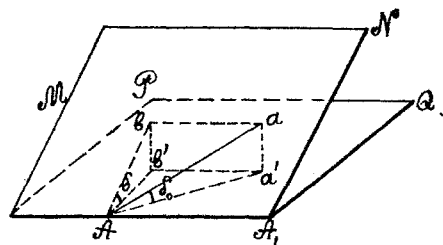
$$\operatorname{tg} \delta_0 = \operatorname{tg} 24^{\circ} 0' \cdot \operatorname{sn} (67^{\circ} 30' - 51^{\circ} 20') = \operatorname{tg} 24^{\circ} 0' \cdot \operatorname{sn} 16^{\circ} 10'$$

$$\delta_0 = 7^{\circ} 7'$$

2. Графический способъ.

Проведя горизонтальную плоскость PQ через точку A (черт. 51), проведемъ вертикальную плоскость вкрестъ простирания; она пересѣчетъ пластъ по линіи Ab; взявъ на этой линіи произвольную точку b,

проводимъ изъ нея перпендикуляръ bb' на PQ и линію простирания ba до встрѣчи съ выработкой Aa въ точкѣ a, изъ которой также опускаемъ перпендикуляръ aa' на PQ; aa' = bb'. Повернувъ въ плоскость плана Δ -ки Abb' и Aaa', а именно:



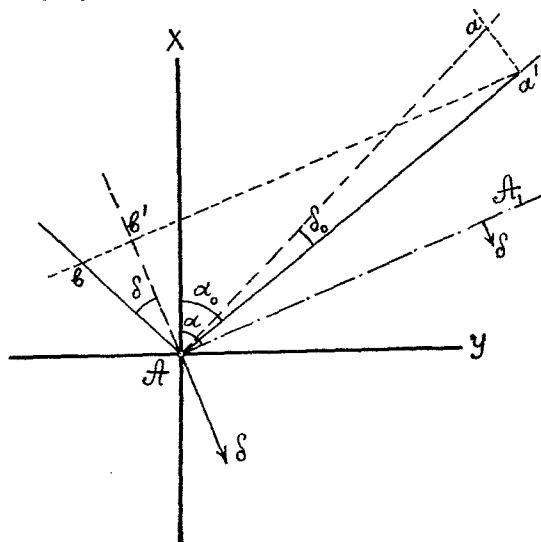
Черт. 51.

проведя линію паденія Ab' черезъ данную точку A, строимъ при ней уголъ δ и изъ произвольной точки b опускаемъ перпендикуляръ bb'; затѣмъ черезъ b' проводимъ линію b'a' параллельную простиранию пласта, а черезъ A—направленіе выработки (уголъ b'Aa' = $\alpha_0 - \alpha$); получаемъ точку a', изъ которой возставляемъ перпендикуляръ, длина котораго = bb'; въ последнемъ Δ -кѣ уголъ при A и есть искомый δ_0 .

Примѣръ 45.

Проведя линію (черт. 52) простирания (AA₁) = XAA₁ = 67° 30' и паденія (b'A) пласта, проводимъ черезъ какую нибудь точку b' линію простирания пласта b'a' до пересѣченія въ точкѣ a' съ линіей про-

стиранія выработки (Aa'), азимуть которой $\alpha_0 = 51^\circ 20'$; построивъ уголъ $bAb' = \delta$ и возставивъ перпендикуляръ $a'a = b'b$, получимъ уголъ $\delta_0 = a'Aa = 7^\circ 7'$.



Черт. 52.

3. Тригонометрический способъ.

Изъ $\triangle$ -ка Abb' :

$$bb' = Ab' \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Изъ $\triangle$ -ка $aa'A$:

$$aa' = bb' = Aa' \cdot \operatorname{tg} \delta_0$$

Но изъ $\triangle$ -ка $b'a'A$:

$$Ab' = Aa' \cdot \operatorname{sn} b'a'A = Aa' \cdot \operatorname{sn} (\alpha - \alpha_0).$$

Слѣдовательно

$$\frac{bb'}{\operatorname{tg} \delta} = \frac{bb'}{\operatorname{tg} \delta_0} \cdot \operatorname{sn} (\alpha - \alpha_0)$$

откуда

$$\operatorname{tg} \delta_0 = \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{sn} (\alpha - \alpha_0)$$

(ср. аналитический способъ).

§ 9.

Найти простираніе выработки, которая должна быть съ даннымъ уилономъ поведена по пласту.

1. Аналитический способъ.

Изъ ур. (4), § 8, имѣемъ

$$\operatorname{sn} (\alpha - \alpha_0) = \frac{\operatorname{tg} \delta_0}{\operatorname{tg} \delta}$$

Или можно просто на чертежѣ измѣрить простираніе линіи Ad' , которая есть на планѣ проекція проектируемой выработки.

Примѣръ 47 (заданія примѣра 46-го).

Проведя (черт. 53) линію возстанія пласта Aa' перпендикулярно къ простиранію его AB , изъ произвольной точки b' возставляемъ перпендикуляръ $b'b$, проводимъ bd' параллельно къ AB и строимъ уголъ $b'Ab = \delta = 24^{\circ}0'$; черезъ полученную точку b проводимъ $ba \parallel Aa'$ и строимъ уголъ $aAa' = \delta_o = 7^{\circ}7'$; получаемъ точку a , изъ которой опускаемъ перпендикуляръ $a'a$ и описываемъ дугу $a'd'$ до встрѣчи въ точкѣ d' съ продолженной bb' ; соединивъ A съ d' и измѣривъ уголъ XAd' , находимъ искомое простираніе выработки

$$\alpha_o = 51^{\circ}20'.$$

3. Тригонометрическій способъ.

Примѣръ 48.

Изъ $\triangle$ -ка Abb' (черт. 53):

$$bb' = Ab' \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Изъ $\triangle$ -ка Add' ($= \triangle Aaa'$) имѣемъ:

$$dd' = bb' = Ad' \cdot \operatorname{tg} \delta_o = Ab' \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Изъ $\triangle$ -ка $Ab'd'$:

$$Ab' = Ad' \cdot \operatorname{sn} b'd'A = Ad' \cdot \operatorname{sn} (\alpha - \alpha_o)$$

слѣдовательно

$$\frac{Ab'}{Ad'} = \operatorname{sn} b'Ad' = \frac{\operatorname{tg} \delta_o}{\operatorname{tg} \delta} = \operatorname{sn} (\alpha - \alpha_o)$$

или

$$\operatorname{sn} (67^{\circ}30' - \alpha_o) = \frac{\operatorname{tg} 7^{\circ}7'}{\operatorname{tg} 24^{\circ}0'}$$

$$67^{\circ}30' - \alpha_o = 16^{\circ}10'$$

$$\alpha_o = 51^{\circ}20'$$

Г л а в а 4-я.

Опредѣленіе мощности пластовыхъ залежей.

§ 1.

Залежь развѣдана вертикальною шахтою, буровою скважиною или шурфомъ.

1. Аналитическій способъ.

Пусть пластъ, простирание и паденіе котораго суть (α, δ) , прорѣзанъ въ отвѣсномъ направленіи, причемъ разстояніе отъ висячаго до лежачаго бока его по измѣренію оказалось равнымъ m . Эта величина есть, такъ сказать, *минимая* мощность пласта, ибо истинная мощность есть длина перпендикуляра между висячимъ и лежачимъ боками пласта. Примемъ какую-нибудь точку А (черт. 54) встрѣчи вертикальной выработки съ висячимъ бокомъ за начало координатъ и соотвѣтствующую ей (т. е. по одному отвѣсу) точку лежачаго бока обозначимъ точкою В съ координатами $(0, 0, -m)$.

Нормальное уравненіе висячаго бока (§ 2, гл. 3-я):

$$Mx + Ny - z = 0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ

$$\left. \begin{aligned} M &= +\sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \\ N &= -\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

слѣдовательно уравненіе лежачаго бока будетъ:

$$Mx + Ny - z + m = 0 \quad \dots \dots \dots (3)$$

Мощность m_0 равна разстоянію между плоскостями (1) и (3), или, что все равно, — длинѣ перпендикуляра изъ начала координатъ на плоскость (3), т. е.

$$m_0 = \frac{0 \cdot x + 0 \cdot y - 0 \cdot z + m}{\sqrt{M^2 + N^2 + 1}} = \frac{m}{\sqrt{\sin^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \delta + \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \delta + 1}}$$

$$m_0 = \frac{m}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \delta + 1}} = \frac{m}{\sec \delta} = m \cdot \cos \delta$$

т. е. въ этомъ случаѣ m_0 отъ простирания пласта не зависить.

Примѣръ 49.

Замѣренная (мнимая) мощность $m=1,35$ саж.; паденіе пласта $\delta=63^\circ 30'$.

Искомая (истинная) мощность:

$$m_0=1,35 \cdot \cos 63^\circ 30' = 0,60 \text{ саж.} = 1,8 \text{ фш.}$$

2. Графическій способъ.

Пусть PQ—сѣченіе пласта вкрестъ простирания. $AB=m$, паденіе $=\delta$. Построивъ по предыдущимъ даннымъ (черт. 55) прямоугольный треугольникъ ABC, получимъ искомую мощность $BC=0,60$ саж.

3. Тригонометрический способъ.

Изъ прямоугольнаго треугольника ABC:

$$m_0=m \cdot \cos \delta.$$

§ 2.

Залежь развѣдана горизонтальною выработкою вкрестъ простирания.

1. Аналитическій способъ.

Пусть A (черт. 56) точка встрѣчи выработки съ висячимъ бокомъ пласта, а B—съ лежащимъ, и горизонтальное разстояніе $AB=m$. Принявъ A за начало координатъ и направленіе простирания пласта—за ось X, получаемъ координаты точки B:

$$x=0; y=m, z=0$$

слѣдовательно уравненія боковъ пласта будутъ:

$$Mx + Ny - z = 0$$

$$Mx + N(y-m) - z = 0$$

и разстояніе между ними

$$m_0 = \frac{M \cdot 0 + N(0-m) - 0}{\sqrt{M^2 + N^2 + 1}} = \frac{-Nm}{\sec \delta} = \frac{\cos \alpha \cdot \tan \delta \cdot m}{\sec \delta}$$

а такъ какъ мы принимаемъ здѣсь $\alpha=0$, то

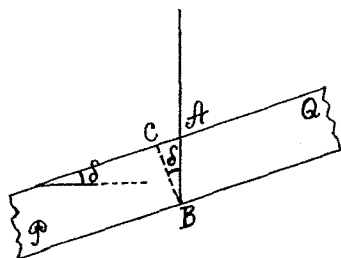
$$m_0 = m \cdot \sin \delta$$

Если-бы мы не принимали направленія простирания пласта за ось X, то координаты точки B [т. к. $(AB)=\alpha+90^\circ$]:

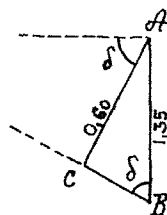
$$x = m \cdot \cos(\alpha+90) = -m \cdot \sin \alpha$$

$$y = m \cdot \sin(\alpha+90) = +m \cdot \cos \alpha$$

$$z=0$$



Черт. 54.



Черт. 55.

Уравнение лежакаго бока:

$$M(x+m.\sin\alpha)+N(y-m.\cos\alpha)-z=0$$

и искомая мощность:

$$m_0 = \frac{Mm.\sin\alpha - Nm.\cos\alpha}{\sec\delta} = \frac{m.\sin\alpha.\operatorname{tg}\delta.\sin\alpha + m.\cos\alpha.\operatorname{tg}\delta.\cos\alpha}{\sec\delta}$$

$$m_0 = m \cdot \frac{\sin\delta}{\cos\delta} \cdot \cos\delta (\sin^2\alpha + \cos^2\alpha) = m.\sin\delta$$

т. е. и здѣсь m_0 не зависитъ отъ α .

2 и 3 Графическій и Тригонометрическій способы очевидны.

§ 3.

Залежь развѣдана горизонтальною выработкою не въкрестъ простиранію.

1. Аналитическій способъ.

Пусть m —замѣренное горизонтальное разстояніе АВ между боками пласта, α_0 —простираніе линіи АВ и (α, δ) —простираніе и паденіе пласта. Принявъ А за начало, имѣемъ слѣдующія координаты В:

$$x = m \cdot \cos\alpha_0$$

$$y = m \cdot \sin\alpha_0$$

$$z = 0$$

слѣдовательно уравненіе лежакаго бока пласта:

$$M(x - m \cdot \cos\alpha_0) + N(y - m \cdot \sin\alpha_0) - z = 0$$

а искомая мощность:

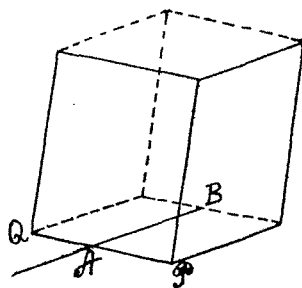
$$m_0 = \frac{-M \cdot m \cdot \cos\alpha_0 - N \cdot m \cdot \sin\alpha_0}{\sqrt{M^2 + N^2 + 1}} = \frac{-m \cdot \sin\alpha \cdot \operatorname{tg}\delta \cdot \cos\alpha_0 + m \cdot \cos\alpha \operatorname{tg}\delta \cdot \sin\alpha_0}{\sec\delta}$$

$$m_0 = m \cdot \sin\delta (\sin\alpha_0 \cdot \cos\alpha - \cos\alpha_0 \cdot \sin\alpha)$$

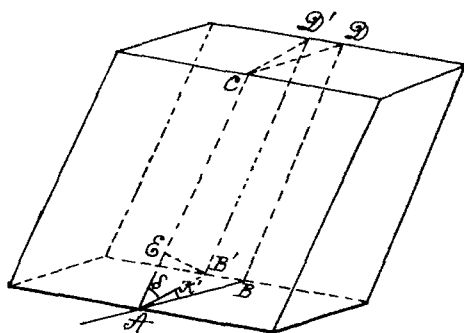
$$m_0 = m \cdot \sin\delta \cdot \sin(\alpha_0 - \alpha) \dots \dots \dots (1)$$

т. е. здѣсь m_0 зависитъ отъ паденія пласта и отъ угла между простираніемъ выработки и простираніемъ пласта.

Назвавъ этотъ уголъ черезъ k :



Черт. 56.



Черт. 57.

$$\alpha_o - \alpha = k$$

получимъ

$$m_o = m \cdot \sin \delta \cdot \sin k \dots \dots \dots (2)$$

Если же вмѣсто угла k мы введемъ уголъ k' между направле-
ніемъ выработки и направлениемъ паденія пласта, то

$$m_o = m \cdot \sin \delta \cdot \cos k' \dots \dots \dots (3)$$

Примѣръ 50.

Пусть

$$\alpha = 238^\circ 10'$$

$$\delta = 24^\circ 30'$$

$$\alpha_o = 258^\circ 40'$$

$$m = 2,35 \text{ саж.}$$

Тогда искомая мощность

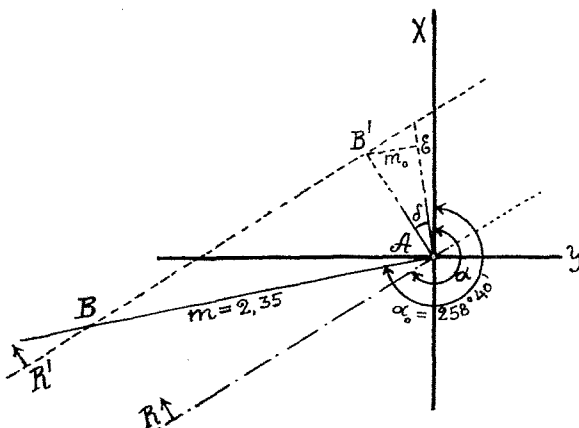
$$m_o = 2,35 \cdot \sin 24^\circ 30' \cdot \sin (258^\circ 40' - 238^\circ 10')$$

$$m_o = 0,34 \text{ саж.}$$

2. Графическій способъ.

Проведя (черт. 57) вертикальныя сѣченія: $AB'D'C$ —вкрестъ про-
стиранія пласта и $ABDC$ —по направленію выработки AB , получаемъ
прямоугольный треугольникъ ABB' , въ которомъ $AB = m$

$$\angle B'AB = k' = \alpha_o - (90 + \alpha)$$



Черт. 58.

слѣдовательно можно его построить. Перпендикуляръ $B'E$ на линію
 AC изъ B' есть искомая мощность пласта. Повернувъ $\triangle$ -къ $AB'E$

въ плоскость плана, строимъ его по сторонѣ АВ' и углу $\delta = \angle B'AE$, — получимъ его катетъ $B'E = m_0$.

Примѣръ 51.

Нанеся на планъ (черт. 58) направленія простираній пласта AR и выработки АВ, откладываемъ длину $AB = m = 2,35$ с. Изъ А опускаемъ перпендикуляръ АВ' (линія паденія пласта), — получаемъ точку В' на пересѣченіи съ линіей В'R' простиранія пласта, проведенной черезъ точку В. Построивъ при АВ' уголъ $\delta = 24^\circ 30'$ и опустивъ изъ В' перпендикуляръ В'Е на АЕ, получаемъ искомую мощность (по масштабу):

$$m_0 = B'E = 0,34 \text{ саж.}$$

3. Тригонометрическій способъ.

Изъ $\triangle$ -ка АВВ', гдѣ $AB = 2,35$, $\angle B'BA = \alpha_0 - \alpha = 20^\circ 30'$, находимъ

$$AB' = m \cdot \sin(\alpha_0 - \alpha) = 2,35 \cdot \sin 20^\circ 30'$$

а изъ $\triangle$ -ка АВ'Е — искомая мощность:

$$m_0 = B'E = AB' \cdot \sin \delta = 2,35 \cdot \sin 20^\circ 30' \cdot \sin 24^\circ 30' = 0,34 \text{ саж.}$$

§ 4.

Залежь разсѣчена наклонною выработкою по какому-угодно направленію.

1. Аналитическій способъ.

Пусть (черт. 59) длина выработки между висячимъ и лежащимъ боками пласта равна $AB = m$; простираніе и паденіе залежи (α, δ), простираніе и уклонъ выработки (α_0, δ_0). Принявъ точку А за начало координатъ, получаемъ координаты точки В:

$$x = +m \cdot \cos \delta_0 \cdot \cos \alpha_0$$

$$y = +m \cdot \cos \delta_0 \cdot \sin \alpha_0$$

$$z = -m \cdot \sin \delta_0$$

и слѣдовательно уравненіе бока пласта, проходящаго черезъ эту точку, будетъ

$$M(x - m \cdot \cos \delta_0 \cdot \cos \alpha_0) + N(y - m \cdot \cos \delta_0 \cdot \sin \alpha_0) - (z + m \cdot \sin \delta_0) = 0$$

а длина перпендикуляра на него изъ точки А, т. е. искомая мощность пласта:

$$m_0 = \frac{M \cdot m \cdot \cos \delta_0 \cdot \cos \alpha_0 + N \cdot m \cdot \cos \delta_0 \cdot \sin \alpha_0 + m \cdot \sin \delta_0}{\sqrt{M^2 + N^2 + 1}}$$

$$m_o = \frac{m \cdot \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \cos \delta_o \cdot \cos \alpha_o - m \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \cos \delta_o \cdot \sin \alpha_o + m \cdot \sin \delta_o}{\sec \delta}$$

$$m_o = m (\sin \alpha \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta_o \cdot \cos \alpha_o - \cos \alpha \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta_o \cdot \sin \alpha_o + \sin \delta_o \cdot \cos \delta)$$

$$m_o = m [\sin \delta \cdot \cos \delta_o \cdot \sin (\alpha - \alpha_o) + \sin \delta_o \cdot \cos \delta] \quad (1)$$

Оба члена во второй части могут имѣть или одинаковые или разные знаки въ зависимости отъ разности простираний $\alpha - \alpha_o$ и на-
правленіи паденія выработки.

Это—самая общая формула для вычисленія мощности въ какихъ
угодно случаяхъ.

Примѣръ 52.

Пусть падающая выработка встрѣчаетъ висячій бокъ пласта
(черт. 59) и пусть измѣнены:

$$m = 2,55 \text{ саж.}$$

$$\delta = 23^\circ 20'$$

$$\alpha = 163^\circ 40'$$

$$\delta_o = 5^\circ 30'$$

$$\alpha_o = 130^\circ 30'$$

Тогда по (1) искомая мощность пласта:

$$m_o = 2,55 [\sin 23^\circ 20' \cdot \cos 5^\circ 30' \cdot \sin (163^\circ 40' - 130^\circ 30') + \sin 5^\circ 30' \cdot \cos 23^\circ 20']$$

здѣсь оба слагаемыхъ имѣютъ одинаковые знаки, ибо паденія вы-
работки и пласта не согласны. По вычисленіи находимъ:

$$m_o = 0,78 \text{ саж.}$$

2. Графическій способъ.

Пусть MN—часть пласта, прорѣзываемаго выработкой АВ, па-
дающей на висячій бокъ пласта.

(α , δ)—простирание и паденіе пласта.

(α_o , δ_o)—простирание и уклонъ выработки АВ.

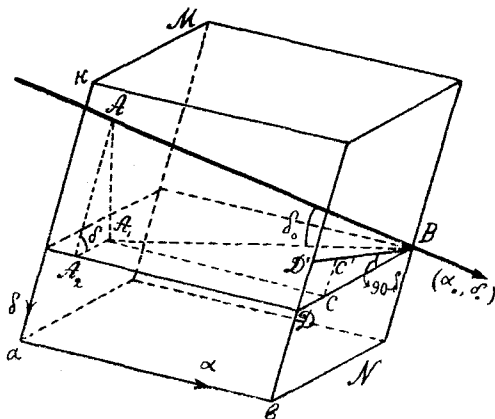
Пусть ab—направленіе простирания пласта,

ka—линія паденія его.

Проведемъ черезъ В горизонтальную плоскость и, опустивъ на
нее перпендикуляръ AA₁, соединимъ В съ А₁; тогда въ $\triangle$ -кѣ АВА₁
уголъ АВА₁ = δ_o , и длина АВ = m непосредственно измѣрены въ руд-
никѣ, слѣдовательно этотъ $\triangle$ -кѣ можемъ построить и получить ли-
нію А₁В. Далѣе, черезъ В проводимъ линію ВD вкрестъ простирания
пласта и изъ А₁ опускаемъ на нее перпендикуляръ А₁С; тогда въ
 $\triangle$ -кѣ А₁ВС уголъ ВА₁С есть разность ($\alpha - \alpha_o$) простираний пласта и
выработки и слѣдовательно можемъ построить линію ВС. Изъ В опу-
скаемъ перпендикуляръ ВD' на висячій бокъ bk пласта и перпенди-

кулярь CC' на линію BD' и, повернувь полученный Δ -къ $BC'S$ въ планъ, строимъ его по гипотенузѣ BC и углу $C'BC$, ибо этотъ послѣдній равенъ $90^\circ - \delta$; получаемъ длину BC' .

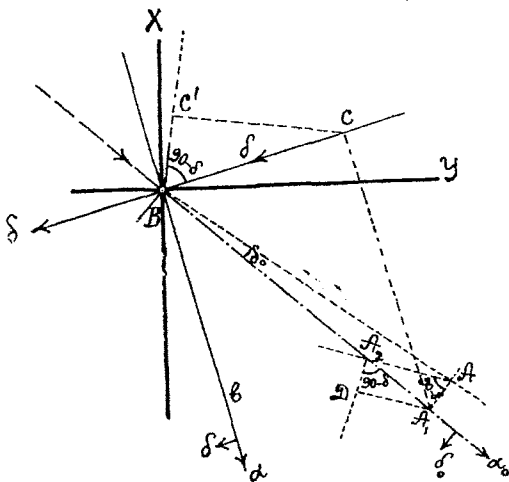
Искомая мощность пласта равна длинѣ перпендикуляра BD' , т. е.



Черт. 59.

равна $BC' + D'C'$; BC' только что найдено; остается найти отрезокъ $D'C'$ (онъ соотвѣтствуетъ второму слагаемому въ равенствѣ (1), сего §, а часть BC' —первому слагаемому его).

Но $D'C'$ есть горизонтальная проекція отрезка DC (подъ угломъ $90^\circ - \delta$), а послѣдній равенъ A_1A_2 , а A_1A_2 опредѣляется какъ катетъ треугольника AA_1A_2 , гдѣ уголъ $A_1AA_2 = 90^\circ - \delta$, катетъ-же AA_1 извѣ-



Черт. 60.

стенъ уже изъ Δ -ка AA_1B . Построивъ такимъ образомъ отрезокъ $A_1A_2 = CD$, прибавляемъ его къ BC' и получаемъ искомую мощность пласта $m_0 = BD'$.

Примѣръ 53. (Заданія примѣра 52).

Принявъ точку В (черт. 60) за начало, наносимъ линіи простиранія пласта Вв и выработки ВА₁; откладываемъ ВА₁=m=2,55, возставаемъ перпендикуляръ А₁А и строимъ уголъ А₁ВА=δ₀=5°30', получимъ Δ-къ ВАА₁ (соотвѣтствующій Δ-ку ВАА₁ (черт. 59). Затѣмъ опускаемъ изъ А перпендикуляръ на ВА₁ и такъ какъ онъ въ данномъ случаѣ, при маломъ уголѣ δ₀, сливается на чертежѣ съ линіей АА₁, то, проводимъ линію возстанія пласта ВС и опускаемъ на нее перпендикуляръ А₁С; тогда Δ-къ ВА₁С соотвѣтствуетъ Δ-ку ВА₁С, черт. 59-го. Далѣе,—строимъ уголъ СВС'=90—δ=66°40' и опускаемъ перпендикуляръ СС': получаемъ Δ-къ ВСС', соотвѣтствующій Δ-ку ВСС' черт. 59-го; его катетъ ВС' есть 1-я часть искомой мощности пласта,—по измѣреніи она оказывается равною:

$$BC' = 0,55 \text{ саж.}$$

Теперь при АА₁ строимъ уголъ А₁АА₂=90—δ=66°40',—получаемъ точку А₂, при которой строимъ уголъ А₁А₂Д=66°40' и, опустивъ перпендикуляръ А₁Д, получаемъ 2-е слагаемое мощности:

$$A_2D = 0,23 \text{ саж.}$$

Слѣдовательно искомая мощность пласта

$$m_0 = 0,55 + 0,23 = 0,78 \text{ саж.}$$

Тотъ же результатъ, что найденъ выше.

3. Тригонометрическій способъ.

Сперва изъ Δ-ка АА₁В (черт. 59 или 60) находимъ

$$A_1B = m \cdot \cos \delta_0$$

Затѣмъ изъ Δ-ка А₁ВС:

$$BC = A_1B \cdot \sin \angle BA_1C = m \cdot \cos \delta_0 \cdot \sin (\alpha - \alpha_0).$$

Изъ Δ-ка ВСС':

$$BC' = BC \cdot \sin \delta = m \cdot \cos \delta_0 \cdot \sin (\alpha - \alpha_0) \cdot \sin \delta$$

Такъ какъ Д'С' есть горизонтальная проекція DC, то

$$D'C' = DC \cdot \cos (90 - \delta) = DC \cdot \sin \delta$$

Изъ Δ-ка АА₁А₂:

$$DC = A_1A_2 = AA_1 \cdot \tan (90 - \delta) = AA_1 \cdot \cotg \delta$$

слѣдовательно

$$D'C' = AA_1 \cdot \cotg \delta \cdot \sin \delta = AA_1 \cdot \cos \delta = m \cdot \sin \delta_0 \cdot \cos \delta$$

Искомая мощность

$$m_0 = BC' + D'C'$$

$$m_0 = m [\cos \delta_0 \cdot \sin (\alpha - \alpha_0) \sin \delta + \sin \delta_0 \cdot \cos \delta]$$

Примѣръ 54 (тѣ-же заданія).

Подставивъ заданныя числа въ предыдущія формулы, получаемъ:

$$BC' = 2,55 \cdot \cos 5^\circ 30' \cdot \sin(163^\circ 40' - 130^\circ 30') \cdot \sin 23^\circ 20' = 0,55 \text{ саж.}$$

$$D'C' = 2,55 \cdot \sin 5^\circ 30' \cdot \cos 23^\circ 20' = 0,27 \text{ саж.}$$

Искомая мощность,

$$m_0 = BC' + D'C' = 0,78 \text{ саж.}$$

§ 5.

Исслѣдованіе общей формулы для опредѣленія мощности.

Въ предыдущемъ § мы нашли слѣдующую формулу для вычисленія мощности пласта въ самомъ общемъ случаѣ:

$$m_0 = m [\sin \delta \cdot \cos \delta_0 \cdot \sin(\alpha - \alpha_0) + \sin \delta_0 \cdot \cos \delta] \dots \dots \dots (1)$$

причемъ α_0 есть азимутъ падающаго направленія выработки.

Отсюда вытекаютъ слѣдствія:

I. *Пластъ горизонталенъ*, т. е. $\delta = 0$.

1. Если выработка наклонна, то мощность пласта:

$$m_0 = m \cdot \sin \delta_0 \dots \dots \dots (2)$$

2. Если выработка вертикальна, т. е. $\delta_0 = 90^\circ$, то

$$m_0 = m \dots \dots \dots (3)$$

II. *Пластъ поставленъ на голову*, т. е. $\delta = 90$.

3. Въ общемъ случаѣ какъ угодно направленной наклонной выработки здѣсь:

$$m_0 = m \cdot \cos \delta_0 \cdot \sin(\alpha - \alpha_0) \dots \dots \dots (4)$$

4. Если выработка горизонтальна и направлена не вкрестъ простиранія пласта т. е. если $\delta_0 = 0$, и $(\alpha - \alpha_0)$ не равно нулю, то

$$m_0 = m \cdot \sin(\alpha - \alpha_0) \dots \dots \dots (5)$$

5. Если выработка горизонтальна и направлена вкрестъ простиранія пласта, т. е. $\delta_0 = 0$ и $\alpha - \alpha_0 = 90^\circ$ или 270° , то

$$m_0 = m \dots \dots \dots (6)$$

6. Если выработка наклонна и разность простираній $(\alpha - \alpha_0) = 90^\circ$ или 270° , то

$$m_0 = m \cdot \cos \delta_0 \dots \dots \dots (7)$$

III. *Пластъ наклонный*, т. е. $\delta > 0$ и $< 90^\circ$.

7. Если выработка горизонтальна, т. е. $\delta_0 = 0$, но произвольно направлена, то

$$m_0 = m \cdot \sin \delta \cdot \sin(\alpha - \alpha_0) \dots \dots \dots (8)$$

Г л а в а 5-я.

Опредѣленіе выхода выработки и пласта на дневную поверхность.

§ 1.

Предварительныя замѣчанія.

Въ практикѣ горнаго техника весьма часто встрѣчается задача: зная элементы залеганія пластовой залежи и рельефъ дневной поверхности, опредѣлить цѣлый рядъ тѣхъ пунктовъ поверхности, гдѣ она пересѣкается пластовой залежью, или какъ говорятъ,—опредѣлить „линію выхода пласта“. Нижеизлагаемые методы рѣшенія этой задачи при различныхъ ея видоизмѣненіяхъ вполне приложимы къ отысканію точекъ встрѣчи съ дневной поверхностью не только пластовыхъ, но и жильныхъ мѣсторожденій, сбрасывающихъ трещины и отдѣльныхъ выработокъ.

Большая или меньшая трудность разсматриваемой теперь задачи вполне зависитъ, во первыхъ,—отъ большей или меньшей степени нарушеній въ залеганіи пласта, во вторыхъ,—отъ характера (рельефа) дневной поверхности и въ третьихъ,—отъ присутствія или отсутствія покровныхъ породъ.

Всѣ безъ исключенія случаи, могущіе при этомъ имѣть мѣсто на практикѣ, сводятся къ двумъ главнымъ: опредѣлить выходъ пласта (трещины, жилы, выработки), 1) если дневная поверхность горизонтальна и 2) если она холмиста.

Что-же касается искривленныхъ пластовъ или весьма измѣнчиваго рельефа поверхности, то въ этихъ случаяхъ задача усложняется только въ томъ отношеніи, что приходится опредѣлять лінію выхода по многимъ точкамъ, выбираемымъ такъ близко другъ къ другу, чтобы находящіеся между ними части пласта или дневной поверхности можно было принимать за ограниченныя геометрически-правильными плоскостями.

§ 2.

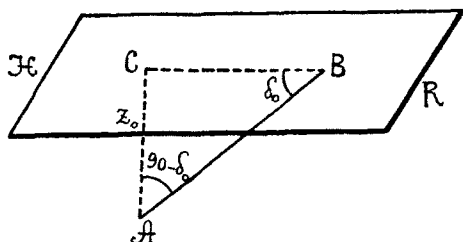
Определение точки выхода выработки на горизонтальную дневную поверхность (или если направление падения дневной поверхности перпендикулярно простиранию выработки).

1. Аналитический способ.

Пусть HR (черт. 61)—горизонтальная дневная поверхность, соответствующая уровню нулевого горизонта координатной системы.

AB—наклонная выработка, начатая въ рудникѣ (по пласту);
($x_1 y_1 z_1$)—координаты точки A;
(α_0, δ_0)—простирание и уклонъ выработки;

($x_0 y_0 z_0$)—искомыя координаты точки выхода B.



Черт. 61.

Принявъ А за начало координатъ, напомнимъ уравнение горизонта HR:

$$z = -z_1 = z_0 \dots \dots \dots (1)$$

и линіи АВ (если δ_0 есть ея уголъ возстанія):

$$\frac{x}{\cos \alpha_0 \cdot \cos \delta_0} = \frac{y}{\sin \alpha_0 \cdot \cos \delta_0} = \frac{z}{\sin \delta_0} \dots \dots \dots (2)$$

Искомыя координаты (x_0, y_0) точки В найдутся совмѣстнымъ рѣшеніемъ (1) съ (2):

$$\frac{x_0}{\cos \delta_0 \cdot \cos \alpha_0} = \frac{y_0}{\cos \delta_0 \cdot \sin \alpha_0} = \frac{z_0}{\sin \delta_0}$$

откуда координаты точки выхода на планѣ:

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \cos \alpha_0 \\ y_0 &= z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 \cdot \sin \alpha_0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

Задача упростится, если временно принять $\alpha=0$, т. е. направление выработки—за ориентирное, тогда:

$$\begin{aligned} x_0 &= z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 \\ y_0 &= 0 \end{aligned}$$

Примѣръ 55.

Пусть известна какая-нибудь точка А (100,1; 180,4; -25,0) выработки, причемъ $\alpha_0=168^\circ 10'$, $\delta=35^\circ 0'$.

Тогда искомый выходъ на дневную поверхность:

$$x_0 = 25,0 \cdot \operatorname{ctg} 35^\circ 0' \cdot \operatorname{cs} 168^\circ 10' = -34,94$$

$$y_0 = 25,0 \cdot \operatorname{ctg} 35^\circ 0' \cdot \operatorname{sn} 168^\circ 10' = +7,32$$

Если считать простираніе выработки по направленію ея паденія, то въ предыдущихъ формулахъ нужно было-бы пзмѣнить α_0 на ± 180 , такъ что x_0 и y_0 были-бы съ обратными знаками.

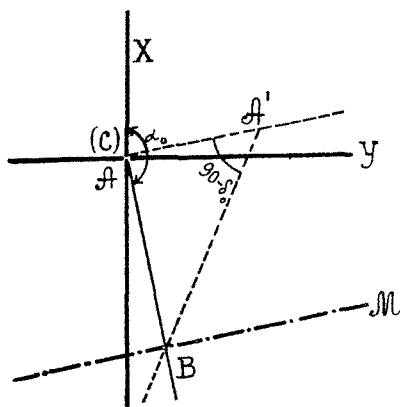
2. Графическій способъ.

Проведя черезъ АВ (черт. 61) вертикальную плоскость АСВ, строимъ $\triangle$ -къ АСЗ по катету АС $= z_0$ = глубинѣ данной точки А и углу САВ $= 90^\circ - \delta_0$.

Точка В и есть искомый выходъ выработки.

Примѣръ 56 (предыдущія заданія).

Нанеся на планъ проекцію направленія возстанія выработки АВ (черт. 62), т. е. подъ угломъ ХАВ $= \alpha_0 = 168^\circ 10'$, возставаемъ перпендикуляръ АА' и откладываемъ на немъ глубину залеганія данной точки АА' $= 25,0$; строимъ при этой точкѣ уголъ АА'В $= 90^\circ - \delta_0 = 55^\circ 0'$ и получаемъ искомую точку выхода В (ея координаты по измѣренію циркулемъ равны выше найденнымъ x_0 и y_0).



Черт. 62.

3. Тригонометрический способъ.

Изъ $\triangle$ -ка АВА' вычисляемъ АВ по катету и углу, а затѣмъ координаты точки В:

$$x_0 = AB \cdot \operatorname{cs} \alpha_0$$

$$y_0 = AB \cdot \operatorname{sn} \alpha_0$$

Примѣръ 57 (тѣ-же заданія).

$$AB = AA' \cdot \operatorname{ctg} \delta_0 = 25,0 \cdot \operatorname{ctg} 35^\circ$$

$$x = 25,0 \cdot \operatorname{ctg} 35^\circ \cdot \operatorname{cs} 168^\circ 10' = -34,94$$

$$y = 25,0 \cdot \operatorname{ctg} 35^\circ \cdot \operatorname{sn} 168^\circ 10' = +7,32$$

Примѣчаніе. Если-бы плоскость НR не соответствовала уровню ну левого горизонта координатъ, а была выше или ниже ея на величину h , то при указанномъ построеніи и вычисленіи нужно брать всегда z_0 = глубинѣ залеганія точки А.

§ 3.

Выходъ (и длина) выработки на дневную поверхность, имѣющую уклонъ въ обратномъ направленіи, чѣмъ выработка или если направленіе паденія дневной поверхности перпендикулярно простиранію выработки.

1. Аналитическій способъ.

Пусть АВ—направленіе выработки,

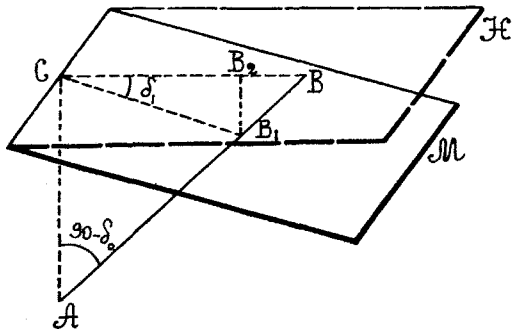
СН—горизонтальная плоскость,

СМ—наклонная дневная поверхность,

δ_1 —(изъ нивелировки) уклонъ ея по направленію простиранія выработки,

δ_0 —уклонъ выработки,

(x_0, y_0, z_0) —координаты какой-нибудь точки А выработки.



Черт. 63.

Продолживъ направленіе выработки, мы видимъ, что дѣйствительная точка встрѣчи ея съ дневной поверхностью есть B_1 , которая на планѣ проектируется въ точку B_2 ; если бы же дневная поверхность была горизонтальною, то выходъ былъ бы въ В.

Такъ какъ искомая точка выхода B_1 и ея проекція B_2 должны находиться въ вертикальной плоскости АСВ, проведенной черезъ направленіе выработки, то, принявъ А за начало координатъ и обозначивъ глубину точки А черезъ— z_0 , напомнимъ уравненія прямыхъ CB_1 и AB_1 въ этой плоскости:

$$\begin{aligned} -(z-z_0) &= x \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \\ z &= x \cdot \operatorname{tg} \delta_0 \end{aligned}$$

и искомыя координаты (ось Х временно считаемъ по простиранію выработки):

$$x' = \frac{z_0}{\operatorname{tg} \delta_0 + \operatorname{tg} \delta_1}; \quad z' = \frac{z_0 \cdot \operatorname{tg} \delta_0}{\operatorname{tg} \delta_0 + \operatorname{tg} \delta_1}$$

или

$$x' = \frac{z_0 \cdot \text{cs } \delta_0 \cdot \text{cs } \delta_1}{\text{sn } \delta_0 \cdot \text{cs } \delta_1 + \text{sn } \delta_1 \cdot \text{cs } \delta_0} = \frac{z_0 \text{cs } \delta_0 \cdot \text{cs } \delta_1}{\text{sn}(\delta_0 + \delta_1)} = CB_2$$

$$z' = \frac{z_0 \cdot \text{sn } \delta_0 \cdot \text{cs } \delta_0 \cdot \text{cs } \delta_1}{\text{cs } \delta_0 \cdot \text{sn}(\delta_0 + \delta_1)} = \frac{z_0 \cdot \text{sn } \delta_0 \cdot \text{cs } \delta_1}{\text{sn}(\delta_0 + \delta_1)}$$

Для опредѣленія только мѣста выхода достаточно вычислить только x' ; но если желательно знать еще и *длину* AB_1 , то:

$$AB_1 = \sqrt{x'^2 + z'^2} = z_0 \sqrt{\frac{\text{cs}^2 \delta_0 \cdot \text{cs}^2 \delta_1 + \text{sn}^2 \delta_1 \cdot \text{cs}^2 \delta_1}{\text{sn}^2(\delta_0 + \delta_1)}}$$

$$AB_1 = \frac{z_0 \cdot \text{cs } \delta_1}{\text{sn}(\delta_0 + \delta_1)}$$

Примѣръ 58.

Пусть

$$\begin{aligned} z_1 &= 25,0 \\ \delta_1 &= 12^\circ 30' \\ \delta_0 &= 40^\circ 0' \end{aligned}$$

Тогда

$$CB_2 = x' = \frac{25,0 \cdot \text{cs } 12^\circ 30' \cdot \text{cs } 40^\circ 0'}{\text{sn}(12^\circ 30' + 40^\circ 0')} = 23,57$$

$$AB_1 = \frac{25,0 \cdot \text{cs } 12^\circ 30'}{\text{sn}(12^\circ 30' + 40^\circ 0')} = 30,76$$

2. Графическій способъ.

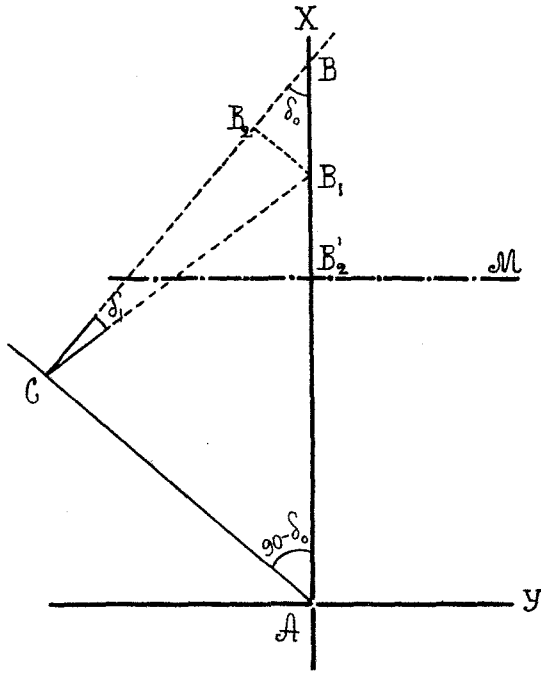
Повернувъ плоскость АСВ (черт. 63) въ планъ, проводимъ направление выработки АВ, затѣмъ строимъ при этой линіи уголъ $\text{ВАС} = 90^\circ - \delta_0$ и откладываемъ $\text{АС} = z_0$; въ точкѣ С возставляемъ перпендикуляръ СВ, проводимъ СВ_1 подъ угломъ δ_1 и изъ пересѣченія ея В_1 съ прямою АВ опускаемъ перпендикуляръ $\text{В}_1\text{В}_2$ на СВ. Наконецъ, отложивъ СВ_2 по направленію АВ, получимъ $\text{В}'_2$ —мѣсто выхода на планѣ (черт. 64). Длина-же выработки представляется отрезкомъ АВ_1 .

Примѣръ 59 (заданія примѣра 58-го).

Сдѣлавъ указанныя построенія (черт. 64), получаемъ, по измѣреніи циркулемъ:

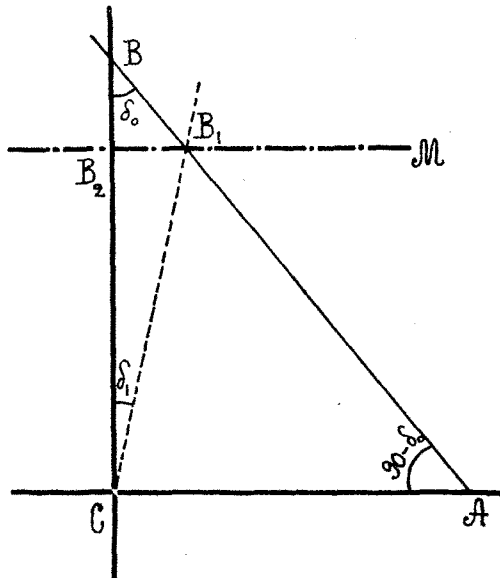
$$\begin{aligned} \text{АВ}'_2 &= 23,57 \\ \text{АВ}_1 &= 30,76. \end{aligned}$$

Но нѣсколько проще построение можно сдѣлать такъ, какъ показано на черт. 65-мъ, гдѣ проекція положенія точки выхода B_2 по-



Черт. 64.

лучается непосредственно по направленію простирания выработки.



Черт. 65.

3. Тригонометрический способ.

Изъ $\triangle$ -ка ABC (черт. 63):

$$BC = AC \cdot \operatorname{tg} (90 - \delta_0) = z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta_0$$

Изъ $\triangle$ -ковъ CB_1B_2 и B_1B_2 :

$$B_1B_2 = B_2C \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

$$B_1B_2 = BB_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_0$$

следовательно

$$B_2C \cdot \operatorname{tg} \delta_1 - BB_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_0 = 0$$

$$B_2C + BB_2 = BC = z_0 \operatorname{ctg} \delta_0$$

отсюда найдемъ

$$B_2C = \frac{z_0 \cdot \operatorname{cs} \delta_0 \cdot \operatorname{cs} \delta_1}{\operatorname{sn} (\delta_0 + \delta_1)}$$

а рѣшая $\triangle$ -къ ACB_1 по сторонѣ $AC = z_0$ и угламъ, найдемъ длину

$$AB_1 = \frac{z_0 \cdot \operatorname{cs} \delta_1}{\operatorname{sn} (\delta_0 + \delta_1)}$$

(Примѣръ см. выше).

§ 4.

Выходъ (и длина) выработки на дневную поверхность, имѣющую уклонъ въ томъ-же направленіи, какъ и выработка.

1. Аналитическій способъ.

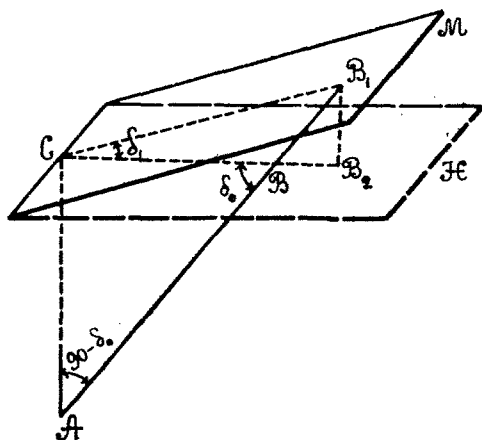
Пусть (черт. 66) AB_1 —направление выработки; CH —горизонтальная плоскость, CM —дневная поверхность.

Пусть уклонъ дневной поверхности, опредѣленный нивелированіемъ по направленію простирания выработки, равенъ δ_1 , а уклонъ выработки $= \delta_0$.

Совершенно аналогично § 3-му, составляемъ уравненія линій CB_1 и AB_1 :

$$+(z - z_0) = x \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

$$z = x \cdot \operatorname{tg} \delta_0$$



Черт. 66.

рѣшая которая, найдемъ координаты точки B_1 :

$$x' = \frac{z_0}{\operatorname{tg} \delta_0 - \operatorname{tg} \delta_1} = \frac{z_0 \cdot \operatorname{cs} \delta_0 \cdot \operatorname{cs} \delta_1}{\operatorname{sn}(\delta_0 - \delta_1)} = CB_2$$

$$z' = \frac{z_0 \cdot \operatorname{tg} \delta_0}{\operatorname{tg} \delta_0 - \operatorname{tg} \delta_1} = \frac{z_0 \cdot \operatorname{sn} \delta_0 \cdot \operatorname{cs} \delta_1}{\operatorname{sn}(\delta_0 - \delta_1)}$$

А длина выработки до дневной поверхности:

$$AB_1 = \sqrt{x'^2 + z'^2} = \frac{z_0 \cdot \operatorname{cs} \delta_1}{\operatorname{sn}(\delta_0 - \delta_1)}$$

Изъ этихъ формулъ видно, что 1) при $\delta_0 = \delta_1$ выходъ на дневную поверхность невозможенъ; 2) при $\delta_0 = 0, x' = -z_0 \cdot \operatorname{tg} \delta_1$; 3) вообще при $\delta_1 > \delta_0$ выходъ будетъ въ обратную сторону С.

Примѣръ 60.

Пусть

$$\begin{aligned} z_0 &= 25,0 \\ \delta_1 &= 12^\circ 30' \\ \delta_0 &= 40^\circ 0' \end{aligned}$$

тогда

$$CB_2 = x' = \frac{25,0 \cdot \operatorname{cs} 12^\circ 30' \cdot \operatorname{cs} 40^\circ 0'}{\operatorname{sn}(40^\circ 0' - 12^\circ 30')} = 40,49$$

а длина выработки

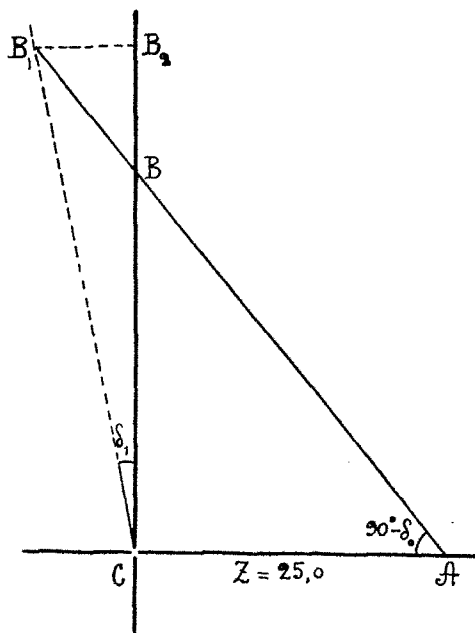
$$AB_1 = \frac{25,0 \cdot \operatorname{cs} 12^\circ 30'}{\operatorname{sn}(40^\circ 0' - 12^\circ 30')} = 52,86$$

2. Графическій способъ.

Примѣръ 61.

Принявъ СВ (черт. 67) за направление простирания выработки, причемъ точка А (черт. 66) проектируется въ точку С (черт. 67), откладываемъ по перпендикуляру длину $CA = z_0 = 25,0$; строимъ при А уголъ $CAB_1 = 90 - \delta_0 = 90 - 40 = 50^\circ$, а при СВ—уголъ $BCB_1 = \delta_1 = 12^\circ 30'$; въ пересѣченіи сторонъ получаемъ точку B_1 , опустивъ изъ которой перпендикуляръ B_1B_2 , получаемъ, по измѣреніи циркулемъ: B_2 —точка выхода выработки на планъ отойти отъ С (проекція на чала выработки) на длину

$$CB_2 = 40,49$$



Черт. 67.

а действительная длина выработки:

$$AB_1=52,86$$

тѣ-же результаты, что и въ примѣрѣ 60.

3. Тригонометрический способъ.

Изъ $\triangle$ -ка ABC (черт. 66 или 67):

$$BC=AC.\operatorname{tg}(90-\delta_0)=z_0.\operatorname{ctg}\delta_0$$

Изъ $\triangle$ -ковъ CB_1B_2 и BB_1B_2 :

$$B_1B_2=B_2C.\operatorname{tg}\delta_1$$

$$B_1B_2=BB_2.\operatorname{tg}\delta_0$$

слѣдовательно

$$B_2C.\operatorname{tg}\delta_1=BB_2.\operatorname{tg}\delta_0=0$$

$$B_2C-BB_2=BC=z_0.\operatorname{ctg}\delta_0$$

отсюда:

$$B_2C=\frac{z_0.\operatorname{cs}\delta_0.\operatorname{cs}\delta_1}{\operatorname{sn}(\delta_0-\delta_1)}$$

а рѣшая $\triangle$ -къ ACB, по сторонѣ $AC=z_0$ и двумъ угламъ, найдемъ длину:

$$AB_1=\frac{z_0.\operatorname{cs}\delta_1}{\operatorname{sn}(\delta_0-\delta_1)}$$

Примѣръ смотрите въ аналит. способѣ,—тѣ-же формулы.

§ 5.

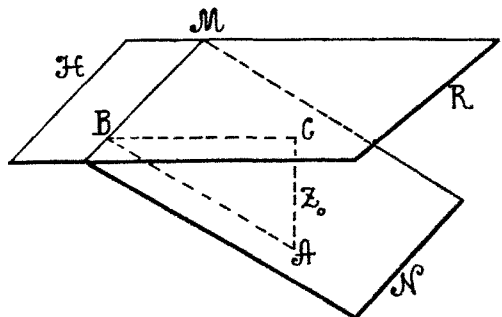
Опредѣленіе линіи выхода пласта въ случаѣ горизонтальной дневной поверхности.

Замѣчаніе. Задачи о выходѣ пластовъ на дневную поверхность въ геометрическомъ отношеніи ничѣмъ не отличаются отъ задачъ объ опредѣленіи линій скрещиванія пластовъ, излагаемыхъ въ слѣдующей VI главѣ.

1. Аналитический способъ.

Пусть MN есть пластъ, простираніе и паденіе котораго суть α и δ ; A—одна изъ данныхъ на немъ точекъ, лежащая на глубинѣ $AC=z_0$, и HR—горизонтальная дневная поверхность.

Очевидно, что линія выхода, т. е. линія пересѣченія этихъ двухъ плоскостей парал-



Черт. 68.

лельна простиранію α и потому для ея опредѣленія нужно узнать только одну точку выхода пласта. Задача сводится такимъ образомъ къ задачѣ § 2; а именно: проведя черезъ А вертикальную плоскость ABC вкрестъ простиранія пласта, пишемъ уравненіе горизонта HR:

$$z = -z_0$$

и линіи АВ:

$$\frac{x}{\cos \alpha_0 \cdot \cos \delta} = \frac{y}{\sin \alpha_0 \cdot \cos \delta} = \frac{z}{\sin \delta}$$

гдѣ, нужно помнить, простираніе линіи АВ равно $\alpha_0 = \alpha \pm 90$; такъ какъ она перпендикулярна къ простиранію пласта.

Отсюда координаты одной изъ точекъ выхода В на планѣ:

$$x_0 = z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta \cdot \cos \alpha_0 = \pm z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta \cdot \sin \alpha$$

$$y_0 = z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta \cdot \sin \alpha_0 = \pm z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta \cdot \cos \alpha$$

Задача значительно упростится, если временно принять простираніе пласта за орьентирное; тогда:

$$\alpha_0 = 0$$

$$y_0 = z_0 \cdot \operatorname{ctg} \delta$$

$$x_0 = 0$$

Уравненіе линіи выхода пласта (BM):

$$y - y_0 = \operatorname{tg} \alpha \cdot (x - x_0)$$

т. е., найдя точку В, на планѣ мы просто должны провести черезъ нее прямую параллельную простиранію пласта, т. е. подъ угломъ α съ осью х.

Примѣръ 62.

Пусть глубина какой-нибудь точки А пласта $z_0 = 25$; простираніе пласта $\alpha = 78^\circ 10'$; паденіе его $\delta = 35^\circ 0'$.

Тогда координаты точки выхода В пласта:

$$x_0 = -25,0 \cdot \operatorname{ctg} 35^\circ 0' \cdot \sin 78^\circ 10' = -34,94$$

$$y_0 = -25,0 \cdot \operatorname{ctg} 35^\circ 0' \cdot \cos 78^\circ 10' = + 7,32$$

а линія выхода:

$$(y - 7,32) = \operatorname{tg} 78^\circ 10' (x + 34,94)$$

т. е. на чертежѣ 62-мъ мы проводимъ линію BM перпендикулярно къ АВ.

2. Графическій способъ.

Построивъ, какъ показано на чертежѣ 62-мъ точку В, проводимъ линію ВМ параллельно простиранію пласта, т. е. подъ угломъ $\alpha=78^{\circ}10'$ съ осью Х (или $\perp$ АВ).

3. Тригонометрический способъ.

Тоже самое.

§ 6.

Опредѣленіе линіи выхода пласта, если дневная поверхность имѣетъ наибольшій уклонъ въ обратномъ направленіи, чѣмъ паденіе пласта.

Такъ какъ линія пересѣченія плоскости пласта съ плоскостью дневной поверхности здѣсь должна быть параллельна простиранію пласта, то, опредѣливъ на планѣ, какъ показано въ § 3, проекцію одной изъ точекъ выхода B_2 (черт. 63), проводимъ черезъ нее линію B'_2M (черт. 64), или B_2M (черт. 65), подъ угломъ α съ осью Х.

§ 7.

Опредѣленіе линіи выхода пласта, если дневная поверхность имѣетъ наибольшій уклонъ въ томъ-же направленіи, какъ и паденіе пласта.

Такъ какъ и здѣсь линія пересѣченія пласта съ дневной поверхностью должна быть параллельна простиранію пласта, то опредѣливъ, какъ показано въ § 4 проекцію (на планѣ) одной изъ точекъ выхода B_2 (черт. 66), проводимъ черезъ нее линію B_2M подъ угломъ α съ осью Х.

§ 8.

Опредѣленіе линіи выхода пласта, если дневная поверхность имѣетъ паденіе въ направленіи, перпендикулярномъ къ простиранію пласта.

1. Аналитическій способъ.

Пусть (черт. 69) HR есть дневная поверхность, направленіе наибольшаго уклона которой показано стрѣлкой m, MN—пластъ, направленіе паденія котораго есть p; проекціи направленій m и p взаимно-перпендикулярны. Требуется опредѣлить положеніе на планѣ линіи пересѣченія ихъ MP.

Если-бы дневная поверхность была горизонтальна (RH_0), то линію выхода PM_0 мы легко нашли-бы по предыдущему, т. е. одну изъ

Уравнения (1) и (2) совместно представляют собою искомую линию выхода РМ; вычтя (2) изъ (1), мы получимъ уравненіе горизонтальной проекціи этой линіи:

$$(M-M_1)x + (N-N_1)y = 0$$

слѣдовательно азимуть ея:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = - \left(\frac{M-M_1}{N-N_1} \right) = - \left(\frac{\sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \pm \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta_1}{-\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \pm \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta_1} \right)$$

Если-же мы временно примемъ $\alpha=0$, т. е. простирание пласта за ориентирное направление, то

$$\operatorname{tg} \alpha'_0 = \frac{\pm \operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta} \dots \dots \dots (4)$$

Примѣръ 63.

Пусть

$z_0=25,0$ —глубина точки А пласта,

$\alpha=78^\circ 10'$ —простирание его,

$\delta=35^\circ 0'$ —паденіе его,

$\delta_1=10^\circ 30'$;

$\alpha_1=90+\alpha=168^\circ 10'$

Тогда, по § 5, находимъ прежде координаты той точки выхода пласта Р (черт. 69), которая находится въ вертикальной плоскости АВР, проведенной вкрестъ простирания пласта; координаты ея суть (см. прим. 62):

$$x_0 = -34,94$$

$$y_0 = +7,32$$

Угловой коэффициентъ линіи выхода, по формулѣ (4):

$$\operatorname{tg} \alpha'_0 = \pm \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta} = \pm \frac{\operatorname{tg} 10^\circ 30'}{\operatorname{tg} 35^\circ 0'}$$

откуда

$$\alpha'_0 = \pm 14^\circ 34'$$

но это при условіи, что направление $\alpha=0$ (т. е. принято за ось X), а такъ какъ у насъ $\alpha=78^\circ 10'$, то слѣдовательно азимуть линіи выхода:

$$\alpha_0 = 78^\circ 10' \pm 14^\circ 34'$$

и уравненіе ея:

$$(y-7,32) = \operatorname{tg} (78^\circ 10' \pm 14^\circ 34') (x+34,94)$$

Здѣсь знакъ $(+)$ долженъ быть взятъ, если РМ (черт. 69) выше чѣмъ РМ₀, т. е. если въ эту сторону мѣстность имѣетъ уклонъ; если же въ эту сторону она имѣетъ подъемъ, то нужно брать знакъ $(-)$. Для нашего численного примѣра нужно взять $(-)$, т. е. искомая линия выхода:

$$y - 7,32 = \operatorname{tg} 63^{\circ}36'.(x + 34,94)$$

или:

$$2,01 \ x - y + 77,72 = 0.$$

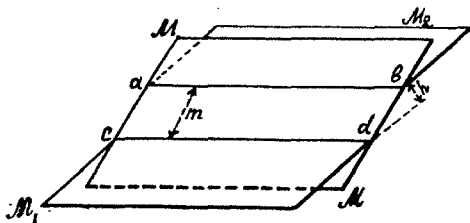
§ 9.

О построеніи въ планѣ линіи пересѣченія двухъ плоскостей.

Прежде чѣмъ перейти къ изложенію графическаго способа, скажемъ нѣсколько словъ о построеніи на планѣ линіи пересѣченія двухъ какъ угодно наклонныхъ къ горизонту плоскостей.

Такъ какъ обѣ плоскости (въ данномъ случаѣ одна представляетъ собою дневную поверхность, а другая—пласть) предполагаются съ неопредѣленнымъ протяженіемъ какъ по ихъ паденію, такъ и по простиранію, то, очевидно, при изображеніи на планѣ ихъ необходимо какъ нибудь ограничить.

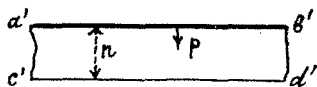
Удобнѣе всего ограничить ихъ при помощи отсѣченія отъ каждой изъ нихъ (черт. 70.) части abcd двумя горизонтальными плоскостями М₁ и М₂, находящимися на произвольномъ другъ отъ друга разстояніи h.



Черт. 70.

Вырѣзанная часть abcd имѣетъ видъ неопредѣленной длины полосы шириною m, наклоненной къ горизонту подъ угломъ δ , гдѣ δ есть уголъ паденія плоскости М.

Эту полосу abcd проектируемъ на горизонтальную плоскость и проекцію ея а'б'с'д' (черт. 71) принимаемъ за изображеніе въ планѣ плоскости М.



Черт. 71.

Очевидно, что въ планѣ ширина полосы

$$n = m \cos \delta$$

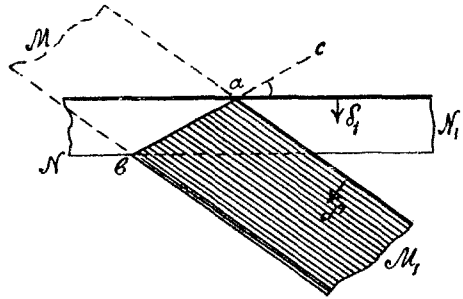
а линіи а'б' и с'д' представляютъ собою линіи простиранія плоскости М; кромѣ того всегда стрѣлкой р отмѣчаютъ направленіе паденія δ плоскости.

Тогда всякая другая плоскость съ паденіемъ δ_1 , будучи пересѣчена тѣми-же двумя горизонтальными плоскостями, что и первая, и спроектированная на горизонтальную плоскость, представится на планѣ въ видѣ полосы шириною

$$n_1 = m_1 \cdot \cos \delta_1$$

т. е., чѣмъ меньше паденіе плоскости, тѣмъ болѣе широкою полосой изобразится она въ планѣ.

Теперь не трудно понять и способъ построенія въ планѣ линіи пересѣченія двухъ плоскостей: MM_1 съ простираніемъ α и съ паденіемъ δ и NN_1 съ простираніемъ α_1 и паденіемъ δ_1 ; для этого вычерчиваемъ горизонтальныя проекціи вышеуказаннымъ способомъ обѣихъ плоскостей



Черт. 72.

(черт. 72) подѣ угломъ A^*) другъ къ другу и точку a пересѣченія ихъ верхнихъ горизонтовъ соединяемъ съ точкой b —пересѣченія ихъ нижнихъ горизонтовъ, тогда очевидно,—линія ab и будетъ искомою.

Такъ какъ при такомъ способѣ построенія линіи скрещиванія обѣ плоскости MM_1 и NN_1 въ натурѣ по направленію ихъ наибольшаго ската ограничены однѣми и тѣми-же двумя горизонтальными плоскостями, то вертикальныя проекціи ширинъ обѣихъ плоскостей MM_1 и NN_1 равны между собою:

$$m \cdot \sin \delta = m_1 \cdot \sin \delta_1 = h$$

2. Графическій способъ.

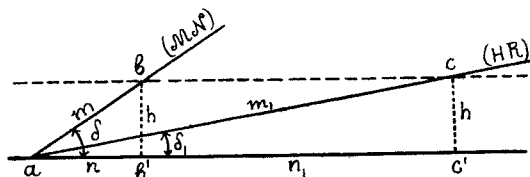
Приложимъ вышеизложенное къ задачѣ о построеніи линіи пересѣченія пласта съ дневной поверхностью.

Такъ какъ эта линія выхода пласта опредѣляется 1) одной ея точкой (которую мы найдемъ по предыдущему безъ всякихъ затрудненій) и 2) ея азимутомъ, то поступаемъ такъ:

При произвольной точкѣ a прямой ac' (черт. 73) строимъ углы δ и δ_1 и черезъ произвольную точку b проводимъ bc параллельно ac' ; тогда $ab = m$ и $ac = m_1$ суть относителныя ширины обѣихъ плоскостей (пласта и дневной поверхности) въ натурѣ; $bb' = cc' = h$ есть разстояніе между ограничивающими ихъ горизонтальными плоскостями; и наконецъ, $ab' = n$ и $ac' = n_1$ суть относителныя ширины пласта и дневной поверхности въ планѣ.

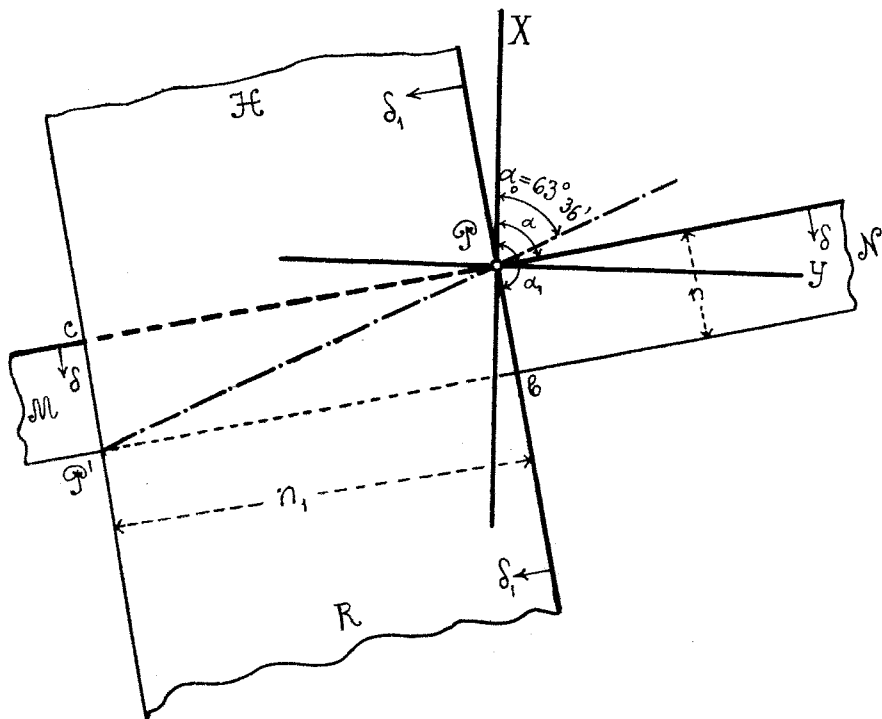
*) Уголь A есть разность простираній обѣихъ плоскостей.

Иначе говоря, m и m_1 суть такія длины, взятые по направлѣнію наибольшаго ската пласта NM и дневной поверхности HR (черт. 69). что, спускаясь мысленно отъ b до a по плоскости MN , мы опустимся на такой же горизонтъ, какъ если-бы спускались отъ c до a по плоскости HR .



Черт. 73.

Теперь примемъ легко опредѣляемую по предыдущему точку выхода P (черт. 69) временно за начало координатъ и намѣтимъ на планѣ взаимное положеніе горизонтальныхъ проекцій взятыхъ участковъ поверхности HR (шириною ab') и пласта MN (шириною ac') (черт. 73 и 74); тогда пересѣченіе обоихъ верхнихъ горизонтовъ каждой изъ этихъ плоскостей



Черт. 74.

дасть точку выхода P , а пересѣченіе ихъ нижнихъ горизонтовъ дасть вторую точку выхода P' ; слѣдовательно PP' и есть искомая линія. Для ясности добавимъ, что она совершенно аналогична линіи пересѣченія двухъ граней крыши дома, но только если эти грани вообще не одинаково наклонены къ горизонту.

Примѣръ 64.

На черт. 73 и 74 сдѣлано построение для заданій примѣра 63-го; азимуть линіи выхода $P'P$, по измѣреніи транспортиромъ, оказывается $\alpha_o = 63^\circ 34'$.

3. Тригонометрическій способъ.

Изъ $\triangle$ -ка $PP'b$ (черт. 74):

$$\operatorname{tg} PP'b = \frac{Pb}{P'b}$$

но (см. черт. 73):

$$bb' = ab' \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$cc' = ac' \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

слѣдовательно (черт. 74):

$$Pb \cdot \operatorname{tg} \delta = P'b \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

или

$$\frac{Pb}{P'b} = \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta}$$

слѣдовательно

$$\operatorname{tg} PP'b = \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta}$$

а искомый азимуть линіи выхода:

$$\alpha_o = \alpha - \angle PP'b$$

(Примѣръ см. въ аналитическомъ способѣ).

§ 9.

Опредѣленіе линіи выхода пласта въ общемъ случаѣ, когда наибольшій уклонъ дневной поверхности какъ угодно направленъ.

1. Аналитическій способъ.

Въ этомъ случаѣ, при обозначеніяхъ § 8, имѣемъ:

$$M = +\operatorname{sn} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$N = -\operatorname{cs} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$M_1 = +\operatorname{sn} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

$$N_1 = -\operatorname{cs} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

Уравненіе линіи выхода:

$$(M - M_1)x + (N - N_1)y = 0$$

слѣдовательно азимуть ея:

$$\operatorname{tg} \alpha_o = -\frac{M-M_1}{N-N_1} = -\left(\frac{\operatorname{sn} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{sn} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1}{-\operatorname{cs} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta + \operatorname{cs} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1} \right)$$

Принимая-же простираніе пласта α за ориентирное направление, получаемъ:

$$\operatorname{tg} \alpha'_o = -\left(\frac{-\operatorname{sn} \alpha'_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1}{-\operatorname{tg} \delta + \operatorname{cs} \alpha'_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1} \right)$$

гдѣ, очевидно, $\alpha'_o = \alpha_o - \alpha$ и $\alpha'_1 = \alpha_1 - \alpha$, слѣдовательно

$$\operatorname{tg}(\alpha_o - \alpha) = \frac{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{sn}(\alpha_1 - \alpha)}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{cs}(\alpha_1 - \alpha) - \operatorname{tg} \delta}$$

Примѣръ 65.

Пусть:

$$\alpha = 327^\circ 40'$$

$$\delta = 36^\circ 20'$$

$$\alpha_1 = 203^\circ 40'$$

$$\delta_1 = 19^\circ 0'$$

тогда азимуть линіи выхода пласта:

$$\operatorname{tg}(\alpha_o - \alpha) = \frac{\operatorname{tg} 19^\circ 0' \cdot \operatorname{sn}(203^\circ 40' - 327^\circ 40')}{\operatorname{tg} 19^\circ 0' \cdot \operatorname{cs}(203^\circ 40' - 327^\circ 40') - \operatorname{tg} 36^\circ 20'}$$

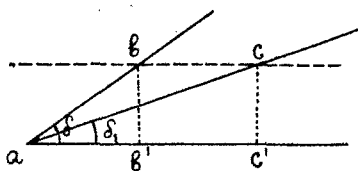
откуда находимъ:

$$\alpha_o - \alpha = +17^\circ 6'$$

$$\alpha_o = +17^\circ 6' + 327^\circ 40' = 344^\circ 46'$$

2. Графическій способъ.

Опредѣливъ по предыдущему относительныя ширины горизонтальныхъ проекцій участковъ поверхности ac' и пласта ab' (черт. 75), наносимъ ихъ на планъ (черт. 76) и, соединивъ точку пересѣченія M ихъ линій верхняго горизонта съ точкой N —пересѣченія линій нижняго горизонта, получимъ искомую линію выхода MN .



Черт. 75.

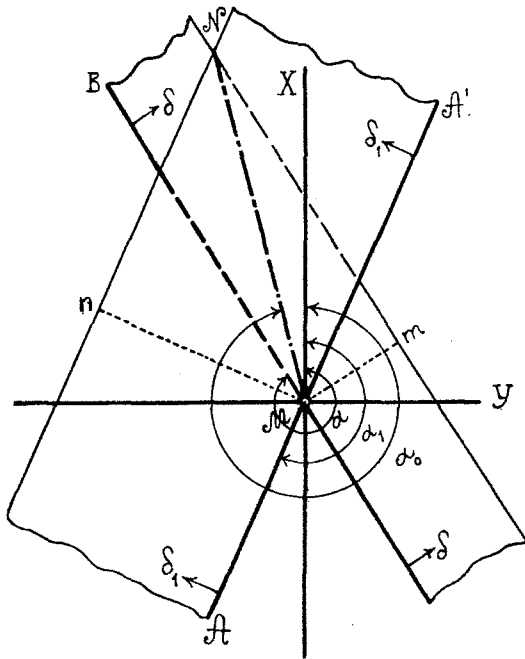
Примѣръ 66.

Черт. 75 и 76 исполнены для заданій примѣра 65-го.

3. Тригонометрическій способъ.

Опустивъ перпендикуляры Mm и Mn (черт. 76), мы изъ $\triangle$ -ковъ MNm и MnN находимъ:

$$MN = \frac{Mm}{\sin MNm} = \frac{Mn}{\sin MNn}$$



Черт. 76.

или (см. также черт. 75)

$$\frac{ab'}{\sin MNm} = \frac{ac'}{\sin MNn}$$

но

$$ab' \cdot \operatorname{tg} \delta = ac' \cdot \operatorname{tg} \delta_1$$

слѣдовательно

$$\frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\sin MNm} = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\sin MNn}$$

но, очевидно

$$\angle mMn = 180^\circ - (MNm + MNn) = 180^\circ - (\alpha - \alpha_1) = 180^\circ + (\alpha_1 - \alpha)$$

и потому

$$\frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{sn} MNm} = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{sn}(180^\circ + \alpha_1 - \alpha - MNm)}$$

но

$$\angle MNm = \angle BMN = \alpha_0 - \alpha$$

следовательно

$$\frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{sn}(\alpha_0 - \alpha)} = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{sn}[180^\circ + (\alpha_1 - \alpha) - (\alpha_0 - \alpha)]}$$

или

$$\frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta} = \frac{\operatorname{sn}(\alpha_0 - \alpha)}{-\operatorname{sn}[(\alpha_1 - \alpha) - (\alpha_0 - \alpha)]} = \frac{-\operatorname{sn}(\alpha_0 - \alpha)}{\operatorname{sn}(\alpha_1 - \alpha) \cdot \operatorname{cs}(\alpha_0 - \alpha) - \operatorname{cs}(\alpha_1 - \alpha) \cdot \operatorname{sn}(\alpha_0 - \alpha)}$$

откуда

$$\operatorname{tg}(\alpha_0 - \alpha) = \frac{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{sn}(\alpha_1 - \alpha)}{\operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{cs}(\alpha_1 - \alpha) - \operatorname{tg} \delta}$$

т. е. получили ту-же формулу, что и выше.

Примѣръ см. тотъ-же, что и въ аналитическомъ способѣ.

Примѣчаніе. Изслѣдованіе послѣдней формулы см. въ слѣдующей главѣ.

§ 10.

Второй методъ опредѣленія линіи выхода пласта—по отдѣльнымъ точкамъ.

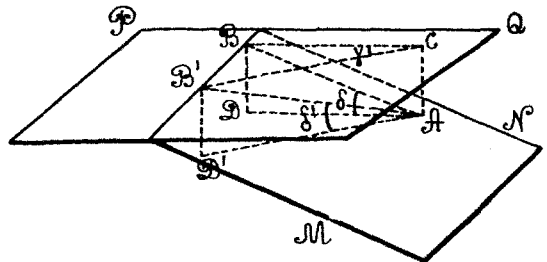
Выше мы опредѣляли линію выхода по одной точкѣ и азимуту ея; но ее можно опредѣлить и по нѣсколькимъ точкамъ. Мы ограничимся здѣсь изложеніемъ только графическаго способа.

1-й случай. Дневная поверхность горизонтальна.

Пусть извѣстны (чер. 77):

$z_0 = AC$ —глубина какой-нибудь точки пласта,
 α —простираніе,
 δ —паденіе его.

Первую точку выхода В мы опредѣлимъ по предыдущему, т. е.,—проводимъ вертикальное сѣченіе ACBD вкрестъ про-

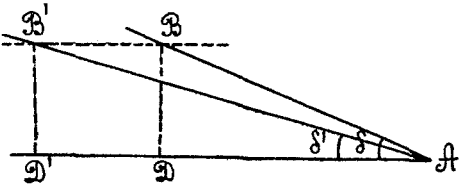


Черт. 77.

стиранія пласта и строимъ полученный треугольникъ ACB по катету z_0 и углу $CAB = 90^\circ - \delta$, повернувъ этотъ $\triangle$ -къ въ плоскость плана

РQ. Для опредѣленія второй какой-нибудь точки выхода B' , мы проведемъ новое вертикальное сѣченіе $ACB'D'$ подѣ угломъ γ къ первому; тогда въ $\triangle$ -кѣ ACB' катетъ $AC=z_0$ остается тотъ-же, но уголъ $\delta' = \angle CB'A$ меньше угла δ и есть

величина уклона пласта по направлению $B'A$. Для опредѣленія этого уклона δ' мы должны поступить такъ: построивъ на планѣ $\triangle$ -кѣ BCB' по катету BC и углу γ , мы получаемъ длину



Черт. 78.

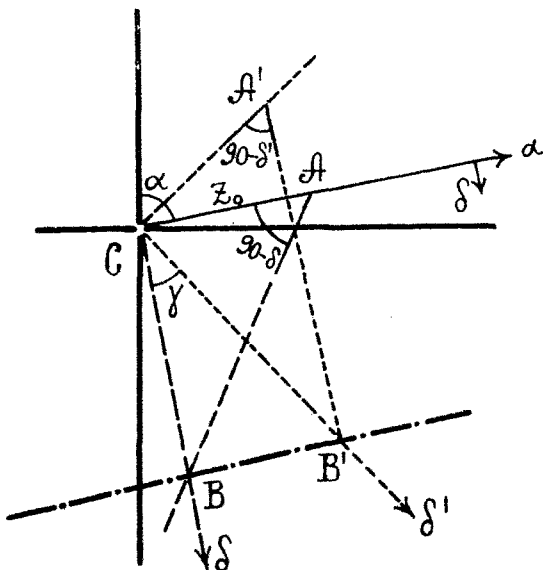
$B'C$; послѣ этого совмѣщаемъ плоскость $\triangle$ -ка $AD'B'$ съ плоскостью $\triangle$ -ка ADB (черт. 78) и строимъ $\triangle$ -кѣ $AB'D'$ по катетамъ $B'D'=BD$ (для чего проводимъ BB' параллельно AD) и $AD'=B'C$; возставивъ изъ D' перпендикуляръ $D'B'$ и соединивъ B' съ A , получимъ искомый уголъ $\delta' = \angle D'AB'$.

Теперь, зная уклонъ δ' пласта по направлению $B'A$, мы находимъ на планѣ положеніе второй точки выхода B' пласта совершенно такъ-же, какъ строили B , т. е. черезъ C (проекція точки A пласта на планѣ) проводимъ линію CB' подѣ угломъ γ къ CB и, повернувъ $\triangle$ -кѣ ACB' ($=AB'D'$) въ планѣ, строимъ его по катету AC и углу $\angle ACB' = 90^\circ - \delta'$.

Примѣръ 67. (Заданія примѣра 62-го).

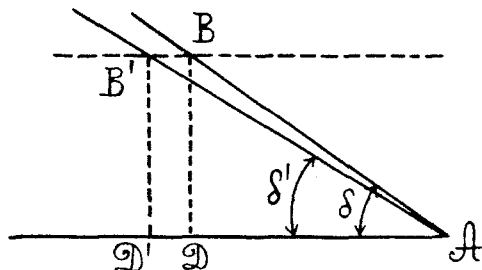
Проведя оси координатъ черезъ точку C (черт. 79) (проекцію A —черт. 77), проводимъ линію простиранія пласта Ca , откладывая на ней $CA=z_0=25,0$, строимъ при точкѣ A уголъ $\angle CAB = 90^\circ - \delta = 90^\circ - 35^\circ = 55^\circ$ и возставляемъ перпендикуляръ CB къ линіи CA ,—получаемъ первую точку выхода B .

Затѣмъ, подѣ какимъ-нибудь угломъ γ къ CA проводимъ линію CA' ; возставляемъ къ ней перпендикуляръ CB' и строимъ уголъ $\angle CA'B' = 90^\circ - \delta'$, причемъ δ' опре-



Черт. 79.

дѣляемъ такъ (черт. 80): строимъ уголъ $\angle DAB = \delta = 35^\circ$, откладываемъ $AD = CB$ (черт. 79), возставляемъ перпендикуляръ DB , — получаемъ точку B ; черезъ эту точку B проводимъ параллель BB' къ AD , откладываемъ $AD' = CB'$ (черт. 79), возставляемъ перпендикуляръ $D'B'$, — получаемъ точку B' , соединивъ которую съ A , получаемъ искомый уголъ $\angle D'AB' = \delta' = 31^\circ$ (по измѣренію транспортиромъ).



Черт. 80.

Теперь на черт. 79-мъ строимъ уголъ $\angle CA'B' = 90 - 31^\circ = 59^\circ$ и получаемъ вторую точку выхода пласта B' ; слѣдовательно искомая линия выхода есть BB' . Не трудно убѣдиться, что BB' параллельна простиранию пласта CA .

2-й случай. Дневная поверхность имѣетъ наибольший уклонъ въ обратномъ направленіи, чѣмъ паденіе пласта.

Пусть (черт. 81):

HR —дневная поверхность, съ уклономъ δ_1 ,

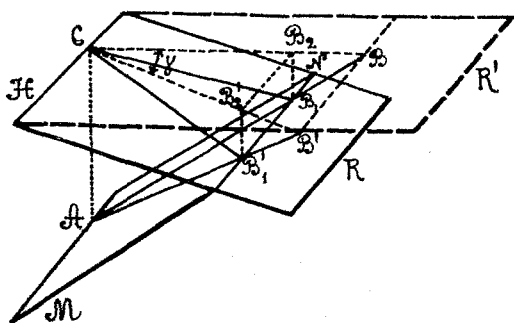
HR' —горизонтальная плоскость,

AC —глубина какой-нибудь точки пласта A ,

MN —пластъ съ простираниемъ α и падениемъ δ .

Проведя вертикальное сѣченіе ACB вкрестъ простирания пласта, мы найдемъ первую точку выхода B_1 пласта и проекцію ея B_2 на планъ совершенно такъ, какъ сказано въ § 3.

Послѣ этого проводимъ новое вертикальное сѣченіе ACB' подъ какимъ-нибудь угломъ γ къ первому; оно пересѣчетъ: горизонтальную плоскость HR' —по линіи CB ; дневную поверхность HR —по CB'_1 и плоскость пласта MN —по AB'_1 ; опустивъ изъ B'_1 перпендикуляръ $B'_1B'_2$



Черт. 81.

на плоскость HR' , мы получимъ на планѣ вторую точку выхода пласта B'_2 , а соединивъ ее съ B_2 , получимъ и искомую линію выхода на планѣ $B_2B'_2$. Для построения точки B'_2 намъ нужно, слѣдовательно, опредѣлить уголъ $\angle B'CB'_1$ —т. е. уклонъ дневной поверхности по направленію CB'_1 и уголъ $\angle CB'A$, т. е. уклонъ пласта по тому-же направленію, а это дѣлается совершенно такъ, какъ показано на черт. 80.

Общій случай. Дневная поверхность имѣетъ наибольшій уклонъ въ какомъ угодно направленіи по отношенію къ направленію паденія пласта.

Въ этомъ случаѣ, зная глубину залеганія какой-нибудь точки пласта, проводимъ черезъ эту точку вертикальныя сѣченія, опредѣляемъ углы уклона дневной поверхности и пласта по направленіямъ этихъ сѣченій и строимъ отдѣльныя точки выхода пласта и ихъ проекціи на горизонтальную плоскость (т. е. въ планѣ) совершенно аналогично предыдущему.

§ 11.

Примѣръ опредѣленія линіи выхода пласта по точкамъ, когда рельефъ дневной поверхности данъ горизонталями.

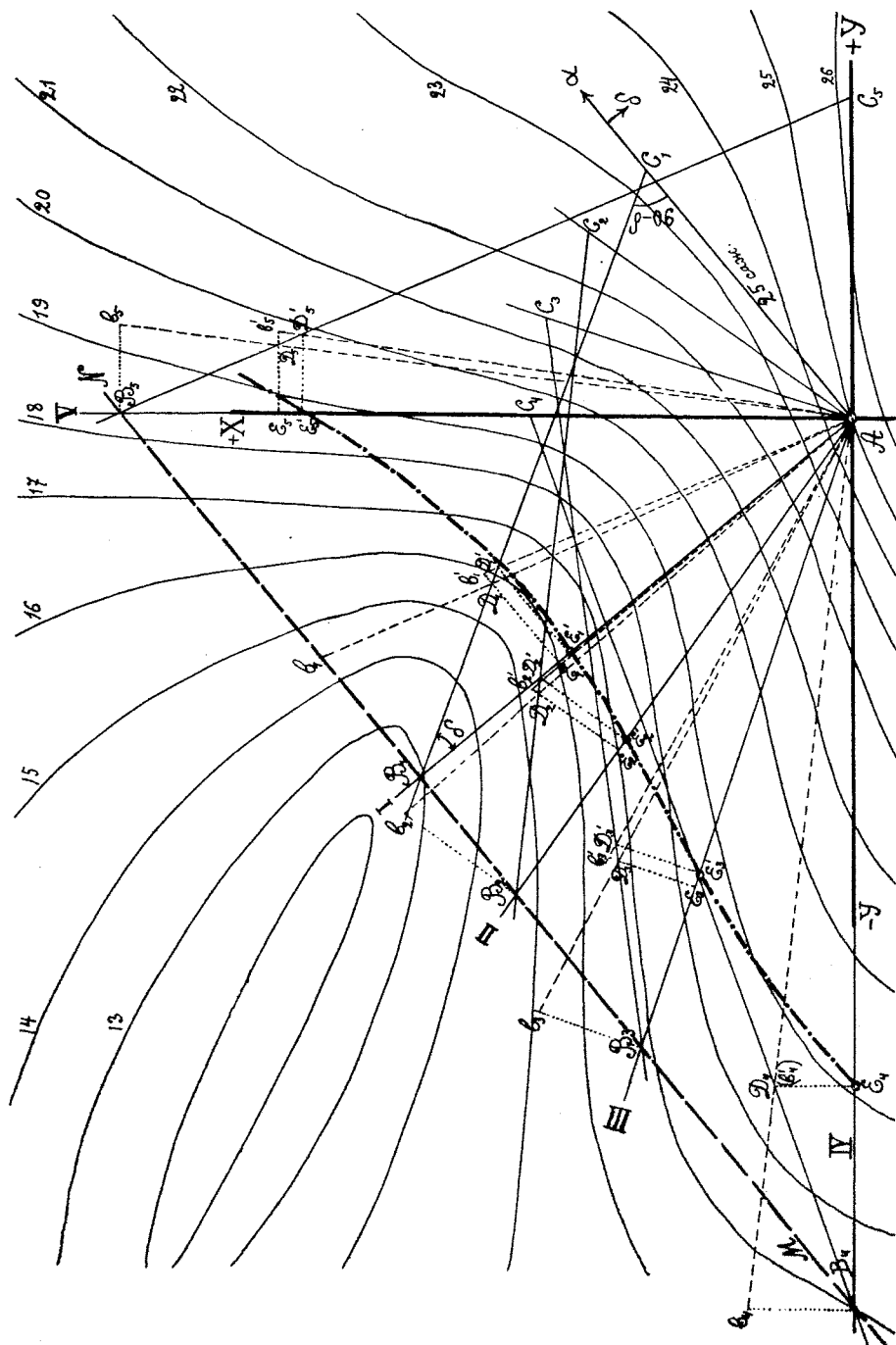
Пусть (черт. 82) рельефъ дневной поверхности данъ при помощи горизонталей, проведенныхъ, на примѣръ, черезъ каждую 1 саж. по высотѣ; дана глубина $z_0=25$ саж. залеганія пласта подъ точкою А дневной поверхности и извѣстны паденіе $\delta=30^\circ$ и простираніе $\alpha=50^\circ$ пласта.

Проведя на планѣ линію простиранія пласта AC_1 , проводимъ къ ней перпендикуляръ AI и, отложивъ отрѣзокъ $AC_1=z_0=25$ саж., строимъ уголъ $AC_1B_1=90-\delta=90-30=60^\circ$, —получаемъ точку B_1 , которая была-бы точкою выхода пласта, если бы дневная поверхность была горизонтальна по направленію AB_1 ; но по этой линіи AB_1 поверхность имѣетъ нѣкоторый уклонъ, чтобы опредѣлить который мы примѣнимъ методъ послѣдовательныхъ приближеній.

Если-бы дневная поверхность была горизонтальна, то, проведя черезъ точку B_1 линію MN параллельно простиранію пласта AC_1 , мы получили-бы линію выхода его на поверхность.

Сосчитавъ число горизонталей отъ А (нивеллирная высота которой есть 25 саж.) до B_1 (находящейся вблизи горизонтали съ отмѣткою 13 саж.), мы видимъ, что превышеніе А надъ B_1 равно около 12 саж.; отложивъ поэтому $B_1b_1=12$ саж. во взятомъ масштабѣ плана, соединяемъ b_1 съ А, тогда уголъ b_1AB_1 и есть приблизительно уклонъ мѣстности отъ А до B_1 , такъ что (на основаніи вышеизложенныхъ задачъ) опустивъ перпендикуляръ изъ точки D_1 (пересѣченіе Ab_1 съ C_1B_1) на AB_1 , получимъ приближенную точку выхода E_1 . Теперь опредѣлимъ уклонъ мѣстности отъ А до E_1 ; для этого, сосчитавъ число горизонталей отъ А до E_1 и видя, что А находится выше E_1 на 9 саж., откладываемъ по E_1D_1 длину $E_1b'_1=9$ саж.; соединивъ b'_1 съ А, получаемъ искомый уклонъ мѣстности b'_1AE_1 .

Изъ точки D'_1 (пересѣченіе Ab'_1 съ C_1B_1) опустимъ перпендикуляръ $D'_1E'_1$ на линію AI и получаемъ окончательно искомую точку



Черт. 82.

E'_1 выхода пласта по направленію AI . Въ случаѣ большаго масштаб_a плана (или рѣзкаго измѣненія высотъ на поверхности) можно было-бы продолжать построение и совершенно такимъ-же способомъ опредѣлить по E'_1 еще болѣе приближенное положеніе точки выхода; но если (какъ въ данномъ примѣрѣ) высота точки E'_1 мало отличается отъ E_1 , то вполне достаточно удовольствоваться вторымъ приближеніемъ.

Для опредѣленія другой какой-нибудь точки выхода пласта, возьмемъ произвольное направленіе AI , возставимъ къ нему перпендикуляръ AC_2 , отложимъ $AC_2=AC_1=25$ саж. и точку B_2 (пересѣченіе AI съ MN) соединяемъ съ C_2 ; не трудно убѣдиться, что уголъ AB_2C_2 есть уклонъ пласта по направленію AI . Поэтому, совершенно аналогично предыдущему, возставляемъ въ B_2 перпендикуляръ B_2b_2 , откладываяемъ на немъ $B_2b_2=10^{1/3}$ саж.=равное разности высотъ точекъ A и B_2 ; соединяемъ b_2 съ A и изъ точки D_2 (пересѣченіе b_2A съ B_2C_2) опускаемъ перпендикуляръ D_2E_2 на линію AI ,—получаемъ приближенную точку выхода E_2 ; откладываемъ по E_2D_2 длину E_2b_2 равную разность высотъ A и E_2 и изъ D'_2 (пересѣченіе B_2C_2 съ Ab'_2) опускаемъ перпендикуляръ $D'_2E'_2$ на линію AI ,—получаемъ еще болѣе приближенное положеніе точки E'_2 выхода пласта по направленію AI .

Совершенно такимъ-же способомъ мы найдемъ точки E'_3 , E'_4 , E'_5 и т. д.

Теперь, соединивъ всѣ найденныя точки одною плавною кривою линіей (отъ руки или при помощи лекала), мы получимъ искомую линію выхода пласта $E_4 E'_3 E'_2 E'_1 E'_5$. (При построении точки E_4 оказалось случайно, что уклонъ мѣстности отъ E_4 до B_4 пропорціоналенъ разстоянію отъ A ; поэтому E_4 есть не приближенная, а истинная точка выхода пласта по направленію AB_4).

Г л а в а 6-я.

Скрещиваніе пластовъ.

§ 1.

Линія скрещиванія и ея первая основная формула (азимуть ея).

1. Аналитическій способъ.

Въ главѣ 3-й (ур. (4), стр. 58) мы вывели нормальное уравненіе бока пласта при условіи, что паденіе его направлено по часовой стрѣлкѣ:

$$x.\text{sn}\alpha.\text{tg}\delta - y.\text{cs}\alpha.\text{tg}\delta - z = 0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ α и δ суть простираніе и паденіе пласта. Очевидно, что для всякой другой плоскости съ простираніемъ α_1 и паденіемъ δ_1 мы получимъ при томъ-же условіи уравненіе:

$$x.\text{sn}\alpha_1.\text{tg}\delta_1 - y.\text{cs}\alpha_1.\text{tg}\delta_1 - z = 0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

Линія пересѣченія обѣихъ этихъ плоскостей аналитически представляется въ пространствѣ совокупностью уравненій (1) и (2); эту линію мы будемъ называть *линіей скрещиванія*. Направленіемъ ея мы будемъ принимать ея направленіе внизъ.

На практикѣ весьма важно знать положеніе этой линіи, т. е. 1) *ея азимуть* A_0 и 2) *ея наклонъ къ горизонту* D_0 и умѣть нанести ее на планъ. На планѣ мы наносимъ горизонтальныя проекціи линій и потому для опредѣленія A_0 изъ (1) и (2) нужно получить уравненіе проекціи линіи скрещиванія на горизонтальную плоскость. Для этого стоитъ только исключить z , вычтя, напр., (2) изъ (1), тогда получимъ уравненіе горизонтальной проекціи линіи скрещиванія:

$$x(\text{sn}\alpha.\text{tg}\delta - \text{sn}\alpha_1.\text{tg}\delta_1) - y(\text{cs}\alpha.\text{tg}\delta - \text{cs}\alpha_1.\text{tg}\delta_1) = 0$$

Назвавъ черезъ A_0 азимуть этой прямой, т. е. ея уголъ съ направленіемъ меридіана, которое примемъ за ось X , получаемъ угловой коэффициентъ линіи скрещиванія:

$$\text{tg } A_0 = \frac{\text{sn}\alpha.\text{tg}\delta - \text{sn}\alpha_1.\text{tg}\delta_1}{\text{cs}\alpha.\text{tg}\delta - \text{cs}\alpha_1.\text{tg}\delta_1}$$

Если-же мы предположимъ, что простираніе одной изъ плоскостей, напр., α_1 совпадаетъ съ осью X, т. е. что

$$\alpha_1=0$$

и назовемъ разность простираній обѣихъ плоскостей:

$$\alpha - \alpha_1 = A$$

то

или

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} A_o &= \frac{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \\ \operatorname{ctg} A_o &= \operatorname{ctg} A - \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (I)$$

Это и есть *первая (основная) формула* скрещиванія пластовъ, по которой вычисляется **азимутъ линіи скрещиванія**. Она имѣетъ чрезвычайно важное значеніе въ геометрической теоріи сбросовъ и пересбросовъ.

Въ настоящей главѣ мы будемъ называть уголъ A_o „*угломъ скрещиванія*“.

При выводѣ этой формулы мы предполагали, что направленіе простираній обоихъ пластовъ отсчитываются такъ, какъ условлено на стр. 8, что соотвѣствуетъ *согласному* паденію скрещивающихся пластовъ. Но если простираніе второго пласта мы будемъ считать такъ, чтобы паденіе его направлялось влѣво, то это будетъ соотвѣтствовать *несогласному* паденію пластовъ; при этомъ уравненіе второго пласта представится, очевидно, въ формѣ:

$$x \cdot \operatorname{sn} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1 - y \cdot \operatorname{cs} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1 + z = 0 \dots \dots \dots (3)$$

и уравненіе проекціи линіи скрещиванія получится простымъ сложениемъ (1) съ (3):

$$x(\operatorname{sn} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta + \operatorname{sn} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1) - y(\operatorname{cs} \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta + \operatorname{cs} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_1) = 0$$

откуда, аналогично предыдущему,—

$$\operatorname{tg} A_o = \frac{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} \delta + \operatorname{tg} \delta_1} \dots \dots \dots (4)$$

или

$$\operatorname{ctg} A_o = \operatorname{ctg} A + \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{sn} A} \dots \dots \dots (5)$$

Но не трудно убѣдиться, что формула (5), (т. е. для случая несогласнаго паденія пластовъ) получается изъ (II) подстановкой $180 + A$ вмѣсто A ; дѣйствительно въ этомъ случаѣ

$$\operatorname{ctg} A_o = \operatorname{ctg}(180 + A) - \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{sn}(180 + A)}$$

т. е.

$$\operatorname{ctg} A_0 = \operatorname{ctg} A + \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta \cdot \sin A}$$

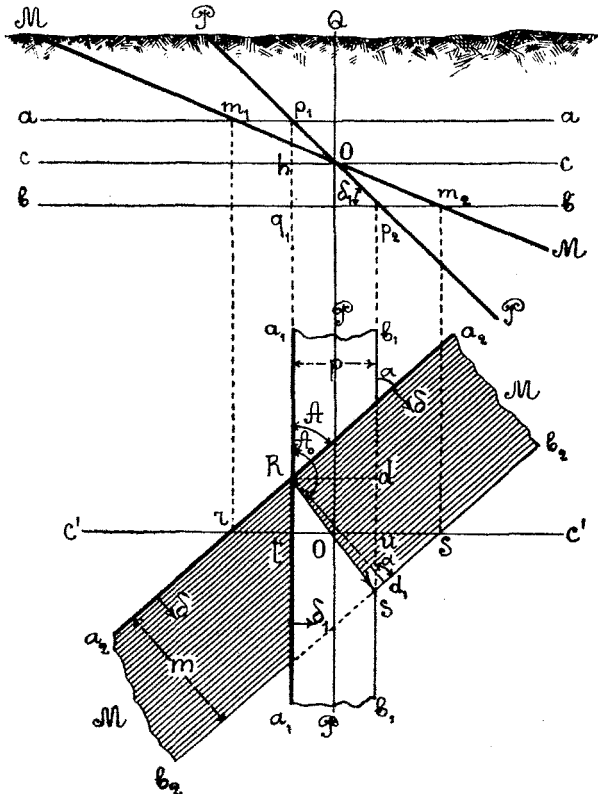
Отсюда мы заключаемъ, что формула (I) справедлива для всѣхъ безъ исключенія видовъ скрещиванія пластовъ.

2. Графическій способъ.

Графическій способъ опредѣленія линіи скрещиванія двухъ пластовъ также по существу ничѣмъ не отличается отъ опредѣленія линіи выхода пласта на дневную поверхность.

Попутно мы дадимъ здѣсь и вообще способъ изображенія скрещивающихся пластовъ въ планѣ и въ профили.

Пусть (черт. 83) MM и PP суть двѣ взаимно пересѣкающіяся плоскости, причемъ PP соотвѣтствуетъ той, простираніе которой мы



Черт. 83.

принимаемъ за ориентирное (отмѣчается она ниже красною краскою); пусть паденіе PP больше MM, т. е.

$\delta > \delta_1$

Такъ какъ плоскости имѣютъ неопредѣленное протяженіе, то чтобы изобразить на планѣ ихъ взаимное положеніе, мы должны какъ нибудь ихъ ограничить, съ этою цѣлью мы вообразимъ, что онѣ пересѣчены двумя параллельными горизонтальными плоскостями aa и bb ; эти плоскости пересѣкутъ плоскость PP по линіямъ: a_1a_1 —вверху и b_1b_1 —внизу, а плоскость MM —по линіямъ, a_2a_2 —вверху и b_2b_2 —внизу.

Такимъ образомъ мы беремъ, такъ сказать, только „полосы“ каждой плоскости такой ширины, чтобы проекціи ихъ на вертикальную плоскость были одинаковой высоты.

Такъ какъ линіи a_1a_1 и a_2a_2 лежатъ въ одной и той-же верхней горизонтальной плоскости aa , то во-первыхъ, онѣ суть простиранія обоихъ пластовъ, а во-вторыхъ,—точка ихъ пересѣченія R должна принадлежать какъ плоскости PP , такъ и плоскости MM ; точно также и точка S —линія пересѣченія нижнихъ границъ взятыхъ участковъ пластовъ; слѣдовательно RS есть *линія ихъ скрещиванія*.

Профиль соотвѣтствуетъ сѣченію обоихъ пластовъ вертикальною плоскостью $c'c'$, проведенною вкрестъ простиранія пласта PP ,—она пересѣчетъ PP по линіи паденія tu , но MN —не по паденію, а по косому къ нему направленію rs .

Итакъ, если намъ даны двѣ плоскости MM и PP , простиранія которыхъ суть α и α_1 ($\alpha - \alpha_1 = A$) а паденія δ и δ_1 , то для опредѣленія линіи ихъ скрещиванія, мы проводимъ двѣ горизонтальныя линіи aa и bb (соотвѣтствующія двумъ горизонтальнымъ плоскостямъ) на произвольномъ разстояніи p_1q_1 другъ отъ друга; затѣмъ, проведя линіи QR и ss , проводимъ черезъ точку ихъ пересѣченія O прямую PP (на профили) подъ угломъ δ_1 къ горизонту; эта прямая есть сѣченіе пласта PP вкрестъ его простиранія, а отрѣзокъ ея p_1r_2 есть дѣйствительная ширина полосы плоскости PP , проекція которой на планѣ получается, проведя линіи $p_1a_1a_1$ и $p_2b_1b_1$.

Послѣ этого, зная разстояніе p_1q_1 между горизонтальными плоскостями aa и bb и паденіе δ , мы вычисляемъ ту ширину полосы пласта MM , которую онъ имѣетъ между aa и bb ; эта ширина, очевидно, равна $\frac{p_1q_1}{\sin \delta}$, а проекція ея на планѣ есть m , т. е.

$$m = p_1q_1 \cdot \operatorname{tg} \delta$$

Теперь проводимъ на планѣ на разстояніи m другъ отъ друга двѣ параллельныя линіи a_2a_2 и b_2b_2 подъ угломъ $A = \alpha - \alpha_1$ къ линіямъ a_1a_1 и b_1b_1 и изъ точекъ $г$ и z ихъ пересѣченія съ средней линіей $c'c'$ возставляемъ перпендикуляры gm_1 и sm_2 , т. е. первый—до верхней горизонтальной плоскости aa профили, а второй—до нижней bb ; соединивъ m_1 съ m_2 , мы получаемъ профиль плоскости MM по направленію rs .

3. Тригонометрический способ.

Возьмемъ какой-нибудь видъ скрещиванія, напр., съ согласнымъ паденіемъ (черт. 83) и изъ точки R опустимъ перпендикуляры Rd и Rd_1 на нижніе горизонты обѣихъ скрещивающихся плоскостей PP и MM .

Тогда, назвавъ разность простираній пластовъ:

$$\alpha - \alpha_1 = A$$

получаемъ изъ чертежа зависимость между углами:

$$\angle RSd + \angle A = \angle RSd_1$$

а, назвавъ азимуть линіи скрещиванія черезъ A_o ,

$$\angle RSd = 90^\circ - \angle SRd = 90^\circ - (A_o - 90^\circ) = 180^\circ - A_o$$

Далѣе, изъ треугольниковъ RSd и RSd_1 :

$$\left. \begin{aligned} Rd &= p = RS \cdot \sin RSd = RS \cdot \sin A_o \\ Rd_1 &= m = RS \cdot \sin RSd_1 = RS \cdot \sin (A - A_o) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

но съ другой стороны

$$\left. \begin{aligned} p &= h \cdot \tan \delta_1 \\ m &= h \cdot \tan \delta \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

слѣдовательно, изъ (1) и (2):

$$\frac{\tan \delta}{\tan \delta_1} = \frac{\sin (A - A_o)}{\sin A_o} = \frac{\sin A \cdot \cos A_o - \cos A \cdot \sin A_o}{\sin A_o}$$

откуда получаемъ искомую основную формулу:

$$\tan A_o = \frac{\sin A \cdot \tan \delta}{\cos A \cdot \tan \delta - \tan \delta_1}$$

или

$$\cotg A_o = \cotg A - \frac{\tan \delta}{\tan \delta_1 \cdot \sin A}$$

Совершенно такимъ-же способомъ для случая несогласно падающихъ пластовъ найдемъ

$$\cotg A_o = \cotg A + \frac{\tan \delta}{\tan \delta_1 \cdot \sin A}$$

§ 2.

Вторая формула линіи скрещиванія: наклонъ къ горизонту.

1. Аналитическій способъ.

Чтобы опредѣлить наклонъ D_o линіи скрещиванія двухъ пластовъ къ горизонту, мы должны найти уголъ между этой линіей, выражаемой совокупностью уравненій (см. стр. 116, ур. (1) и (2)):

$$\left. \begin{aligned} x \cdot \sin \alpha \cdot \tan \delta - y \cdot \cos \alpha \cdot \tan \delta - z &= 0 \\ x \cdot \sin \alpha_1 \cdot \tan \delta_1 - y \cdot \cos \alpha_1 \cdot \tan \delta_1 - z &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

и горизонтальной плоскостью:

$$z=0 \dots \dots \dots (2)$$

Какъ извѣстно изъ аналитической геометріи, уголъ D_0 между прямой:

$$x=m.z+p$$

$$y=n.z+q$$

и плоскостью

$$z=0$$

вычисляется по формулѣ:

$$\sin D_0 = \frac{1}{\sqrt{m^2+n^2+1}} \dots \dots \dots (3)$$

Написавъ уравненіе (1) въ формѣ (см. стр. 58):

$$Mx + Ny - z = 0$$

$$M_1x + N_1y - z = 0$$

находимъ:

$$x = \frac{N - N_1}{NM_1 - MN_1} z$$

$$y = \frac{M_1 - M}{NM_1 - MN_1} z$$

слѣдовательно

$$\sin D_0 = \frac{NM_1 - MN_1}{\sqrt{(N - N_1)^2 + (M_1 - M)^2 + (NM_1 - MN_1)^2}}$$

а подставляя сюда (см. стр. 58):

$$M = + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \quad \left| \quad M_1 = + \sin \alpha_1 \operatorname{tg} \delta_1 \right.$$

$$N = - \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \quad \left| \quad N_1 = - \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \delta_1 \right.$$

найдемъ:

$$\sin D_0 = \frac{\operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin(\alpha - \alpha_1)}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \delta + \operatorname{tg}^2 \delta_1 - 2 \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \cos(\alpha - \alpha_1) + \operatorname{tg}^2 \delta \cdot \operatorname{tg}^2 \delta_1 \cdot \sin^2(\alpha - \alpha_1)}}$$

или:

$$\sin D_0 = \frac{\sin(\alpha - \alpha_1)}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta + \operatorname{ctg}^2 \delta_1 - 2 \cos(\alpha - \alpha_1) \operatorname{ctg} \delta \cdot \operatorname{ctg} \delta_1 + \sin^2(\alpha - \alpha_1)}}$$

Полагая-же здѣсь разность простираний обоихъ пластовъ по-прежнему

$$\alpha - \alpha_1 = A$$

найдемъ окончательно 2-ю формулу скрещиванія:

$$\sin D_0 = \frac{\sin A}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta + \operatorname{ctg}^2 \delta_1 - 2 \cos A \cdot \operatorname{ctg} \delta \cdot \operatorname{ctg} \delta_1 + \sin^2 A}} \dots \dots (II)$$

по которой вычисляется **наклонъ линіи скрещиванія къ горизонту**

2. Графическій способъ.

Зная изъ предыдущаго § азимуть A_0 линіи скрещиванія, мы найдемъ ея наклонъ къ горизонту совершенно аналогично тому построению, которое приведено на стр. 77—78.

3. Тригонометрический способъ.

Формула (см. стр. 78):

$$\operatorname{tg} \delta_0 = \operatorname{tg} \delta \operatorname{sn}(\alpha - \alpha_0)$$

даетъ при обозначеніяхъ настоящаго §:

$$\operatorname{tg} D_0 = \operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{sn} A_0 \dots \dots \dots (1)$$

отсюда найдемъ

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{\operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{sn} A_0}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_1 \operatorname{sn}^2 A_0}} \dots \dots \dots (2)$$

но по стр. 117:

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} A \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} A \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1}$$

следовательно

$$\operatorname{sn} A_0 = \frac{\operatorname{sn} A \operatorname{tg} \delta}{(\operatorname{cs} A \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1) \sqrt{1 + \frac{\operatorname{sn}^2 A \operatorname{tg}^2 \delta}{(\operatorname{cs} A \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1)^2}}} \dots \dots \dots (3)$$

Послѣ подстановки (3) въ (2) и необходимыхъ приведеній, получимъ:

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{\operatorname{sn} A}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta + \operatorname{ctg}^2 \delta_1 - 2 \operatorname{cs} A \operatorname{ctg} \delta \operatorname{ctg} \delta_1 + \operatorname{sn}^2 A}} \dots \dots \dots (II)$$

т. е. ту-же формулу, какъ и найденная выше аналитическимъ способомъ.

Формула (II) даетъ возможность вычислить наклонъ къ горизонту линіи скрещиванія двухъ пластовъ непосредственно по даннымъ ихъ паденіямъ δ и δ_1 и разности простираний $A = \alpha - \alpha_1$.

Но такъ какъ формула (I) даетъ возможность по этимъ-же элементамъ вычислить азимуть A_0 линіи скрещиванія, то, считая его извѣстнымъ, можно вмѣсто (II) пользоваться вышеприведенной формулой (1), взятой изъ стр. 78 при настоящихъ обозначеніяхъ:

$$\operatorname{tg} D_0 = \operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{sn} A_0 \dots \dots \dots (II')$$

и отсюда вычислять наклонъ D_0 .

Формулы (I) и (II) или (II') даютъ основаніе для классификаціи отдѣльныхъ видовъ скрещиванія двухъ пластовъ.

§ 3.

Третья формула скрещиванія—уголъ между скрещивающимися плоскостями.

Нормальныя уравненія скрещивающихся плоскостей суть:

$$Mx + Ny - z = 0$$

$$M_1x + N_1y - z = 0$$

гдѣ

$$M = +\sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$M_1 = +\sin \alpha_1 \operatorname{tg} \delta_1$$

$$N = -\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta$$

$$N_1 = -\cos \alpha_1 \operatorname{tg} \delta_1$$

Уголъ B_0 между этими плоскостями вычисляется по формулѣ:

$$\begin{aligned} \cos B_0 &= \frac{MM_1 + NN_1 + 1}{\sqrt{M^2 + N^2 + 1} \cdot \sqrt{M_1^2 + N_1^2 + 1}} \\ \cos B_0 &= \frac{\sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \alpha_1 \operatorname{tg} \delta_1 + \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \delta_1 + 1}{\sqrt{\sin^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \delta + \cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \alpha + 1} \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha_1 \operatorname{tg}^2 \delta_1 + \cos^2 \alpha_1 \operatorname{tg}^2 \delta_1 + 1}} \\ \cos B_0 &= \frac{\operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \cos(\alpha - \alpha_1) + 1}{\sec \delta \cdot \sec \delta_1} = \sin \delta \cdot \sin \delta_1 \cdot \cos(\alpha - \alpha_1) + \cos \delta \cdot \cos \delta_1 \end{aligned}$$

Принимая по предыдущему α_1 за ориентирное направление и обозначая разность простираний обоихъ пластовъ:

$$\alpha - \alpha_1 = A$$

получимъ искомую третью формулу:

$$\cos B_0 = \sin \delta \cdot \sin \delta_1 \cdot \cos A + \cos \delta \cdot \cos \delta_1 \quad \dots \dots \dots (III)$$

§ 4.

Исслѣдованіе первой (основной) формулы скрещиванія.

Изъ первой (основной) формулы скрещиванія пластовъ:

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\sin A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\cos A \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \quad \dots \dots \dots (I)$$

слѣдуетъ, что

1. Если $\delta < \delta_1$ и

1) Если $A = 0$, то $A_0 = 0^\circ$ или 180° (продольное скрещиваніе).

2) Если $A > 0$ и $< 90^\circ$, (см. ниже **13 видъ** скрещиванія) то, обозначивъ черезъ ϵ сколько-угодно малый уголъ, найдемъ, что $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ:

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\sin \epsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{\cos \epsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right| \begin{matrix} \epsilon = 0 \\ \epsilon = 0 \end{matrix}$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(90 - \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(90 - \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{cs} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{sn} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

Въ предѣльномъ случаѣ, когда $\delta=0$, а $\delta_1=90^\circ$, первый предѣлъ $\operatorname{tg} A_0$, оставаясь отрицательнымъ, стремится къ нулю; въ обратномъ-же предѣльномъ случаѣ, когда $\delta=\delta_1$, первый предѣлъ $\operatorname{tg} A_0$ стремится къ $\frac{0}{0}$, причемъ вмѣсто скрещиванія будетъ простое налегание пластовъ другъ на друга. Второй предѣлъ $\operatorname{tg} A_0$ при тѣхъ-же предѣльныхъ значеніяхъ δ и δ_1 измѣняется отъ -0 до -1 . Итакъ азимутъ линіи скрещиванія, т. е. *уголъ скрещиванія*, A_0 заключается въ предѣлахъ

$$A_0 > 135^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

3. Если $A=90^\circ$ (см. 14 видъ), то

$$\operatorname{tg} A_0 = - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

и при $\delta_1=90^\circ$

$$\operatorname{tg} A_0 = -\infty; A_0 = 180^\circ$$

а при $\delta=\delta_1$

$$\operatorname{tg} A_0 = -1; A_0 = 135^\circ$$

т. е. здѣсь A_0 измѣняется въ тѣхъ-же предѣлахъ:

$$A_0 > 135^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

4. Если $A > 90^\circ$ и $< 180^\circ$ (см. 15 видъ) то $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(90 + \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(90 + \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{cs} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{-\operatorname{sn} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(180 - \varepsilon) \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(180 - \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{sn} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{-\operatorname{cs} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = - \frac{\operatorname{tg} \delta}{-\operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1}$$

Первый предѣлъ $\operatorname{tg} A_0$ въ предѣльномъ случаѣ: $\delta=0$ и $\delta_1=90^\circ$ достигаетъ величины:

$$\operatorname{tg} A_0 = -0$$

а въ предѣльномъ случаѣ: $\delta=\delta_1$ достигаетъ величины:

$$\operatorname{tg} A_0 = -1$$

Второй предѣлъ $\operatorname{tg} A_0$ при тѣхъ-же предѣльныхъ значеніяхъ δ и δ_1 колеблется отъ

$$\operatorname{tg} A_0 = -0$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = -1/2$$

т. е. здѣсь $\text{tg } A_0$ можетъ измѣняться отъ—0 до—1 и слѣдовательно:

$$A_0 > 135^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

5. Если $A=180^\circ$, то

$$\text{tg } A_0 = \frac{\text{sn } 180. \text{tg } \delta}{\text{cs } 180. \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} = \pm 0$$

т. е.

$$A_0 = 0^\circ \text{ или } 180^\circ \text{ (продольное скрещивание)}$$

6. Если $A > 180$ и < 270 (см. 16 видъ) то $\text{tg } A_0$ измѣняется отъ

$$\text{tg } A_0 = \left| \frac{\text{sn}(180+\varepsilon). \text{tg } \delta}{\text{cs}(180+\varepsilon). \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{-\text{sn } \varepsilon. \text{tg } \delta}{-\text{cs } \varepsilon. \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \frac{\text{sn } \varepsilon}{\text{cs } \varepsilon + \frac{\text{tg } \delta_1}{\text{tg } \delta}} = 0$$

до

$$\text{tg } A_0 = \left| \frac{\text{sn}(270-\varepsilon). \text{tg } \delta}{\text{cs}(270-\varepsilon). \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{-\text{cs } \varepsilon. \text{tg } \delta}{-\text{sn } \varepsilon. \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = + \frac{\text{tg } \delta}{\text{tg } \delta_1}$$

и при предѣльныхъ значеніяхъ δ и δ_1 получимъ предѣлы измѣненія $\text{tg } A_0$:

$$\text{tg } A_0 \geq 0$$

$$\text{tg } A_0 \geq 1$$

т. е. A_0 здѣсь заключается въ предѣлахъ:

$$A_0 > 0 \text{ и } < 45^\circ$$

7. Если $A=270^\circ$ (см. 17 видъ) то

$$\text{tg } A_0 = \frac{\text{sn } 270. \text{tg } \delta}{\text{cs } 270. \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} = + \frac{\text{tg } \delta}{\text{tg } \delta_1}$$

и при предѣльныхъ значеніяхъ δ и δ_1 получаемъ предѣлы A_0 :

$$A_0 > 0 \text{ и } < 45^\circ$$

8. Если $A > 270$ и < 360 (см. 18 видъ), то $\text{tg } A_0$ измѣняется отъ:

$$\text{tg } A_0 = \left| \frac{\text{sn}(270+\varepsilon). \text{tg } \delta}{\text{cs}(270+\varepsilon). \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{-\text{cs } \varepsilon. \text{tg } \delta}{\text{sn } \varepsilon. \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = + \frac{\text{tg } \delta}{\text{tg } \delta_1}$$

до

$$\text{tg } A_0 = \left| \frac{\text{sn}(360-\varepsilon). \text{tg } \delta}{\text{cs}(360-\varepsilon). \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{-\text{sn } \varepsilon. \text{tg } \delta}{\text{cs } \varepsilon. \text{tg } \delta - \text{tg } \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} \geq 0$$

слѣдовательно, при предѣльныхъ значеніяхъ δ и δ_1 :

$$A_0 > 0 \text{ и } < 45^\circ.$$

II. Если $\delta = \delta_1$, то

$$\text{tg } \delta = \text{tg } \delta_1$$

и формула (I) обратится въ:

$$\text{tg } A_0 = \frac{\text{sn } A}{\text{cs } A - 1} = -\text{ctg } \frac{A}{2} \dots \dots \dots (1')$$

слѣдовательно вообще:

$$A_0 = \pm \left(\frac{A}{2} - 90 \right)$$

1. Если $A=0$, то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{0}{1-1} = \frac{0}{0}$$

Въ этомъ случаѣ пласты налегаютъ другъ на друга и скрещиваніе ихъ невозможно

2. Если $A > 0$ и $< 90^\circ$ (см. **30 видъ**), то $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} \varepsilon}{\operatorname{cs} \varepsilon - 1} < 0$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(90-\varepsilon)}{\operatorname{cs}(90-\varepsilon)-1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{cs} \varepsilon}{\operatorname{sn} \varepsilon - 1} \right|_{\varepsilon=0} = -1$$

т. е. A_0 заключается въ предѣлахъ:

$$A_0 > 90^\circ \text{ и } < 135^\circ$$

3. Если $A=90^\circ$ (см. **31 видъ**) то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 90}{\operatorname{cs} 90 - 1} = -1$$

слѣдовательно

$$A_0 = 135^\circ$$

4. Если $A > 90$ и $< 180^\circ$ (см. **32 видъ**), то $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ:

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(90+\varepsilon)}{\operatorname{cs}(90+\varepsilon)-1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{cs} \varepsilon}{-\operatorname{sn} \varepsilon - 1} \right|_{\varepsilon=0} = -1$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(180-\varepsilon)}{\operatorname{cs}(180-\varepsilon)-1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{sn} \varepsilon}{-\operatorname{cs} \varepsilon - 1} \right|_{\varepsilon=0} < 0$$

т. е.

$$A_0 < 135^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

5. Если $A=180^\circ$, то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 180}{\operatorname{cs} 180 - 1} = 0$$

$A_0 = 0^\circ$ или 180° (продольное скрещиваніе)

6. Если $A > 180$ и < 270 (см. **27 видъ**), то $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(180+\varepsilon)}{\operatorname{cs}(180+\varepsilon)-1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{-\operatorname{sn} \varepsilon}{-\operatorname{cs} \varepsilon - 1} \right|_{\varepsilon=0} \geq 0$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(270-\varepsilon)}{\operatorname{cs}(270-\varepsilon)-1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{-\operatorname{cs} \varepsilon}{-\operatorname{sn} \varepsilon - 1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{cs} \varepsilon}{\operatorname{sn} \varepsilon + 1} \right|_{\varepsilon=0} = +1$$

т. е.

$$A_0 > 0 \text{ и } < 45^\circ$$

7. Если $A=270^\circ$ (см. 28 видъ), то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 270}{\operatorname{cs} 270 - 1} = \frac{-1}{-1} = +1$$

$$A_0 = 45^\circ$$

8. Если $A > 270^\circ$ и $< 360^\circ$ (см. 29 видъ), то $\operatorname{tg} A_0$ изменяется отъ

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(270 + \varepsilon)}{\operatorname{cs}(270 + \varepsilon) - 1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{-\operatorname{cs} \varepsilon}{\operatorname{sn} \varepsilon - 1} \right|_{\varepsilon=0} = +1$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(360 - \varepsilon)}{\operatorname{cs}(360 - \varepsilon) - 1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{-\operatorname{sn} \varepsilon}{\operatorname{cs} \varepsilon - 1} \right|_{\varepsilon=0} > 0$$

т. е.

$$A_0 > 0 \text{ и } < 45^\circ$$

III. Если $\delta > \delta_1$, то

1. Если $A=0$, то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 0 \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} 0 \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = +0$$

$$A_0 = 0^\circ \text{ или } 180^\circ \text{ (продольное скрещивание)}$$

2. Если $A > 0$ и $< 90^\circ$ (см. 19 видъ), то $\operatorname{tg} A_0$ изменяется отъ

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = +0$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(90 - \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(90 - \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{cs} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{sn} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = -\frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

При крайнихъ значеніяхъ: $\delta=90^\circ$ и $\delta_1=0$, а также при $\delta=\delta_1$ первый предѣлъ для $\operatorname{tg} A_0$ даетъ:

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn} \varepsilon}{\operatorname{cs} \varepsilon - \frac{\operatorname{tg} 0}{\operatorname{tg} 90}} \right|_{\varepsilon=0} = 0$$

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn} \varepsilon}{\operatorname{cs} \varepsilon - 1} \right|_{\varepsilon=0} = \frac{0}{0} = \frac{\operatorname{cs} \varepsilon}{-\operatorname{sn} \varepsilon} = -\operatorname{ctg} \varepsilon = -\infty$$

а второй предѣлъ при тѣхъ-же значеніяхъ δ и δ_1 :

$$\operatorname{tg} A_0 = -\frac{\operatorname{tg} 90}{\operatorname{tg} 0} = -\infty$$

$$\operatorname{tg} A_0 = -1$$

т. е. здѣсь $\operatorname{tg} A_0$ изменяется отъ 0 до $-\infty$, следовательно

$$A_0 > 0^\circ \text{ и } < 135^\circ$$

3. Если $A=90^\circ$ (см. 20 видъ), то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 90 \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} 90 \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

и при предѣльныхъ значеніяхъ δ и δ_1 , величина $\operatorname{tg} A_0$ колеблется отъ $-\infty$ до -1 , слѣдовательно

$$A_0 > 90^\circ \text{ и } < 135^\circ$$

4. Если $A > 90^\circ$ и $< 180^\circ$ (см. 21 видъ), то $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(90+\varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(90+\varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{cse} \cdot \operatorname{tg} \delta}{-\operatorname{sne} \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(180-\varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(180-\varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{\operatorname{sne} \cdot \operatorname{tg} \delta}{-\operatorname{cse} \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \frac{0}{-\operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = -0$$

При предѣльныхъ значеніяхъ $\delta=90^\circ$ и $\delta_1=0$, а также $\delta=\delta_1$, получаемъ предѣлы перваго предѣла $\operatorname{tg} A_0$:

$$\operatorname{tg} A_0 = - \frac{\infty}{0} = -\infty$$

$$\operatorname{tg} A_0 = -1$$

а предѣлы втораго предѣла $\operatorname{tg} A_0$:

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn} \varepsilon}{-\operatorname{cs} \varepsilon - \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta}} \right|_{\delta=\delta_1} = \left| \frac{\operatorname{sn} \varepsilon}{-\operatorname{cs} \varepsilon - 0} \right|_{\varepsilon=0} = -0$$

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn} \varepsilon}{-\operatorname{cs} \varepsilon - 1} \right|_{\varepsilon=0} = -0$$

Итакъ здѣсь $\operatorname{tg} A$, измѣняется отъ -0 до $-\infty$, т. е.

$$A_0 > 90^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

5. Если $A=180$, то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 180 \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} 180 \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = 0$$

При предѣльныхъ значеніяхъ δ и δ_1 :

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 180}{\operatorname{cs} 180 - \frac{\operatorname{tg} 90}{\operatorname{tg} 0}} = 0$$

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 180}{\operatorname{cs} 180 - 1} = 0$$

слѣдовательно

$$A_0 = 0^\circ \text{ или } 180^\circ \text{ (продольное скрещиваніе)}$$

6. Если $A > 180^\circ$ и $< 270^\circ$ (см. 22 видъ), то $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(180 + \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(180 + \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right| = \left| \frac{-\operatorname{sn} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{-\operatorname{cs} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = +0$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(270 - \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(270 - \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = \left| \frac{-\operatorname{cs} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{-\operatorname{sn} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

Первый предѣлъ какъ при $\delta = 90^\circ$ и $\delta_1 = 0$, такъ и при $\delta = \delta_1$ даетъ

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn} \varepsilon}{\operatorname{cs} \varepsilon + \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta}} \right| = +0$$

Второй предѣлъ и при тѣхъ-же значенiяхъ δ и δ_1 даетъ:

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{tg} 90}{\operatorname{tg} 0} = +\infty$$

и

$$\operatorname{tg} A_0 = +1$$

Слѣдовательно здѣсь $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ $+0$ до $+\infty$, слѣдовательно

$$A_0 > 0^\circ \text{ и } < 90^\circ$$

7. Если $A = 270^\circ$ (см. 23 видъ), то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 270 \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} 270 \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

и при предѣльныхъ значенiяхъ δ и δ_1 :

$$\operatorname{tg} A_0 = + \frac{\operatorname{tg} 90^\circ}{\operatorname{tg} 0^\circ} = +\infty$$

$$\operatorname{tg} A_0 = +1$$

слѣдовательно здѣсь

$$A_0 > 45^\circ \text{ и } < 90^\circ$$

8. Если $A > 270^\circ$ и $< 360^\circ$ (см. 24 видъ), то $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{\operatorname{sn}(270 + \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(270 + \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right| = \left| \frac{-\operatorname{cs} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{sn} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right| = + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

до

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn}(360 - \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs}(360 - \varepsilon) \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = \left| \frac{-\operatorname{sn} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} \right|_{\varepsilon=0} = -0$$

Первый предѣлъ при предѣльныхъ значенiяхъ $\delta = 90^\circ$ и $\delta = 0$ даетъ

$$\operatorname{tg} A_0 = + \frac{\operatorname{tg} 90}{\operatorname{tg} 0} = +\infty$$

а при $\delta = \delta_1$:

$$\operatorname{tg} A_0 = +1$$

Второй предѣлъ при тѣхъ-же значеніяхъ δ и δ_1 даетъ:

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{-\operatorname{sn} \varepsilon}{\operatorname{cs} \varepsilon - \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta}} \right| = -0$$

$$\operatorname{tg} A_0 = \left| \frac{-\operatorname{sn} \varepsilon}{\operatorname{cs} \varepsilon - 1} \right| = \frac{0}{0} = \frac{-\operatorname{cs} \varepsilon}{-\operatorname{sn} \varepsilon} = + \left| \operatorname{ctg} \varepsilon \right|_{\varepsilon=0} = +\infty$$

слѣдовательно $\operatorname{tg} A_0$ измѣняется отъ $+1$ черезъ $+\infty$ до -0 т. е.

$$A_0 > 45^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

IV. Если $\delta = 90^\circ$, то здѣсь всегда

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} 90^\circ}{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} 90^\circ - \operatorname{tg} \delta_1} = \operatorname{tg} A$$

Слѣдовательно:

1. Если $A > 0$ и $< 90^\circ$, или $A > 180^\circ$ и $< 270^\circ$ (см. 25 видъ) то

$$A_0 = A$$

$$A_0 > 0 \text{ и } < 90^\circ$$

Если $A > 90$ и $A < 180$, или $A > 270^\circ$ и $< 360^\circ$, то

$$A_0 = A$$

$$A_0 > 90^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

2. Если $A = 90^\circ$ или $A = 270^\circ$ (см. 26 видъ), то

$$A_0 = 90^\circ$$

V. Особые случаи: $A_0 = 90^\circ$, т. е. линия скрещиванія перпендикулярна къ простиранію красной плоскости (см. 33 и 34 виды), т. е.

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = \infty$$

слѣдовательно

$$\frac{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta} = \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta} = 0$$

или

$$\operatorname{cs} A = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1} \dots \dots \dots (IV)$$

Такъ какъ косинусъ всегда $\angle 1$, то такого рода случаи возможны только при $\delta > \delta_1$.

Здѣсь возможны случаи:

1. $A > 0$ и $< 90^\circ$

2. $A > 270$ и < 360 .

(Случай $A = 90^\circ$ при $\delta_1 = 90^\circ$ см. ниже).

VI. Если $\delta_1 = 90^\circ$, то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} 90^\circ} = 0$$

$$A_0 = 0 \text{ или } 180^\circ$$

Возможны случаи:

1. $A > 0$ и $< 90^\circ$, или $A < 90^\circ$ и $< 180^\circ$ (см. **35 видъ**), или $A > 180$ и < 270 или $A > 270$ и $< 360^\circ$
2. $A = 90^\circ$ или 270° (см. **36 видъ**).

VII. Если $\delta = 90^\circ$ и $\delta_1 = 90^\circ$, то

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} 90}{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} 90 - \operatorname{tg} 90} = \frac{0}{0}$$

Въ этомъ случаѣ линія скрещиванія вертикальна.

Здѣсь возможны случаи:

1. Уголъ между пластами острый (или тупой) (см. **37 видъ**).
2. Уголъ между пластами прямой (см. **38 видъ**).

§ 5.

Изслѣдованіе второй формулы скрещиванія.

Вторая основная формула скрещиванія пластовъ:

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{\operatorname{sn} A}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta + \operatorname{ctg}^2 \delta_1 - 2 \operatorname{cs} A \cdot \operatorname{ctg} \delta \cdot \operatorname{ctg} \delta_1 + \operatorname{sn}^2 A}} \quad \dots \dots \dots (\text{II})$$

или

$$\operatorname{tg} D_0 = \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{sn} A_0 \quad \dots \dots \dots (\text{II}')$$

дастъ возможность вычислять уклонъ линіи скрещиванія по даннымъ: δ , δ_1 и A , или по: δ_1 и A_0 .

1. Здѣсь при $A = 0^\circ$ или 180° , также и

$$\operatorname{sn} D_0 = 0$$

т. е.

$$D_0 = 0^\circ$$

2. Если $A = 90^\circ$ или 270° , то

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta + \operatorname{ctg}^2 \delta_1 + 1}}$$

3. Если $\delta = 0$ или $\delta_1 = 0$, то всегда также и

$$D_0 = 0$$

4. Если $\delta = 90$, то

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{\operatorname{sn} A}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta_1 + \operatorname{sn}^2 A}}$$

5. Если $\delta_1 = 90^\circ$, то

$$\frac{\operatorname{sn} A}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta + \operatorname{sn}^2 A}}$$

6. Если одновременно $\delta = 90^\circ$ и $\delta_1 = 90^\circ$, то

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{\operatorname{sn} A}{\sqrt{\operatorname{sn}^2 A}} = 1$$

$$D_0 = 90^\circ$$

т. е. линія скрещиванія вертикальна.

7. Если при $A=90^\circ$ или 270° , также и $\delta=90^\circ$, то

$$\frac{1}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta_1 + 1}} = \operatorname{sn} \delta_1$$

т. е. здѣсь всегда

$$D_0 = \delta_1$$

8. Если при $A=90_0$ или 270_0 , также и $\delta_1=90^\circ$, то

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta + 1}} = \operatorname{sn} \delta$$

т. е. здѣсь всегда

$$D_0 = \delta$$

9. *Особый случай.* Если (см. V, стр. 130):

$$\operatorname{cs} A = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

т. е.

$$\operatorname{sn} A = \sqrt{1 - \frac{\operatorname{tg}^2 \delta}{\operatorname{tg}^2 \delta_1}} = \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \delta_1 - \operatorname{tg}^2 \delta}} = \frac{\operatorname{sn} \delta_1 \cdot \operatorname{cs} \delta}{\sqrt{\operatorname{sn}(\delta_1 - \delta) \cdot \operatorname{sn}(\delta_1 + \delta)}}$$

что возможно только при

$$\delta_1 > \delta$$

10. Изъ формулы (II') вытекаетъ, что вообще всегда

$$D_0 < \delta_1$$

и только при $A_0=90^\circ$

$$D_0 = \delta_1$$

11. Точно также не трудно убѣдиться, что всегда

$$D_0 < \delta$$

и

$$D_0 = \delta$$

только въ томъ случаѣ, когда линія скрещиванія перпендикулярна къ простиранію синяго пласта.

§ 6.

Изслѣдованіе третьей формулы—величины угла между скрещивающимися плоскостями.

На стр. 123-й найдена формула:

$$\operatorname{cs} B_0 = \operatorname{sn} \delta \cdot \operatorname{su} \delta_1 \cdot \operatorname{cs} A + \operatorname{cs} \delta \cdot \operatorname{cs} \delta_1 \dots \dots \dots (III)$$

1. При $A=0$:

$$\operatorname{cs} B_0 = \operatorname{cs} (\delta - \delta_1)$$

т. е. при согласномъ паденіи продольно скрещивающихся плоскостей уголъ между ними:

$$B_0 = \delta - \delta_1 \text{ [или } = 180 - (\delta - \delta_1) \text{].}$$

2. При $A=90^\circ$ или 270°

$$\cos B_0 = \cos \delta \cdot \cos \delta_1$$

3. При $A=180^\circ$:

$$\cos B_0 = \cos (\delta + \delta_1)$$

т. е. при несогласномъ паденіи скрещивающихся плоскостей

$$B_0 = \delta + \delta_1 \text{ [или } = 180 - (\delta + \delta_1)\text{]}.$$

4. При $\delta=0$:

$$\cos B_0 = \cos \delta_1$$

$$B_0 = \delta_1$$

5. При $\delta_1=0$:

$$\cos B_0 = \cos \delta$$

$$B_0 = \delta$$

6. При $\delta=90^\circ$:

$$\cos B_0 = \sin \delta_1 \cdot \cos A$$

7. При $\delta_1=90^\circ$:

$$\cos B_0 = \sin \delta \cdot \cos A$$

8. При $\delta=90^\circ$ и $\delta_1=90^\circ$:

$$\cos B_0 = \cos A$$

$$B_0 = A$$

9. При особомъ случаѣ (см. V, стр. 130), когда

$$\cos A = \frac{\tan \delta}{\tan \delta_1}$$

т. е. когда линія скрещиванія перпендикулярна къ простиранию α красной плоскости, получаемъ:

$$\cos B_0 = \sin \delta \cdot \sin \delta_1 \cdot \frac{\tan \delta}{\tan \delta_1} + \cos \delta \cdot \cos \delta_1$$

$$\cos B_0 = \frac{\sin \delta \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta_1}{\cos \delta} + \cos \delta \cdot \cos \delta_1$$

$$\cos B_0 = \frac{\sin^2 \delta \cdot \cos \delta_1 + \cos^2 \delta \cdot \cos \delta_1}{\cos \delta}$$

$$\cos A_0 = \frac{\cos \delta_1}{\cos \delta} \dots \dots \dots (V)$$

что возможно только при $\delta < \delta_1$.

§ 7.

Главные классы скрещиваній.

Все возможные виды скрещиванія двухъ пластовъ мы раздѣлимъ на слѣдующіе главные классы:

1. *Продольныя скрещиванія* или—*скрещиванія по простиранию*,— когда линіи простираній *обоихъ пластовъ* параллельны между собою.

2. *Прямоугольныя или поперечныя или прямыя* скрещиванія, когда линіи простираній обоихъ пластовъ взаимно перпендикулярны.

3. *Косоугольныя скрещиванія* или просто *косыя* скрещиванія,—когда направленія простираній обоихъ пластовъ составляютъ другъ съ другомъ нѣкоторый уголъ, не равный 90° или 270° . Въ частности здѣсь можно сдѣлать подраздѣленіе на *остроугольныя (острыя)* и *тупоугольныя (тупыя)* скрещиванія.

Въ каждомъ изъ этихъ классовъ пласты могутъ имѣть *согласное* или *несогласное* паденіе, что аналитически вполнѣ опредѣляется величиною угла A .

§ 8.

Продольныя скрещиванія (или скрещиванія по простиранію).

Продольнымъ скрещиваніемъ или *скрещиваніемъ по простиранію* мы называемъ такое скрещиваніе, при которомъ линіи простиранія обоихъ пластовъ параллельны; слѣдовательно и линія скрещиванія параллельна линіямъ простираній, т. е. для всѣхъ видовъ этого класса

$$1) \text{ либо } A=0^\circ$$

$$2) \text{ либо } A=180^\circ$$

ибо тогда (такъ какъ δ вообще не равно δ_1):

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 0^\circ \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} 0^\circ \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = 0$$

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 180^\circ \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} 180^\circ \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = 0$$

причемъ одновременно вторая основная формула (II) даетъ:

$$\operatorname{tg} D_0 = \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{sn} 0 = 0$$

$$\operatorname{tg} D_0 = \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \operatorname{sn} 180 = 0$$

При этомъ нужно помнить, что при принятомъ нами способѣ отсчитыванія направленій простиранія величины δ и δ_1 всегда должны считаться положительными.

Итакъ I классъ скрещиваній раздѣляется на двѣ главныхъ категорій:

A. Скрещиванія съ согласнымъ паденіемъ обоихъ пластовъ (когда $A=0^\circ$) и

B. Скрещиванія съ несогласнымъ паденіемъ (когда $A=180^\circ$).

Первая изъ этихъ категорій можетъ раздѣлена на слѣдующія группы:

а) Паденіе $\delta_1 < \delta$

в) Паденіе $\delta_1 > \delta$

Вторая категория распадается на группы:

a') Падение $\delta_1 < \delta$

b') Падение $\delta_1 = \delta$

c') Падение $\delta_1 > \delta$

На нижеслѣдующихъ чертахъ (въ краскахъ (см. виды №№ 1—12) вверху (А) дается профиль скрещивающихся пластовъ и всегда вкрестъ простиранія той, которая отмѣчена красной краской и имѣетъ простираніе α_1 и паденіе δ_1 (α и δ —для синей).

Подъ профилемъ показано (В) расположеніе пластовъ въ планѣ, съ линіями выхода ихъ на дневную поверхность (которая для простоты предполагается горизонтальною).

Въ самомъ низу (С) дается планъ тѣхъ же пластовъ съ выходомъ ихъ на какую-нибудь горизонтальную плоскость, находящуюся ниже линіи скрещиванія (это можетъ быть и дневная поверхность!).

Всѣ отдѣльные виды (№№ 1—12) получаемъ вращеніемъ красной плоскости вокругъ горизонтальной линіи скрещиванія ОО (см. видъ 3-й).

Такимъ способомъ мы получаемъ:

1-я группа. Красная плоскость горизонтальна ($\delta_1 = 0$)

1-й видъ.

$$\delta > 0; A = 0$$

Уголъ между плоскостями равенъ B_0 или $180 - B_0$.

2-й видъ.

$$\delta = 90^\circ; A = 0 \text{ или } A = 180^\circ; B_0 = 90^\circ$$

2-я группа. ($\delta_1 > 0$ и $< 90^\circ$)

А. Первая подгруппа: $A = 0^\circ$, т. е. паденіе согласное.

3-й видъ.

$$\delta = 0; A = 0; B_0 = \delta_1$$

4-й видъ.

$$\delta < \delta_1; A = 0; B_0 = \delta_1 - \delta$$

5-й видъ.

$$\delta > \delta_1; A = 0; B_0 = \delta - \delta_1$$

6-й видъ.

$$\delta = 90^\circ; A = 0; B_0 = 90 - \delta_1$$

В. Вторая подгруппа: $A = 180^\circ$, т. е. паденіе несогласное.

7-й видъ.

$$\delta < \delta_1; A = 180^\circ; B_0 = 180 - (\delta + \delta_1); \text{ частный случай: } B_0 = 90^\circ, \text{ если } \delta_1 + \delta = 90^\circ$$

8-й видъ.

$$\delta \geq \delta_1; A = 180^\circ; B_0 = 180 - (\delta + \delta_1); \text{ частные случаи: } B_0 < 90^\circ, \text{ если } \delta + \delta_1 > 90^\circ$$

9-й видъ.

$\delta \geq \delta_1$; $A=180^\circ$; $B_0=180-(\delta+\delta_1)$; частные случаи: $B_0>90^\circ$, если $\delta+\delta_1<90^\circ$

10-й видъ.

$\delta > \delta_1$; $A=180^\circ$; $B_0=180-(\delta+\delta_1)$; частный случай: $B_0=90^\circ$, если $\delta+\delta_1=90^\circ$

3-я группа. $\delta_1=90^\circ$

11-й видъ.

$\delta=0$; $A=0^\circ$ или $A=180$; $B_0=90^\circ$

12-й видъ.

$\delta > 0$ и < 90 ; $A=0$ или $A=180^\circ$; $B_0=90-\delta$

§ 9.

Прямоугольные (поперечная, прямая) скрещивания.

Для всѣхъ видовъ этого класса скрещиваний въ основной формулѣ (I):

1) либо $A=90^\circ$

2) либо $A=270^\circ$

причемъ соответственно

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 90^\circ \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} 90^\circ \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} 270^\circ \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} 270^\circ \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \delta_1}$$

а вторая основная формула (II) даетъ:

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{+1}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta + \operatorname{ctg}^2 \delta_1 + 1}}$$

Здѣсь возможны случаи:

1. $\delta > \delta_1$

2. $\delta = \delta_1$

3. $\delta < \delta_1$

Въ частности:

Если $\delta_1=90$, то

$$\operatorname{tg} A_0 = \pm \frac{\operatorname{tg} \delta}{\infty} = 0; A_0 = 0 \text{ или } 180^\circ$$

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{+1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \delta}} = \operatorname{sn} \delta; D_0 = \delta$$

Если $\delta=90$, то

$$\operatorname{tg} A_0 = +\infty; A_0 = 90^\circ$$

$$\operatorname{sn} D_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \delta_1}} = \operatorname{sn} \delta_1; D_0 = \delta_1$$

Если $\delta=90^\circ$ и $\delta_1=90^\circ$, то

$$\operatorname{tg} A_0=0; A_0=0^\circ$$

$$\operatorname{sn} D_0=1; D_0=90^\circ$$

При $\delta=\delta_1$:

$$\operatorname{tg} A_0=\pm 1; A_0=135^\circ \text{ или } 45^\circ$$

$$\operatorname{sn} D_0=\frac{1}{\sqrt{2 \operatorname{ctg}^2 \delta + 1}}$$

§ 10.

Косоугольные (косые) скрещивания.

Къ этому классу скрещиваній относятся всѣ тѣ, при которыхъ простираніа обоихъ пластовъ составляютъ между собою уголъ, не равный ни 0° , ни 180° , ни 90° , ни 270° .

Здѣсь также имѣютъ мѣсто случаи:

$$1. \delta > \delta_1$$

$$2. \delta = \delta_1$$

$$3. \delta < \delta_1$$

какъ при согласномъ, такъ и при несогласномъ паденіи пластовъ.

Особый случай имѣетъ мѣсто, когда въ формулѣ (I)

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = \infty$$

т. е. когда

$$A_0=90 \text{ или } 270^\circ$$

Объ этомъ случаѣ перпендикулярности линіи скрещиванія къ линіи простиранія α_1 (краснаго пласта) см. также слѣдующую главу.

§ 11.

Теоретическое опредѣленіе числа всѣхъ возможныхъ разновидностей прямоугольнаго (поперечнаго) скрещиванія.

Такъ какъ поперечныя скрещиванія суть тѣ, при которыхъ линіи простиранія обѣихъ плоскостей взаимно перпендикулярны, слѣдовательно—тѣ, при которыхъ

$$1) \text{ либо } A=90^\circ$$

$$2) \text{ либо } A=270^\circ$$

и такъ какъ возможны три различныхъ соотношенія между паденіями пластовъ:

$$1) \delta < \delta_1$$

$$2) \delta = \delta_1$$

$$3) \delta > \delta_1$$

то возможно различать *вообще*

$$2 \times 3 = 6$$

т. е. шесть разновидностей поперечныхъ скрещиваній.

Къ нимъ *въ частности* могутъ быть причислены еще три разновидности:

$$1) A = 90^\circ \text{ или } 270^\circ \text{ при } \delta = 90^\circ$$

$$2) A = 90^\circ \text{ или } 270^\circ \text{ при } \delta_1 = 90^\circ$$

$$3) A = 90^\circ \text{ или } 270^\circ \text{ при } \delta = 90^\circ \text{ и } \delta_1 = 90^\circ$$

Всего слѣдовательно возможны

$$6 + 3 = 9$$

девять разновидностей прямоугольныхъ (поперечныхъ) скрещиваній.

Выше, въ § 4, мы нашли уже всѣ эти разновидности подъ рубками: I (пункты 3 и 7), II (пункты 3 и 7), III (пункты 3 и 7), IV (пунктъ 2), VI (пунктъ 2) и VII (пунктъ 2).

Ниже эти же разновидности опредѣлены графическимъ способомъ и изображены въ краскахъ на чертежахъ подъ №№ 14, 17, 20, 23, 26, 28, 31, 36 и 40.

§ 12.

Теоретическое опредѣленіе числа всѣхъ возможныхъ разновидностей косоугольнаго скрещиванія.

Такъ какъ къ этому разряду скрещиваній пластовъ относятся всѣ тѣ, при которыхъ:

$$1) \text{ либо } A > 0^\circ \text{ и } < 90^\circ$$

$$2) \text{ либо } A > 90^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

$$3) \text{ либо } A > 180^\circ \text{ и } < 270^\circ$$

$$4) \text{ либо } A > 270^\circ \text{ и } < 360^\circ$$

и такъ какъ вмѣстѣ съ тѣмъ возможны три различныхъ соотношенія между паденіями пластовъ:

$$1) \delta > \delta_1$$

$$2) \delta = \delta_1$$

$$3) \delta < \delta_1$$

то на этомъ основаніи возможно различать *вообще*

$$4 \times 3 = 12$$

т. е. двѣнадцать разновидностей косоугольныхъ скрещиваній (№№ 13, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 32, (27'....32').

Къ нимъ *въ частности* могутъ быть причислены еще слѣдующія пять разновидностей:

1. $\left\{ \begin{array}{l} A > 0 \text{ и } < 90^\circ \text{ или } > 180^\circ \text{ и } < 270^\circ \\ A > 90^\circ \text{ и } < 180^\circ \text{ или } > 270^\circ \text{ и } < 360^\circ \end{array} \right\}$ при $\delta = 90^\circ$ (№ 25)
 2. $\left\{ \begin{array}{l} A > 0 \text{ и } < 90^\circ \text{ или } > 90^\circ \text{ и } < 180^\circ \\ A > 180^\circ \text{ и } < 270^\circ \text{ или } > 270^\circ \text{ и } < 360^\circ \end{array} \right\}$ при $\delta_1 = 90^\circ$ (№ 35)
 3. $A \geq 90^\circ$ и 270° — при $\delta = 90^\circ$ и $\delta_1 = 90^\circ$ (№ 37)
 4. $A > 0 \text{ и } < 90^\circ$
 5. $A > 270^\circ \text{ и } < 360^\circ$
- } особые случаи при $\text{cs} A = \frac{\text{tg} \delta}{\text{tg} \delta_1}$ (№№ 33 и 34)

а слѣдовательно всего возможно различать

$$12 + 5 = 17$$

семнадцать разновидностей косоугольнаго скрещиванія.

§ 13

Общее число всѣхъ разновидностей скрещиванія.

Выше мы насчитали:

- 1) 12 видовъ продольныхъ скрещиваній
- 2) 9 „ поперечныхъ „
- 3) 17 „ косоугольныхъ „

Слѣдовательно всего мы различаемъ:

$$12 + 9 + 17 = 38$$

тридцать восемь видовъ скрещиванія двухъ плоскостей.

§ 14.

Графическій способъ полученія всѣхъ видовъ поперечныхъ и косыхъ скрещиваній.

Давая въ формулѣ (I) различныя значенія входящимъ въ нее независимымъ переменнымъ: δ , δ_1 и A , мы можемъ получить всѣ возможные отдѣльные виды скрещиваній. Именно, взявъ сначала, напр., $\delta > \delta_1$, и оставляя δ и δ_1 постоянными, будемъ измѣнять величину $A = \alpha - \alpha_1$, т. е. разность простираній обоихъ пластовъ, въ предѣлахъ отъ $A = 0^\circ$ до $A = 360^\circ$; такимъ образомъ мы получимъ всѣ возможные виды согласно и несогласно падающихъ пластовъ при $\delta > \delta_1$.

Тоже слѣлаемъ для случая $\delta=\delta_1$ и для случая $\delta>\delta_1$.

Такимъ образомъ мы получимъ всѣ тѣ виды скрещиваній, при которыхъ линия скрещиванія имѣетъ нѣкоторый уклонъ $D_0>0$ къ горизонту.

Случаи, при которыхъ $D_0=0$, суть вышеупомянутые 12 видовъ продольнаго скрещиванія.

Наконецъ, на основаніи формулы (II) мы получимъ тѣ виды скрещиваній, при которыхъ $D=90^\circ$, т. е. линия скрещиванія вертикальна: это, очевидно, имѣетъ мѣсто, если обѣ плоскости падаютъ отвѣсно, т. е. и $\delta=90^\circ$ и $\delta_1=90^\circ$.

Практически мы выполняемъ сказанное слѣдующимъ образомъ: обозначивъ одну плоскость (съ паденіемъ δ_1 и простираніемъ $\alpha_1=0$) краснымъ а другую (съ паденіемъ δ и простираніемъ α) синимъ цвѣтомъ, принимаемъ красную плоскость за ориентирную и всѣ возможные виды косоугольныхъ и прямоугольныхъ скрещиваній выводимъ изъ вышеупомянутыхъ видовъ продольныхъ скрещиваній вращеніемъ синей плоскости вокругъ вертикальной оси, оставляя каждый разъ ея паденіе безъ измѣненія.

Такимъ образомъ:

Изъ **1-го вида** при вращеніи синей плоскости мы не получимъ новаго вида.

Изъ **2-го вида**—также.

Изъ **3-го вида**—также.

Изъ **4-го вида**—получаемъ слѣдующіе новые:

13. Повернувъ синюю плоскость (4-го вида) на острый уголъ, т. е., чтобы разность простираній обѣихъ плоскостей была $A>0^\circ$ и $<90^\circ$, получаемъ 1-й видъ II категоріи—косоугольное скрещиваніе при согласномъ паденіи обоихъ пластовъ (ибо $A<90^\circ$) и при $\delta<\delta_1$; причемъ по основной формулѣ (I): $A_0>135^\circ$ и $<180^\circ$.

14. Повернувъ синюю плоскость на уголъ $A=90^\circ$, получаемъ 1-й видъ IV категоріи—прямоугольнаго скрещиванія; причемъ по формулѣ (I): $A_0>135^\circ$ и $<180^\circ$.

15. Повернувъ ту-же плоскость на уголъ $A>90^\circ$ и $<180^\circ$, получаемъ 1-й видъ III категоріи—косоугольное скрещиваніе при несогласномъ паденіи и при $\delta<\delta_1$, причемъ $A_0>135^\circ$ и $<180^\circ$.

(7). (Повернувъ ту-же плоскость на уголъ $A=180^\circ$, получаемъ вышеприведенный 7-й видъ I категоріи скрещиванія по простиранію).

16. Повернувъ ту-же плоскость на уголъ $A > 180^\circ$ и $< 270^\circ$, получаемъ 2-й видъ III категоріи—косоугольное скрещиваніе при несогласномъ паденіи и при $\delta < \delta_1$; $A_0 > 0$ и $< 45^\circ$.

17. Повернувъ ту-же плоскость на уголъ $A = 270^\circ$, получаемъ 2-й видъ IV категоріи—прямоугольнаго скрещиванія, $A_0 > 0$ и $< 45^\circ$.

18. При поворотѣ той-же плоскости на уголъ $A > 270^\circ$ и $< 360^\circ$, получаемъ 2-й видъ II категоріи—косоугольное скрещиваніе при согласномъ паденіи и при $\delta < \delta_1$; $A_0 > 0$ и $< 45^\circ$.

(4). (При дальнѣйшемъ поворотѣ синей плоскости 4-го вида I категоріи на уголъ $A = 360^\circ$, получаемъ тотъ-же видъ).

Изъ 5-го вида:

19. Повернувъ синюю плоскость на уголъ $A > 0^\circ$ и $< 90^\circ$, получаемъ 3-й видъ II категоріи—косоугольное скрещиваніе при согласномъ паденіи обоихъ пластовъ и при $\delta > \delta_1$; $A_0 > 0$ и $< 135^\circ$.

20. Повернувъ ту-же плоскость на уголъ $A = 90^\circ$, получаемъ 3-й видъ IV категоріи—прямоугольное скрещиваніе при $\delta > \delta_1$ и $A_0 > 90^\circ$ и $< 135^\circ$.

21. При поворотѣ синей плоскости на уголъ $A > 90^\circ$ и $< 180^\circ$, получаемъ 3-й видъ III категоріи—косоугольное скрещиваніе при несогласномъ паденіи и при $\delta > \delta_1$; $A_0 > 90^\circ$ и $< 180^\circ$.

(10). (При поворотѣ на уголъ $A = 180^\circ$, получаемъ вышеприведенный 10-й видъ I категоріи скрещиванія по простиранію).

22. При поворотѣ на уголъ $A > 180^\circ$ и $< 270^\circ$, получаемъ 4-й видъ III категоріи—косоугольное скрещиваніе при несогласномъ паденіи, при $\delta > \delta_1$ и $A_0 > 0^\circ$ и $< 90^\circ$.

23. При поворотѣ на уголъ $A = 270^\circ$, получаемъ 4-й видъ IV категоріи—прямоугольное скрещиваніе при $\delta > \delta_1$ и $A_0 > 45^\circ$ и $< 90^\circ$.

24. При поворотѣ на уголъ $A > 270^\circ$ и $< 360^\circ$, получаемъ 4-й видъ II категоріи косоугольнаго скрещиванія при согласномъ паденіи, при $\delta > \delta_1$; $A_0 > 45^\circ$ и $< 180^\circ$.

Изъ 6-го вида получаемъ слѣдующее:

25. Повернувъ синюю плоскость на уголъ $A > 0$ и $< 90^\circ$ или $A > 180^\circ$ и $< 270^\circ$, получаемъ 5-й видъ II категоріи (или III—безразлично) косоугольнаго скрещиванія при $\delta = 90^\circ$ и $A_0 = A < 0$ и $< 90^\circ$.

26. При поворотѣ на уголъ $A = 90^\circ$ или 270° , получаемъ 6-ой видъ IV категоріи—прямоугольное скрещиваніе при $\delta = 90^\circ$, $A_0 = 90^\circ$.

При поворотѣ на уголъ $A > 270^\circ$ и $< 360^\circ$, или $A > 90^\circ$ и $< 180^\circ$, получасъ 6-й видъ II (или III) категоріи-косоугольное скрещиваніе при $\delta = 90^\circ$, $A_0 > 90^\circ$ и $< 180^\circ$.

Изъ 7-го вида получимъ всѣ тѣ-же виды, что и изъ 4-го.

Изъ 8-го вида при $\delta = \delta_1$, получимъ слѣдующіе новые:

27. Повернувъ синюю плоскость на острый уголъ вправо, что соотвѣтствуетъ $A > 180^\circ$ и $< 270^\circ$, получасъ 5-й видъ III категоріи—косоугольное скрещиваніе при несогласномъ паденіи, при $\delta = \delta_1$ и при

$$A_0 = \frac{A}{2}, B_0 < 90^\circ.$$

28. При поворотѣ на уголъ $= 270^\circ$, получасъ 6-й видъ IV категоріи прямоугольное скрещиваніе при $\delta = \delta_1$ и $A_0 = 45^\circ$, $B_0 < 90$.

29. При поворотѣ на уголъ $A > 270^\circ$ и $< 360^\circ$, получасъ 7-ой видъ II категоріи-косоугольное скрещиваніе при согласномъ паденіи при $\delta = \delta_1$ и при $A_0 = \frac{A}{2} - 90^\circ$; $B_0 < 90$.

(При поворотѣ на уголъ $A = 360^\circ$ скрещиванія плоскостей не будетъ,—при $\delta = \delta_1$ онѣ будутъ налегать одна на другую).

30. При поворотѣ на уголъ $A > 360^\circ$ ($> 0^\circ$) и $< 90^\circ$, получасъ 8-й видъ II категоріи—косоугольное скрещиваніе при согласномъ паденіи, при $\delta = \delta_1$ и при $A_0 = 90 - \frac{A}{2}$, $B_0 < 90$.

31. При поворотѣ на уголъ $A = 90^\circ$, получасъ 7-й видъ IV категоріи, при $\delta = \delta_1$, при $A_0 = 135^\circ$; $B_0 < 90^\circ$.

32. При поворотѣ на уголъ $A > 90^\circ$ и $< 180^\circ$, получасъ 6-й видъ III категоріи—косоугольное скрещиваніе при несогласномъ паденіи, при $\delta = \delta_1$ и при $A_0 = 90^\circ - \frac{A}{2}$; $B_0 < 90^\circ$.

Изъ 9-го вида точно также получасъ:

27'

28'

29'

30'

31'

32'

Виды скрещиваній аналогичные №№ 27, 28, 29, 30, 31 и 32 но при $B_0 > 90$.

33—34. Изъ видовъ 19 и 24, т. е. вообще при всякомъ видѣ косоугольнаго скрещиванія съ согласнымъ паденіемъ въ случаѣ $\delta_1 < \delta$, возможенъ такой частный случай, что линія скрещиванія перпенди-

кулярна къ простиранію красной плоскости; эти случаи и представлены подъ № 33 и 34.

Изъ основной формулы (1) вытекаетъ, что при этихъ случаяхъ:

$$\operatorname{tg} A_0 = \frac{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \delta_1} = \infty$$

или

$$\frac{\operatorname{cs} A \cdot \operatorname{tg} \delta}{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta} - \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{sn} A \cdot \operatorname{tg} \delta} = 0$$

или

$$\operatorname{cs} A = \frac{\operatorname{tg} \delta_1}{\operatorname{tg} \delta} \dots \dots \dots (2)$$

и во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда разность простираній A пласта и трещины и величины δ_1 и δ ихъ паденій удовлетворяютъ (2), мы будемъ имѣть виды № 33 и 34.

Если, далѣе, во (2):

$$A = 0^\circ, 180^\circ$$

то

$$\delta = \delta_1$$

причемъ пласты будутъ просто налегать другъ на друга безъ скрещиванія, или получится одинъ изъ видовъ продольнаго скрещиванія съ равнымъ несогласнымъ паденіемъ обоихъ пластовъ.

Если

$$A = 90^\circ, 270^\circ$$

то

$$\operatorname{tg} \delta_1 = 0; \delta_1 = 0^\circ$$

или

$$\operatorname{tg} \delta = \infty; \delta = 90^\circ \text{ (см. видъ № 26)}$$

Изъ 10-го вида новыхъ видовъ не получимъ.

Изъ 11-го вида также.

Изъ 12-го вида получаемъ слѣдующіе:

35. При поворотѣ синей плоскости на уголъ $A > 0^\circ$ и $< 90^\circ$, или на $A > 90^\circ$, и $< 180^\circ$, получаемъ 9-й видъ II (или III) категоріи косоугольнаго скрещиванія при $\delta_1 = 90^\circ$, при $A_0 = 180^\circ$.

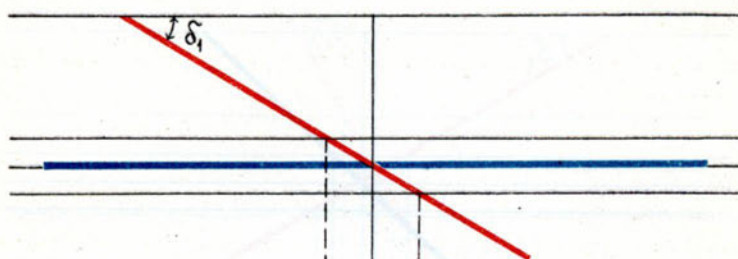
36. При поворотѣ на уголъ $A = 90^\circ$ или 270° , получаемъ 8-й видъ IV категоріи—прямоугольное скрещиваніе при $\delta_1 = 0^\circ$ и $A_0 = 0^\circ$ или 180° .

При поворотѣ на уголъ $A > 180^\circ$ и $< 270^\circ$ или $> 270^\circ$ и $< 360^\circ$, получаемъ 10-й видъ II (или III) категоріи—косоугольное скрещиваніе при $\delta_1 = 90^\circ$ и $A_0 = 0^\circ$.

Наконецъ: .

37 и 38. Виды скрещиванія, когда оба пласта вертикальны.

Такъ какъ всѣ 12 видовъ I категоріи мы получили изъ одного (1-го) вращеніемъ плоскостей вокругъ *горизонтальной оси*, а всѣ остальные 26 видовъ изъ I категоріи—вращеніемъ вокругъ *вертикальной оси*, то отсюда слѣдуетъ, что всѣ 38 видовъ скрещиванія пластовъ могутъ быть выведены изъ любого вида одновременнымъ вращеніемъ вокругъ горизонтальной и вертикальной оси.



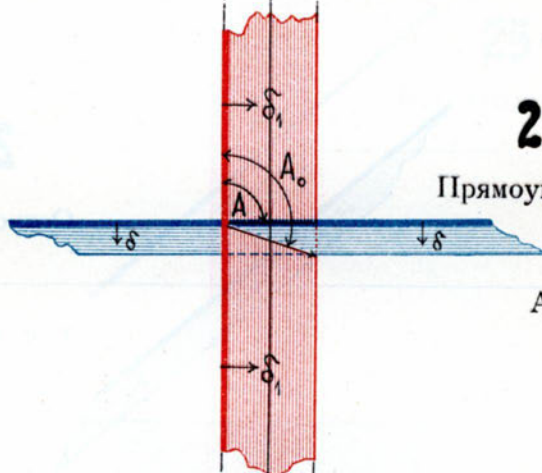
20-й видъ

Прямоугольное скрещивание

$$\delta > \delta_1$$

$$A = 90^\circ$$

$$A_o > 90^\circ \text{ и } < 135^\circ$$



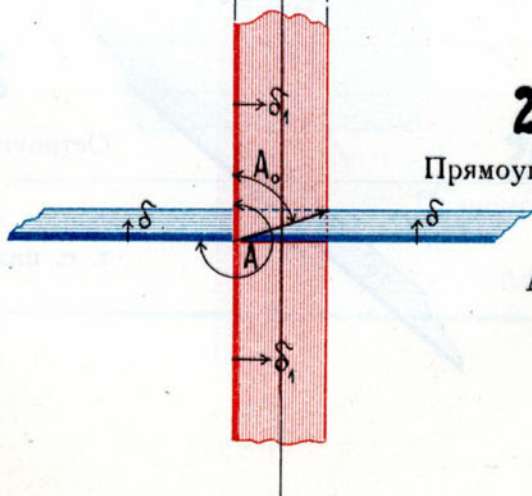
23-й видъ

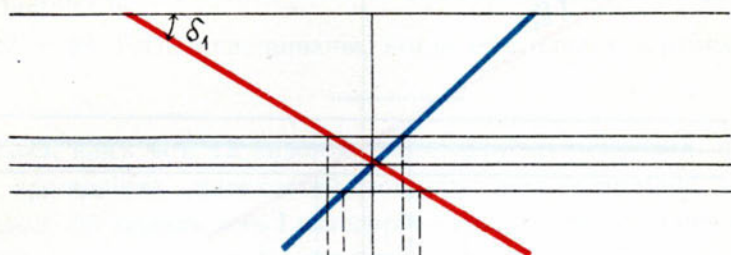
Прямоугольное скрещивание

$$\delta > \delta_1$$

$$A = 270^\circ$$

$$A_o > 45^\circ \text{ и } < 90^\circ$$





21-й видъ

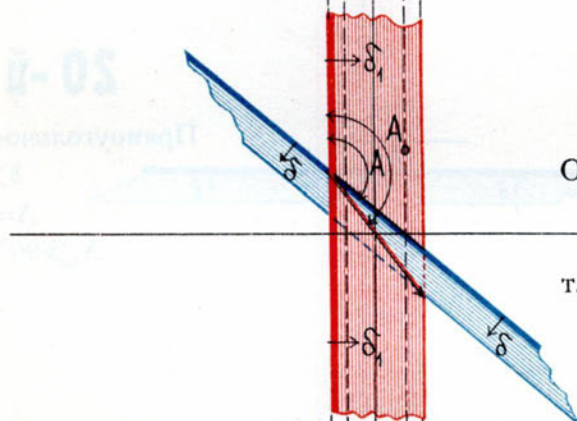
Остроугольное скрещиваніе

$$\delta > \delta_1$$

$$A > 90^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

т. е. паденіе несогласное.

$$A_o > 90^\circ \text{ и } < 180^\circ$$



22-й видъ

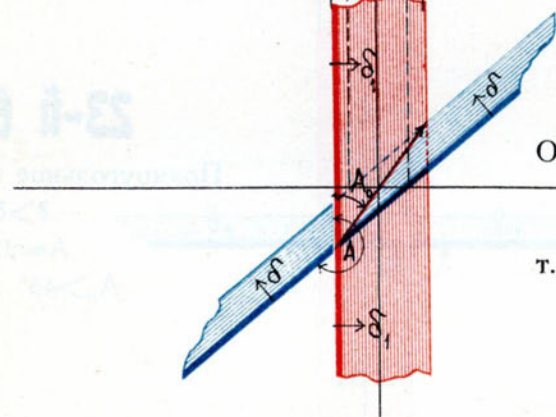
Остроугольное скрещиваніе

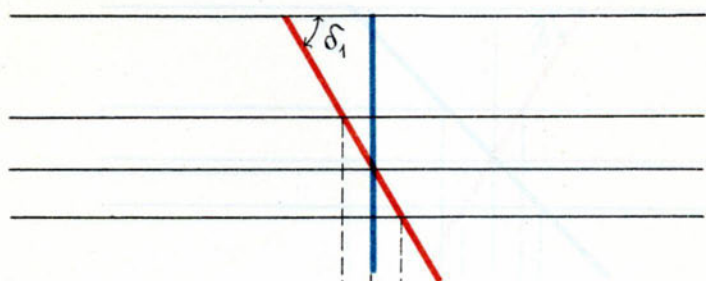
$$\delta > \delta_1$$

$$A > 180^\circ \text{ и } < 270^\circ$$

т. е. паденіе несогласное

$$A_o > 0 \text{ и } < 90^\circ$$



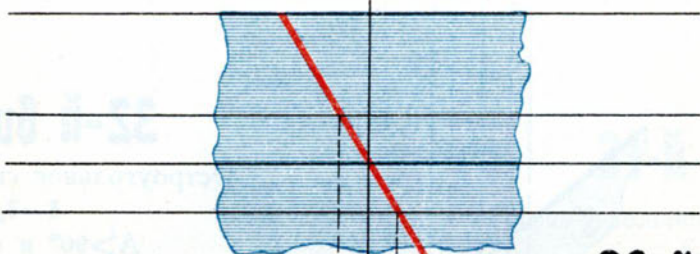
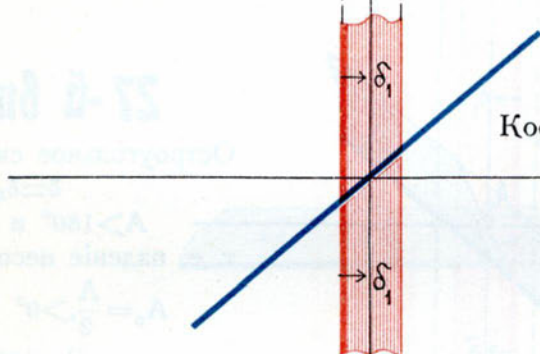


25-й видъ

Косоугольное скрещивание

$$\delta=90^\circ$$

$$A=A_0$$

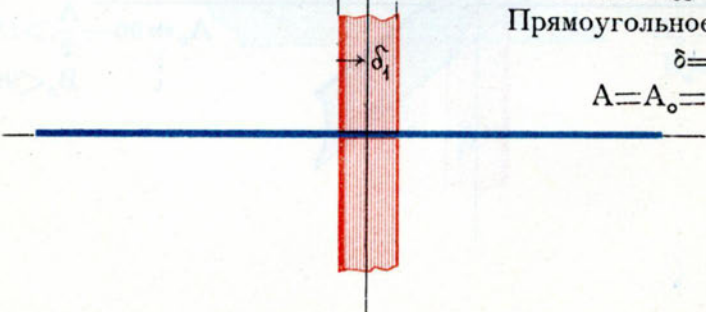


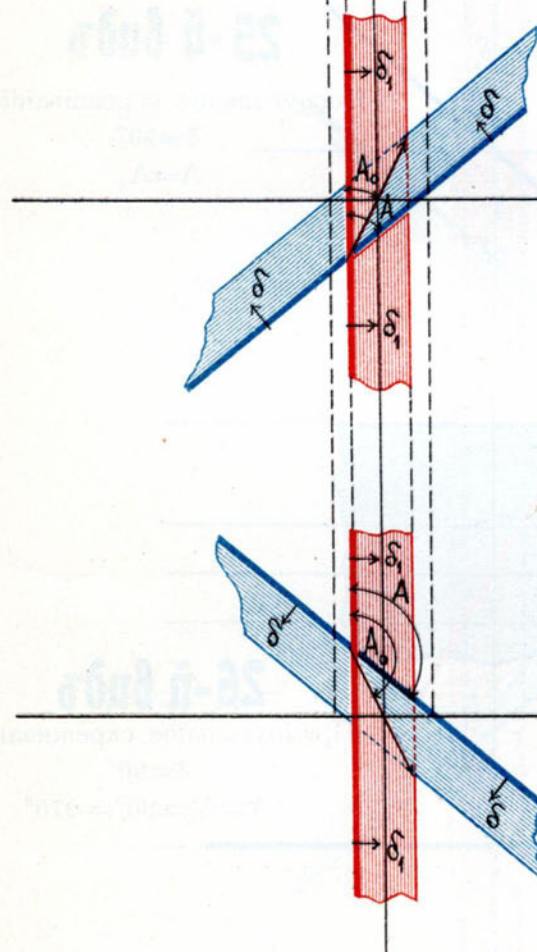
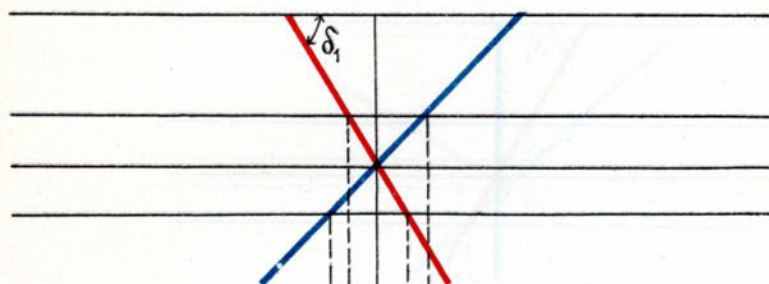
26-й видъ

Прямоугольное скрещивание

$$\delta=90^\circ$$

$$A=A_0=90^\circ,=270^\circ$$





27-й видъ

Остроугольное скрещиваніе

$$\delta = \delta_1$$

$$A > 180^\circ \text{ и } < 270^\circ$$

т. е. паденіе несогласное

$$A_o = \frac{A}{2}, > 0^\circ \text{ и } < 45^\circ$$

$$B_o < 90^\circ$$

32-й видъ

Остроугольное скрещиваніе

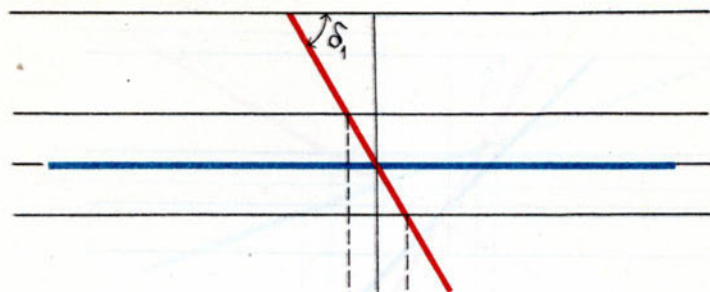
$$\delta = \delta_1$$

$$A > 90^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

т. е. паденіе несогласное

$$A_o = 90 - \frac{A}{2}, > 135^\circ \text{ и } < 180^\circ$$

$$B_o < 90^\circ$$



28-й видъ

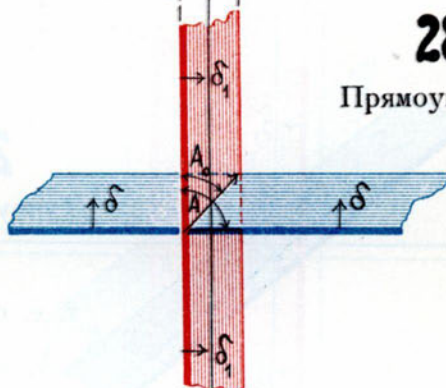
Прямоугольное скрещиваніе

$$\delta = \delta_1$$

$$A = 270^\circ$$

$$A_o = 45^\circ$$

$$B_o < 90^\circ$$



31-й видъ

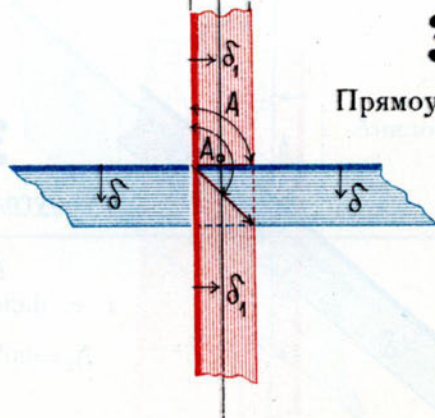
Прямоугольное скрещиваніе

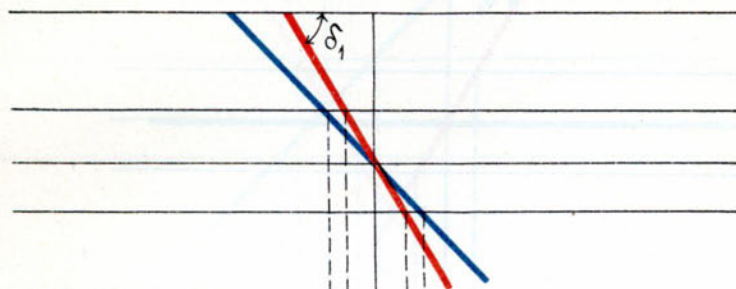
$$\delta = \delta_1$$

$$A = 90^\circ$$

$$A_o = 135^\circ$$

$$B_o < 90^\circ$$





29-й видъ

Тупоугольное скрещиваніе

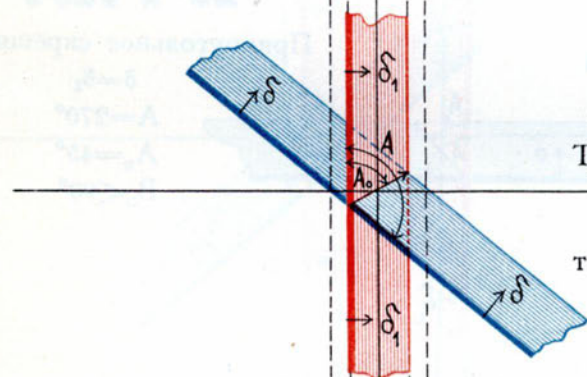
$$\delta = \delta_1$$

$$A > 270^\circ \text{ и } < 360^\circ$$

т. е. паденіе согласное

$$A_o = \frac{A}{2} - 90^\circ, > 45^\circ \text{ и } < 90^\circ$$

$$B_o < 90^\circ$$



30-й видъ

Тупоугольное скрещиваніе

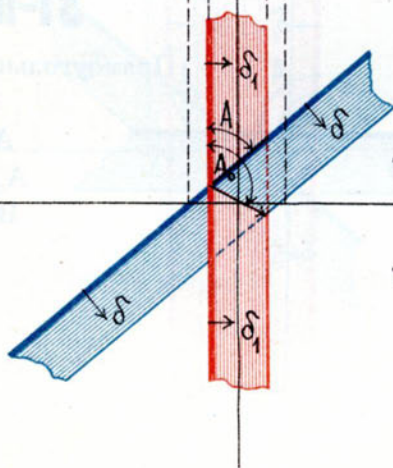
$$\delta = \delta_1$$

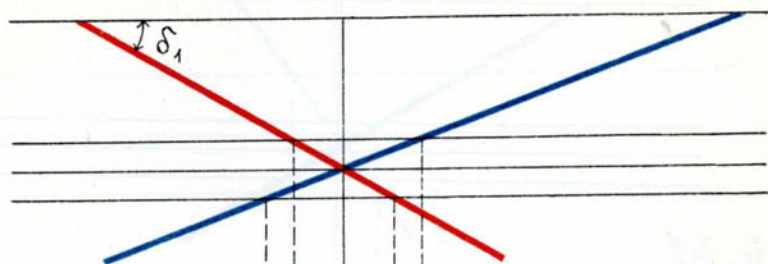
$$A > 0^\circ \text{ и } < 90^\circ$$

т. е. паденіе согласное

$$A_o = 90^\circ - \frac{A}{2}, > 90^\circ \text{ и } < 135^\circ$$

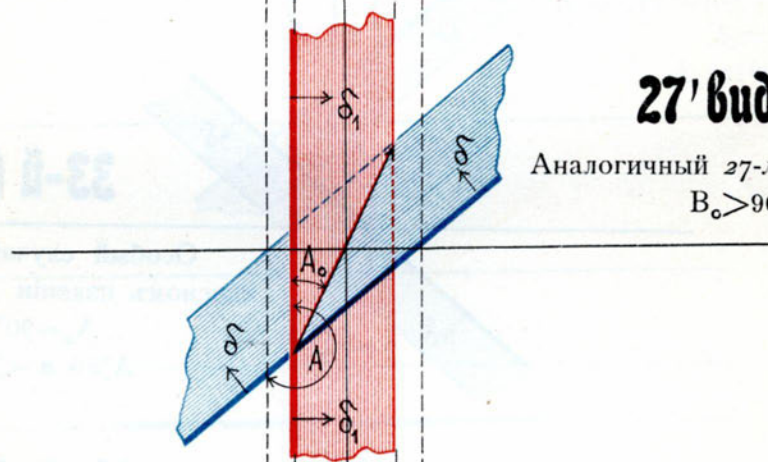
$$B_o < 90^\circ$$





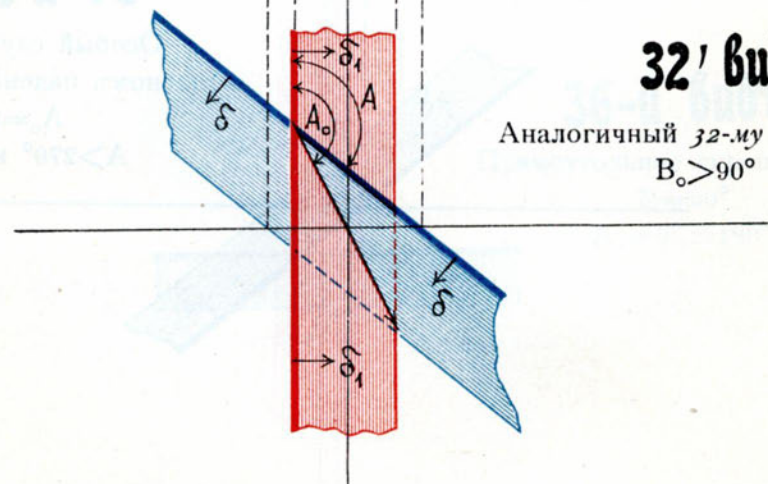
27' видъ

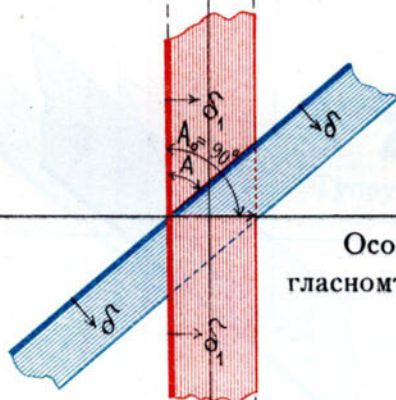
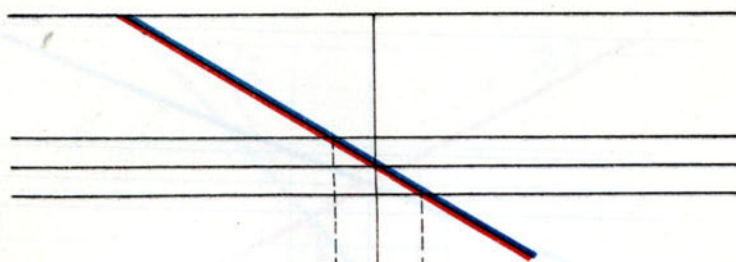
Аналогичный 27-му виду, при $B_o > 90^\circ$



32' видъ

Аналогичный 32-му виду. при $B_o > 90^\circ$



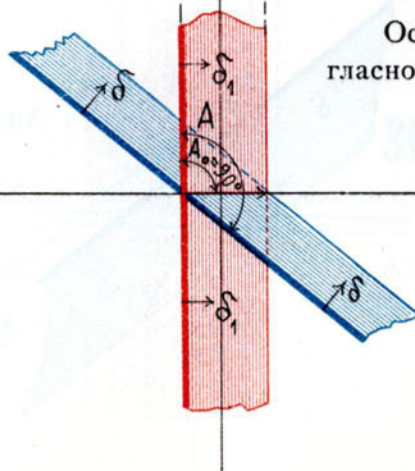


33-й видъ

Особый случай при согласном падении

$$A_0 = 90^\circ$$

$$A > 0 \text{ и } < 90^\circ$$

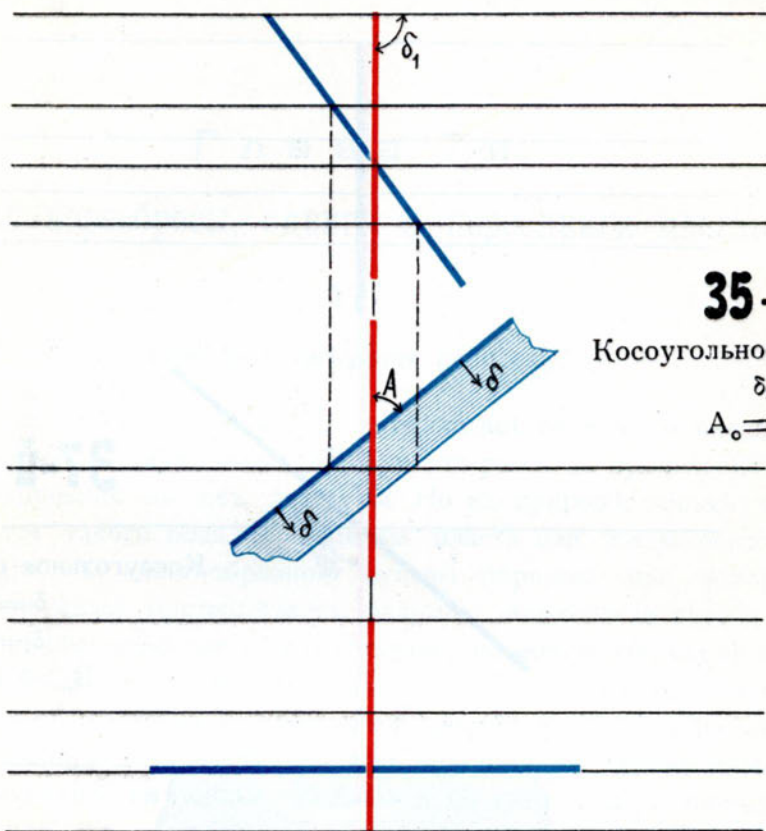


34-й видъ

Особый случай при согласном падении

$$A_0 = 90^\circ$$

$$A > 270^\circ \text{ и } < 360^\circ$$



35-й видъ

Косоугольное скрещивание

$$\delta_1 = 90^\circ$$

$$A_o = 180^\circ, = 0^\circ$$

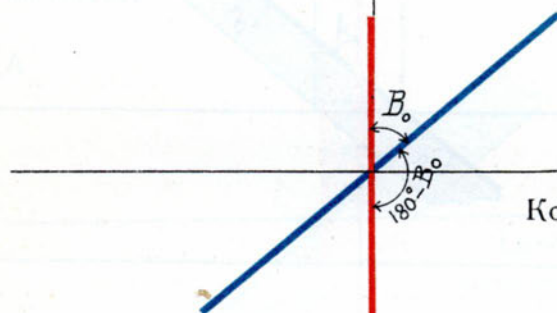
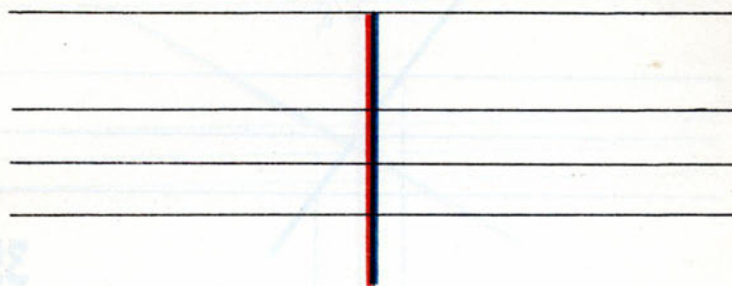
36-й видъ

Прямоугольное скрещивание

$$\delta_1 = 90^\circ$$

$$A_o = 0^\circ, = 180^\circ$$





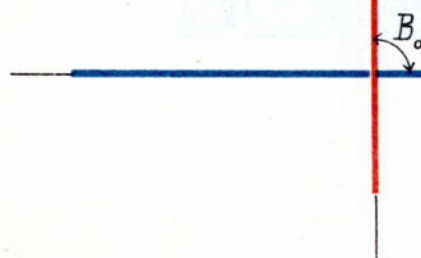
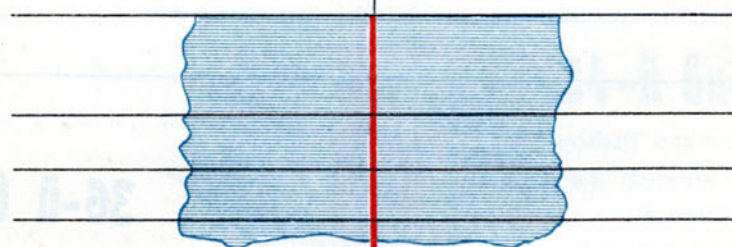
37-й видъ

Косоугольное скрещивание

$$\delta = 90^\circ$$

$$\delta_1 = 90^\circ$$

$$B_0 > 0 \text{ и } < 90^\circ$$



38-й видъ

Прямоугольное скрещивание

$$\delta = 90^\circ$$

$$\delta_1 = 90^\circ$$

$$B_0 = 90^\circ$$

Г л а в а 7-я.

Сбросы, пересбросы, сдвиги и пересдвиги пластовъ.

§ 1.

Понятіе о смѣщеніи пластовъ.

Въ предыдущей главѣ мы рассмотрѣли всѣ возможные идеальные виды скрещиванія двухъ пластовъ, при которыхъ не происходитъ никакого нарушенія въ ихъ залеганіи. Но въ природѣ весьма часто встрѣчаются такого рода скрещиванія пласта или жилы полезнаго ископаемаго съ пластообразною пустою породою, при которыхъ пласть (или жила) претерпѣваетъ разрывъ сплошности своего протяженія, причемъ одна часть его, оставаясь параллельною самой себѣ, оказывается сдвинутою въ горизонтальной плоскости, или опустившеюся или поднявшеюся относительно другой, оставшейся на мѣстѣ.

Всѣ такія нарушенія въ залеганіи пластовъ мы будемъ называть общимъ именемъ **смѣщеній**. Условимся въ слѣдующихъ названіяхъ (см. 4-й видъ скрещиванія):

1. Красную плоскость NN будемъ называть вообще *смѣщающею плоскостью*, или *смѣстителемъ*; въ частности-же, сообразно съ тѣмъ или инымъ родомъ смѣщенія, будемъ называть ее *сбрасывающею*, *пересбрасывающею*, *сдвигающею* или *пересдвигавшею* плоскостью (иначе: сбрасывателемъ, пересбрасывателемъ, сдвигивателемъ, пересдвигивателемъ); эта плоскость не претерпѣваетъ нарушенія въ залеганіи при смѣщеніяхъ синей.

2. Ту часть OM синей плоскости (т. е. пласта), которая прилежитъ къ висячему боку смѣстителя, будемъ называть *висячимъ крыломъ пласта*.

3. Ту часть OM₁ пласта, которая прилежитъ къ лежащему боку смѣстителя, будемъ называть *лежащимъ крыломъ пласта*.

4. Уголъ скрещиванія A₀ здѣсь мы будемъ называть вообще *угломъ смѣщенія* (въ частности—*угломъ сброса*, *угломъ пересброса*). Пользуясь этой терминологіей, мы будемъ называть *смѣщеніемъ* такое

нарушеніе залеганія пласта, при которомъ его *висячее* или *лежащее крыло*, при скрещиваніи со *смѣстителемъ*, оказывается перемѣщеннымъ параллельно прежнему своему положенію вверхъ по возстанію, или внизъ по паденію смѣстителя, или вдоль простиранія его, или по какому-нибудь діагональному направленію по плоскости смѣстителя.

Примѣчаніе. Упомянутыя смѣщенія части пласта могли произойти:

- 1) вслѣдствіе образованія въ корѣ земной *трещины* съ одновременнымъ смѣщеніемъ горныхъ массивовъ и выполненіемъ трещины пустою породою и 2) вслѣдствіе образованія *складокъ* горныхъ породъ и сдавливанія ихъ вкрестъ простиранія.

Въ первомъ случаѣ обозначаемый у насъ краснымъ цвѣтомъ пластъ пустой породы можетъ имѣть какую-угодно мощность; во второмъ-же это есть геометрическая плоскость.

§ 2.

Типы смѣщенія пластовъ.

Предположивъ, что часть пласта OM_1 , т. е. его лежащее крыло (см. 4-й видъ скрещиванія) остается на мѣстѣ, мы можемъ допустить:

1. что висячее крыло OM опускается внизъ по паденію красной плоскости (смѣстителя), либо
 2. что оно приподнимается вверхъ по возстанію смѣстителя.
- Явленія перваго рода извѣстны въ геологіи подъ названіемъ **сбросовъ**. Явленія второго рода называются **пересбросами**.

Итакъ *сбросомъ* мы называемъ такое нарушеніе въ залеганіи пласта, при которомъ его висячее крыло, сохраняя свое паденіе и простираніе, оказывается *опустившимся* по паденію *сбрасывателя*.

Пересбросомъ мы называемъ подобное-же нарушеніе, но съ перемѣщеніемъ висячаго крыла пласта вверхъ по возстанію *пересбрасывателя*.

Въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ пропадаетъ различіе между сбросами и пересбросами. Это имѣетъ мѣсто:

1. когда пропадаетъ различіе между паденіемъ и возстаніемъ смѣщающей плоскости, т. е. когда она горизонтальна.
2. когда пропадаетъ различіе между висячимъ и лежачимъ боками ея, т. е. когда она вертикальна и
3. когда, въ частности, и пластъ и смѣститель оба вертикальны.

Всѣ тѣ нарушенія въ залеганіи пластовъ, которыя произошли со смѣщеніемъ одного крыла параллельно прежнему направленію его и при томъ *горизонтально* и *вдоль простиранія смѣстителя*, мы будемъ называть:

1. **Сдвигами**,—если горизонтальное смѣщеніе висячаго крыла пла-

ста произошло въ направленіи несогласномъ съ направлениемъ линіи скрещиванія, т. е. если уголъ смѣщенія $A_0 > 90^\circ$.

2. Пересдвигами,—если горизонтальное смѣщеніе висячаго крыла пласта произошло въ направленіи согласномъ съ направлениемъ линіи скрещиванія, т. е. если уголъ смѣщенія $A_0 < 90^\circ$.

Это—общія опредѣленія; въ частности-же, когда смѣститель горизонталенъ, то сдвигомъ мы будемъ называть такое смѣщеніе, при которомъ перпендикуляръ къ одному крылу не встрѣчаетъ другого, а пересдвигомъ,—когда этотъ перпендикуляръ встрѣчаетъ другое крыло (при отвѣсномъ паденіи пласта здѣсь пропадаетъ различіе между сдвигомъ и пересдвигомъ).

Если мы условимся направленіе смѣщенія s пласта внизъ по паденію плоскости смѣщенія считать положительнымъ, а по возстанію—отрицательнымъ, то

- 1) при сбросахъ $s > 0$
- 2) при простыхъ скрещиваніяхъ $s = 0$
- 3) при пересбросахъ $s < 0$

точно также скрещиванія суть предѣльныя видоизмѣненія сдвиговъ и пересдвиговъ, если величина сдвиженія $s = 0$.

§ 3.

Группировка смѣщеній по разности направленій простираній и паденій пласта и смѣстителя.

Совершенно аналогично сказанному въ § 7 предыдущей главы о раздѣленіи скрещиваній на группы, и здѣсь можно различать:

1. *Продольныя смѣщенія* или—смѣщенія по простиранію,—когда линіи простираній пласта и смѣстителя параллельны между собою, т. е. когда разность ихъ простираній $A = 0^\circ$ или 180° .

2. *Поперечныя смѣщенія*, или—прямоугольныя, или—прямыя, когда упомянутыя линіи простираній взаимно перпендикулярны, т. е. когда $A = 90^\circ$ или 270° .

3. *Косоугольныя смѣщенія*, или—косыя,—когда линіи простираній образуютъ между собою какой-нибудь острый или тупой уголъ.

Въ частности здѣсь мы различаемъ: а) *остроугольныя* или *острыя* и в) *тупоугольныя* или *тупыя* смѣщенія.

Кромѣ того сбросы и пересбросы можно раздѣлить на двѣ группы:

1. *Согласно падающіе* (всѣ они—тупоугольные)
2. *Несогласно падающіе* (всѣ они—остроугольные)

совершенно аналогично скрещиваніямъ.

Примѣры.

На чертежѣ 84-мъ схематически изображено такое *смѣщеніе*, въ которомъ:

М есть оставшееся на мѣстѣ лежащее крыло пласта;

М₁—смѣщенное висячее крыло пласта;

NN—плоскость смѣщенія (смѣститель);

ab—простираніе пласта и смѣстителя.

Это смѣщеніе должно быть отнесено, во первыхъ,—къ типу *продольныхъ*; во вторыхъ, такъ какъ здѣсь висячее крыло оказывается опустившимся (относительно лежачаго!) внизъ по паденію смѣстителя, то это есть *сбросъ*; наконецъ, это—сбросъ съ *согласнымъ паденіемъ* пласта и сбрасывателя, ибо ихъ паденія направлены въ одну сторону.

Точно также смѣщеніе, схематически изображенное на чертежѣ 85, мы должны отнести къ типу *продольныхъ сбросовъ* съ несогласнымъ паденіемъ.

На чертежѣ 86 изображенъ *продольный пересбросъ* съ согласнымъ паденіемъ.

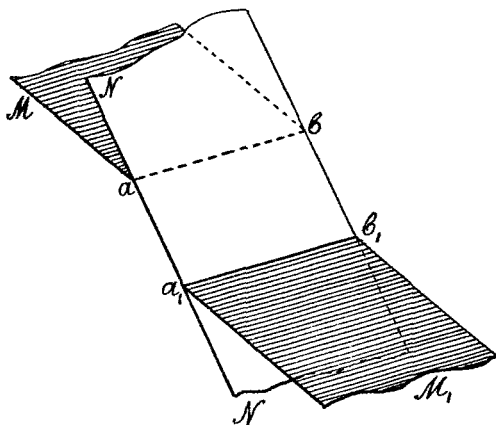
На чертежѣ 87 (см. стр. 104—105 объ изображеніи на планѣ плоскостей):

NN—смѣститель;

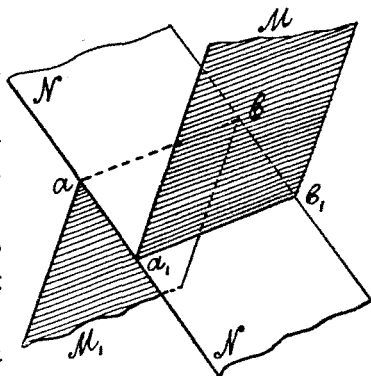
М₁М₂ab—висячее крыло пласта ибо оно прилегаетъ къ висячему боку смѣстителя NN;

М₁М₂cd—лежащее крыло пласта; ab и cd—линіи скрещиванія.

Такъ какъ здѣсь простиранія пласта и смѣстителя не параллельны и не перпендикулярны между собою, то это—одинъ изъ видовъ *косоугольныхъ* смѣщеній. Въ частности это—*остроугольный сбросъ*, ибо висячее крыло сбрасывателя оказывается опустившимся, какъ показываютъ стрѣлки р, р, . . (относительно лежачаго) внизъ по паденію смѣстителя (сбрасывателя); онъ—съ *несогласнымъ паденіемъ* пласта и сбрасывателя, при чемъ паденіе пласта меньше паденія сбрасывателя.

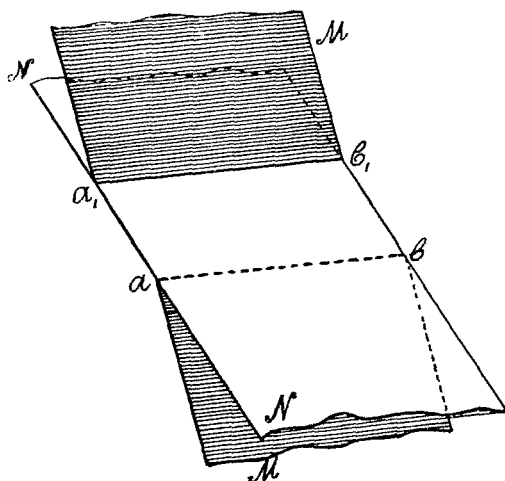


Черт. 84.



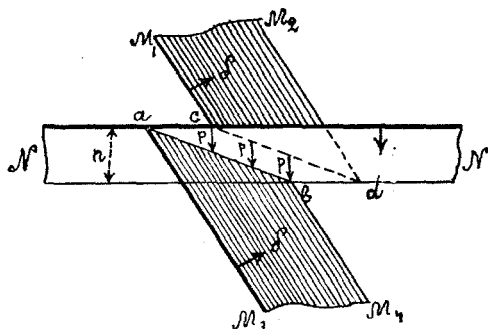
Черт. 85.

Точно также, на чертежѣ 88 изображенъ *пересбросъ*, такъ какъ здѣсь висячее крыло пласта M_3M_4 ab оказывается смѣщеннымъ вверхъ



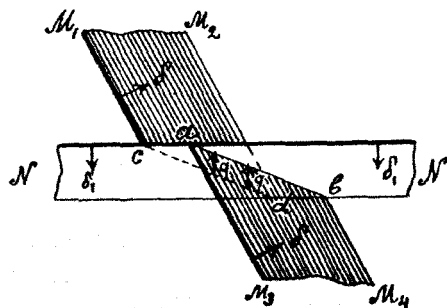
Черт. 86.

по возстанію сбрасывателя, какъ показываютъ стрѣлки $q, q, \dots$



Черт. 87.

это пересбросъ съ несогласнымъ паденіемъ.



Черт. 88.

линій скрещиванія на планѣ весьма просто: для этого нужно провести на планѣ (для любого горизонта) линію вкрестъ простиранія пласта и смѣстителя, отмѣтить на этой линіи точки выхода пласта и смѣстителя, провести линіи подъ углами δ и δ_1 и черезъ точку пересѣченія этихъ линій провести параллель къ простиранію пласта и смѣстителя,—это и будетъ искомая линія скрещиванія.

§ 6.

Выводъ всѣхъ возможныхъ видовъ продольныхъ смѣщеній.

Выводъ всѣхъ возможныхъ видовъ продольныхъ смѣщеній мы производили двумя способами:

1. Последовательнымъ вращеніемъ плоскостей пласта и смѣстителя вокругъ горизонтальныхъ и вертикальныхъ осей, т. е. измѣняя ихъ наклонъ къ горизонту и уголъ между ними, и

2. Перемѣщая висячее крыло пласта въ каждомъ изъ видовъ скрещиванія (гл. 6-я) параллельно самому себѣ по плоскости смѣстителя.

1-й способъ даетъ (см. ниже, стр. 185—206, чертежи въ краскахъ):

А. Сдвиги и пересдвиги.

$$\delta_1 = 0$$

(Плоскость смѣстителя горизонтальна).

1-й видъ. Пластъ наклонный: $\delta > 0$ и $< 90^\circ$; перпендикуляръ изъ линіи скрещиванія одного крыла пласта не встрѣчаетъ другого. Это *сдвигъ наклоннаго пласта*.

2-й видъ. При $\delta = 90^\circ$ получаемъ *сдвигъ (пересдвигъ) вертикальнаго пласта*.

3-й видъ. Пластъ наклоненъ въ обратную сторону, чѣмъ въ 1-мъ видѣ, такъ что перпендикуляръ изъ линіи скрещиванія одного крыла пласта встрѣчаетъ другое. Этотъ видъ мы назовемъ *пересдвигомъ*.

В. Сбросы и пересбросы.

$$\delta_1 > 0 \text{ и } < 90^\circ$$

(Плоскость смѣстителя наклонна).

4-й видъ. $\delta = 0$. *Сбросъ горизонтальнаго пласта*.

5-й видъ. $\delta > 0$ и $< \delta_1$. *Сбросъ съ согласнымъ паденіемъ*.

6-й видъ. $\delta > 0$ и $> \delta_1$. *Пересбросъ съ согласнымъ паденіемъ*.

7-й видъ. $\delta = 90^\circ$. *Пересбросъ вертикальнаго пласта*.

При дальнѣйшемъ вращеніи крыльевъ пласта вправо мы получаемъ несогласное паденіе пласта и смѣстителя.

8-й видъ. $\delta > 0$; уголъ между пластомъ и смѣстителемъ.

$V_0 < 90^\circ$. *Пересбросъ съ несогласнымъ паденіемъ.* Частные случаи: $\delta > \delta_1$, $\delta = \delta_1$, $\delta < \delta_1$.

9-й и 10-й виды. Тоже. Уголъ $V_0 = 90^\circ$. Частные случаи: $\delta > \delta_1$, $\delta = \delta_1$ и $\delta < \delta_1$.

11-й видъ. Тоже. Уголъ $V_0 > 90^\circ$. Частные случаи: $\delta > \delta_1$, $\delta = \delta_1$ и $\delta < \delta_1$.

12-й видъ. При дальнѣйшемъ вращеніи крыльевъ пласта, при горизонтальномъ ихъ положеніи, т. е. при $\delta = 0$, получаемъ *пересбросъ горизонтальнаго пласта*.

13-й видъ. *Пересбросъ съ согласнымъ паденіемъ* при $\delta < \delta_1$.

14-й видъ. При дальнѣйшемъ вращеніи крыльевъ пласта получаемъ *сбросъ съ согласнымъ паденіемъ* при $\delta > \delta_1$.

15-й видъ. $\delta = 90^\circ$, — *сбросъ вертикальнаго пласта*.

16-й видъ. *Сбросъ съ несогласнымъ паденіемъ.* $V_0 < 90^\circ$. Частные случаи: $\delta > \delta_1$, $\delta = \delta_1$, $\delta < \delta_1$.

17-й и 18-й виды. Тоже; уголъ $V_0 = 90^\circ$. Частные случаи: $\delta < \delta_1$, $\delta = \delta_1$ и $\delta > \delta_1$.

19-й видъ. Тоже; уголъ $V_0 > 90^\circ$. Частные случаи: $\delta < \delta_1$, $\delta = \delta_1$ и $\delta > \delta_1$.

С. Вертикальныя смѣщенія.

$$\delta_1 = 90^\circ$$

(Плоскость смѣстителя вертикальна).

20-й видъ. $\delta = 0$. *Сбросъ (=пересбросъ) горизонтальнаго пласта*.

21-й видъ. $\delta > 0$. *Вертикальный сбросъ (=пересбросъ)*.

22-й видъ. $\delta > 0$, но смѣщеніе въ обратную сторону, чѣмъ въ предыдущемъ видѣ: *вертикальный пересбросъ (сбросъ)*.

Такимъ образомъ по 1-му способу мы получили здѣсь: 22 вида, изображенныхъ ниже на чертежахъ въ краскахъ и слѣдующіе частные, въ чертежахъ не приведенные:

1) Два вида пересброса съ несогласнымъ паденіемъ при $V_0 < 90^\circ$ и при $\delta > \delta_1$ и $\delta < \delta_1$ (см. видъ № 8).

2) Тоже при $V_0 = 90^\circ$ и при $\delta = \delta_1$ (см. видъ № 9 или 10).

3) Тоже; два вида при $V_0 > 90^\circ$ и при $\delta > \delta_1$ и $\delta < \delta_1$ (см. видъ № 11).

4) Два вида сброса съ несогласнымъ паденіемъ при $V_0 < 90^\circ$ и при $\delta > \delta_1$ и $\delta < \delta_1$ (см. видъ № 16).

5) Тоже при $V_0 = 90^\circ$ и при $\delta = \delta_1$ (см. видъ № 17 или 18).

6) Тоже; два вида при $V_0 > 90^\circ$ и при $\delta > \delta_1$ и $\delta < \delta_1$ (см. видъ № 19).

2-й способъ вывода всѣхъ возможныхъ видовъ продольныхъ смѣщеній состоитъ въ томъ, чтобы въ каждомъ изъ видовъ продольныхъ скрещиваній (стр. 145—156) произвести всѣ возможные пере-

мѣщенія висячаго (или лежачаго) крыла пласта. Но очевидно, что перемѣщеніе этого крыла вдоль простиранія красной плоскости здѣсь не можетъ дать сброса, сдвига или пересброса; передвиженіе же его по какому-нибудь косому направленію по красной плоскости даетъ тотъ-же видъ смѣщенія, что передвиженіе вкрестъ простиранія ея. Поэтому, перемѣщая висячее крыло вверхъ и внизъ вкрестъ простиранія красной плоскости, получаемъ:

Изъ вида скрещи- ванія №	В и д ы с м ѣ щ е н і й.	№
1	Сдвигъ	1
	Пересдвигъ } наклоннаго пласта	3
2	Сдвигъ (=пересдвигъ) вертикальнаго пласта	2
3	Сбросъ	4
	Пересбросъ } горизонтальнаго пласта	12
4	Сбросъ	5
	Пересбросъ } съ согласнымъ паденіемъ при $\delta < \delta_1$	13
5	Сбросъ	14
	Пересбросъ } съ согласнымъ паденіемъ при $\delta > \delta_1$	6
6	Сбросъ	15
	Пересбросъ } вертикальнаго пласта	7
7	Сбросъ	17
	Пересбросъ } съ несогласнымъ паденіемъ при $V_o = 90^\circ$; $\delta < \delta_1$	10
8	Сбросъ	16
	Пересбросъ } съ несогласнымъ паденіемъ при $\delta = \delta_1$ и $V_o < 90^\circ$	8
9	Сбросъ	19
	Пересбросъ } съ несогласнымъ паденіемъ при $\delta = \delta_1$ и $V_o > 90^\circ$	11
10	Сбросъ	18
	Пересбросъ } съ несогласнымъ паденіемъ при $\delta > \delta_1$ и $V_o = 90^\circ$	9
11	Вертикальный сбросъ (=пересбросъ) горизонтальнаго пласта	20
12	Вертикальный { сбросъ пересбросъ }	21
		22

§ 7.

Элементы и треугольники продольных смѣщеній.

Всякій видъ продольнаго смѣщенія вполне опредѣляется геометрически, если извѣстны:

1. элементы залеганія пласта и смѣстителя,
2. величина смѣщенія крыла пласта,
3. направленіе этого смѣщенія.

Величина смѣщенія крыла пласта можетъ быть опредѣлена нѣсколькими способами; именно,—мы будемъ различать:

1. **Наклонную величину смѣщенія** или—*истинную высоту* его, т. е. длину перпендикуляра въ плоскости смѣстителя между обѣими *) линіями скрещиванія.

2. **Перпендикулярную величину смѣщенія**, т. е. длину перпендикуляра между обоими крыльями пласта.

3. **Отвѣсную величину смѣщенія**, т. е. разстояніе между обоими крыльями пласта, считаемое по отвѣсу; иначе длину отвѣса, опущеннаго изъ одной линіи скрещиванія до встрѣчи съ другимъ крыломъ.

4. **Горизонтальную величину смѣщенія**, т. е. разстояніе между обоими крыльями, считаемое по горизонтальному направленію.

Затѣмъ различаютъ обыкновенно:

5. **Отвѣсную **)** **высоту смѣщенія**, т. е. вертикальную проекцію наклонной величины (высоты); это есть разстояніе между горизонтальными плоскостями, проведенными черезъ обѣ линіи скрещиванія.

6. **Подшву смѣщенія**, т. е. горизонтальную проекцію наклонной высоты смѣщенія.

7. Кромѣ того, при изображеніи смѣщеній въ планѣ мы видимъ, что въ нѣкоторыхъ видахъ (№№ 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13 и 14) горизонтальныя проекціи крыльевъ пласта перекрываютъ отчасти другъ друга; такого рода **перекрытія**, какъ имѣющія мѣсто въ пространствѣ, ограниченномъ вертикальными (отвѣсными) плоскостями, проведенными черезъ обѣ линіи скрещиванія, мы будемъ называть **отвѣсными** и измѣрять величину ихъ по паденію пласта

*) Хотя какъ пласть, такъ и смѣститель могутъ имѣть какую угодно мощность, и, слѣдовательно, въ пересѣченіи другъ съ другомъ даютъ при смѣщеніи восемь линій скрещиванія, но для простоты мы будемъ ограничиваться только, напр., висячими боками ихъ, при чемъ будемъ имѣть въ виду только двѣ линіи скрещиванія.

**) Не смѣшивать съ *отвѣсной величиной*.

8. Въ нѣкоторыхъ видахъ (№№ 3, 11, 12, 13, 14, 15, 16 и 22) имѣетъ мѣсто взаимное перекрытіе крыльевъ пласта въ пространствѣ, ограниченномъ плоскостями, проведенными черезъ обѣ линіи скрещиванія перпендикулярно къ плоскости пласта, т. е. въ проекціи на плоскость пласта; этого рода перекрытія мы будемъ называть **перпендикулярными**. Очевидно, что перпендикулярное перекрытіе есть ничто иное, какъ проекція вышеупомянутой наклонной величины смѣщенія на линію паденія пласта.

9. Наконецъ, въ нѣкоторыхъ видахъ (№№ 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 и 22) имѣетъ мѣсто перекрытіе крыльевъ пласта въ пространствѣ, ограниченномъ горизонтальными плоскостями, проведенными черезъ обѣ линіи скрещиванія; этого рода перекрытія мы будемъ называть **горизонтальными**.

Что касается видовъ смѣщений №№ 1, 2, 4, 5, 6, 7, 20 и 21, то они не имѣютъ ни одного изъ видовъ перекрытій.

Величину всѣхъ трехъ родовъ перекрытій мы будемъ считать по паденію пласта отъ одной до другой ограничивающей каждое перекрытіе плоскости.

Подъ именемъ *треугольника сброса* (или *пересброса*) разумѣютъ обыкновенно прямоугольный треугольникъ АВМ (см. напр. 5-й видъ), гипотенузой котораго служитъ наклонная высота, а катетами—отвѣсная высота и подошва смѣщенія; но въ виду того, что такой треугольникъ только въ незначительной степени характеризуетъ данный видъ смѣщенія, ибо въ него не входятъ элементы залеганія пласта, мы предлагаемъ брать вмѣсто него—**характеризующій треугольникъ**, который получается въ профили каждаго продольнаго смѣщенія и въ которомъ:

1. одна сторона есть наклонная величина смѣщенія,
2. другая сторона есть горизонтальная величина смѣщенія,
3. третья сторона есть часть крыла пласта (или его продолженія) отъ мѣста скрещиванія до встрѣчи съ линіей горизонтальной величины смѣщенія,

4. одинъ уголъ есть уголъ паденія смѣстителя или его дополненіе до 180° ,

5. другой уголъ есть уголъ паденія пласта, или его дополненіе до 180° .

Введемъ обозначенія: пусть—

s—наклонная величина смѣщенія,

p—перпендикулярная величина смѣщенія,

г—отвѣсная величина смѣщенія,
 u—горизонтальная величина смѣщенія,
 h—отвѣсная высота смѣщенія,
 n—подошва смѣщенія,
 t—отвѣсное перекрытіе,
 q—перпендикулярное перекрытіе,
 w—горизонтальное „

Тогда характеризующій треугольникъ который на прилагаемыхъ чертежахъ мы обозначаемъ буквами АВК, имѣтъ:

1. одну сторону $AB=s$,
2. другую сторону $BK=u$,
3. одинъ уголъ $=\delta$, или $180-\delta$,
4. другой уголъ $=\delta_1$, или $180-\delta_1$,

за исключеніемъ видовъ №№ 1, 3, 4 и 12, гдѣ характеризующій треугольникъ АВК образованъ при помощи отвѣса, и видовъ №№ 2 и 20, не могущихъ имѣть характеризующаго треугольника.

§ 8.

Зависимость между элементами продольныхъ смѣщеній. Длины развѣдочныхъ выработокъ.

При встрѣчѣ продольнаго смѣщенія пластовой залежи, смѣщенное крыло ея возможно разыскивать вообще только по четыремъ направленіямъ:

1. *горизонтальной выработкой (квершлагжной),*
2. *отвѣсной выработкой,*
3. *выработкой перпендикулярной къ пласту,*
4. *выработкой по плоскости смѣстителя,—вкрестъ его простиранія.*

Всякое иное направленіе развѣдочной выработки было бы не рациональнымъ, такъ какъ только безцѣльно увеличилась-бы длина ея.

Выборъ наивыгоднѣйшаго изъ 4 вышеприведенныхъ направленій развѣдочной выработки въ каждомъ частномъ случаѣ смѣщенія становится очевиднымъ изъ чертежа.

Назвавъ черезъ s величину смѣщенія, т. е. его наклонную высоту, не трудно изъ характеризующаго треугольника для каждаго отдѣльнаго вида найти въ функціи s всѣ остальные элементы смѣщенія, что мы и приводимъ въ нижеслѣдующей таблицѣ:

Виды смѣщеній	П е р е к р ы т і я.			Длины развѣдочныхъ выработокъ			
	Горизон- тальное w	Отвѣсное t	Перпенди- кулярное q	Наклонной, по паденію смѣстителя s	Горизон- тальной u	Отвѣсной r	Перпенди- кулярной p
1	—	—	—	s	s	—	—
2	—	—	—	s	s	—	s
3	—	$\frac{s}{cs\delta}$	s.cs δ	s	s	s.tg δ	s.sn δ
4	—	—	—	s	—	—	—
5	—	—	—	s	—	—	—
6	—	—	—	s	—	—	—
7	—	—	—	s	—	—	—
8	—	$s. \frac{cs\delta_1}{cs\delta}$	—	s	—	$s. \frac{sn(\delta+\delta_1)}{cs\delta}$	—
9	—	s.ctg δ_1 = s.tg δ	—	s	—	$\frac{s}{cs\delta} = \frac{s}{sn\delta_1}$	s
10	—	s.ctg δ_1 = s.tg δ	—	s	—	$\frac{s}{cs\delta} = \frac{s}{sn\delta_1}$	s
11	—	$s. \frac{cs\delta_1}{cs\delta}$	s.cs($\delta+\delta_1$)	s	—	$s. \frac{sn(\delta+\delta_1)}{cs\delta}$	s.sn($\delta+\delta_1$)
12	—	s.cs δ_1	s.cs δ_1	s	—	s.sn δ_1	s.sn δ_1
13	$s. \frac{sn\delta_1}{sn\delta}$	$s. \frac{cs\delta_1}{cs\delta}$	s.cs($\delta_1-\delta$)	s	$s. \frac{sn(\delta_1-\delta)}{sn\delta}$	$s. \frac{sn(\delta_1-\delta)}{cs\delta}$	s.sn($\delta_1-\delta$)
14	$s. \frac{sn\delta_1}{sn\delta}$	$s. \frac{cs\delta_1}{cs\delta}$	s.cs($\delta_1-\delta$)	s	$s. \frac{sn(\delta-\delta_1)}{sn\delta}$	$s. \frac{sn(\delta-\delta_1)}{cs\delta}$	s.sn($\delta-\delta_1$)
15	s.sn δ_1	—	s.sn δ_1	s	s.cs δ_1	—	s.cs δ_1
16	$s. \frac{sn\delta_1}{sn\delta}$	—	s.cs($\delta+\delta_1$)	s	$s. \frac{sn(\delta+\delta_1)}{sn\delta}$	—	s.sn($\delta+\delta_1$)
17	s.tg δ_1 = s.ctg δ	—	—	s	$\frac{s}{sn\delta} = \frac{s}{cs\delta_1}$	—	s
18	s.tg δ_1 = s.ctg δ	—	—	s	$\frac{s}{sn\delta} = \frac{s}{cs\delta_1}$	—	s
19	$s. \frac{sn\delta_1}{sn\delta}$	—	—	s	$s. \frac{sn(\delta+\delta_1)}{sn\delta}$	—	—
20	—	—	—	s	—	s	s
21	—	—	—	s	—	s	—
22	$\frac{s}{sn\delta} = \frac{s}{cs\delta_1}$	—	s.sn δ	s	s.ctg δ	s	s.cs δ

Къ сему остается добавить, что вообще:

Отвѣсная высота сброса или пересброса

$$h = s.sn\delta_1$$

а подошва его:

$$n = s.cs\delta_1$$

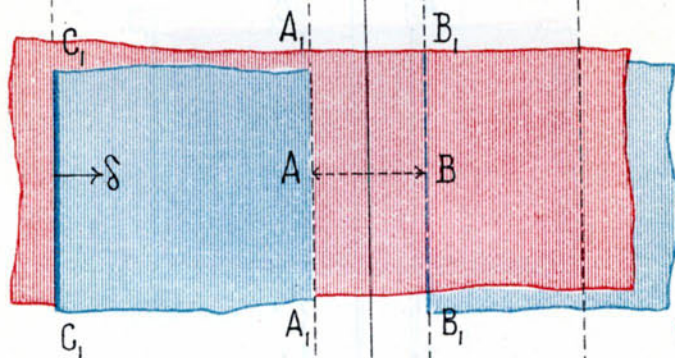
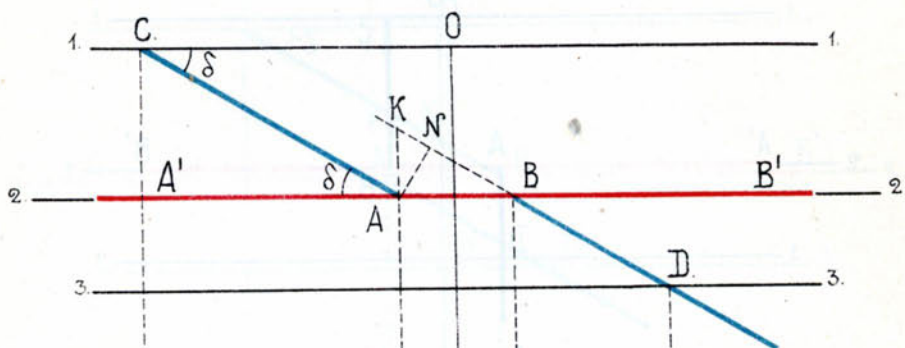
Отсюда слѣдуетъ, что для каждаго изъ вышеприведенныхъ видовъ продольныхъ смѣщеній относительныя длины развѣдочныхъ выработокъ суть:

Виды	Относительныя длины развѣдочныхъ выработокъ	Виды	Относительныя длины развѣдочныхъ выработокъ	
1	$u=s$	14	$p<s; p<r; p<u$ $u<s$ (всегда)	
2	$u=p=s$		$r<s$ при $\delta<\frac{90+\delta_1}{2}$	
3	$p<r<(u=s)$ при $\delta<45^\circ$ $p<r>(u=s)$ при $\delta>45^\circ$ $p<(r=u=s)$ при $\delta=45^\circ$		$r=s$ при $\delta=\frac{90+\delta_1}{2}$	
	4		s	$r>s$ при $\delta>\frac{90+\delta_1}{2}$
	5		s	$u<r$ при $\delta>45^\circ$ $u=r$ при $\delta=45^\circ$ $u>r$ при $\delta<45^\circ$
6	s		15	$u=p<s$
7	s			16
8	$r<s$ при $\delta<\frac{90-\delta_1}{2}$ $r=s$ при $\delta=\frac{90-\delta_1}{2}$ $r>s$ при $\delta>\frac{90-\delta_1}{2}$	17	$p=s<u$ $u>s$ (всегда)	
	9		$s=p<r$	
	10	$s=p<r$	19	$u>s$ при $\delta<\frac{90-\delta_1}{2}$ $u=s$ при $\delta=\frac{90-\delta_1}{2}$ $u<s$ при $\delta>\frac{90-\delta_1}{2}$
11	$p<s$ и $p<r$ $r<s$ при $\delta<\frac{90-\delta_1}{2}$ $r=s$ при $\delta=\frac{90-\delta_1}{2}$ $r=s$ при $\delta>\frac{90-\delta_1}{2}$	20		$s=p=r$
	12	$p=r<s$		21
		13	$p<s, p<r, p<u$ $r<s$ (всегда) $u<s$ при $\delta>\frac{\delta_1}{2}$ $u=s$ при $\delta=\frac{\delta_1}{2}$ $u>s$ при $\delta<\frac{\delta_1}{2}$ $u<r$ при $\delta>45^\circ$ $u=r$ при $\delta=45^\circ$ $u>r$ при $\delta<45^\circ$	22

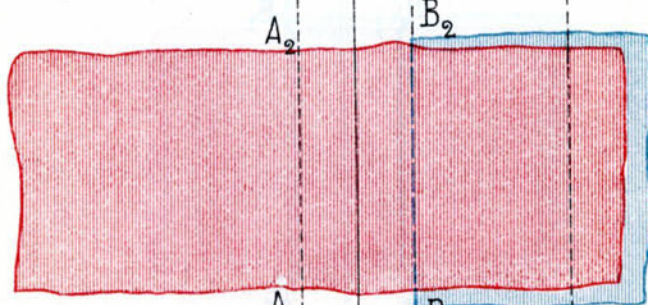
СМѢЩЕНІЯ ПЛАСТОВЪ.

А. Продольныя смѣщенія.

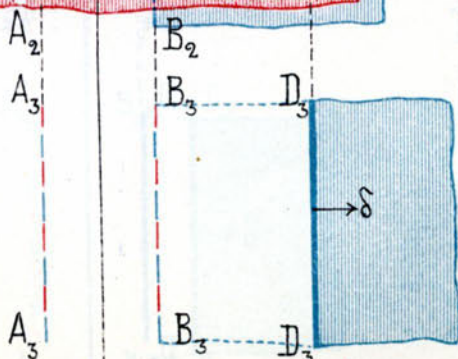
1-й видъ



Планъ въ горизонтѣ 1—1.



Планъ въ горизонтѣ 2—2.



Планъ въ горизонтѣ 3—3.

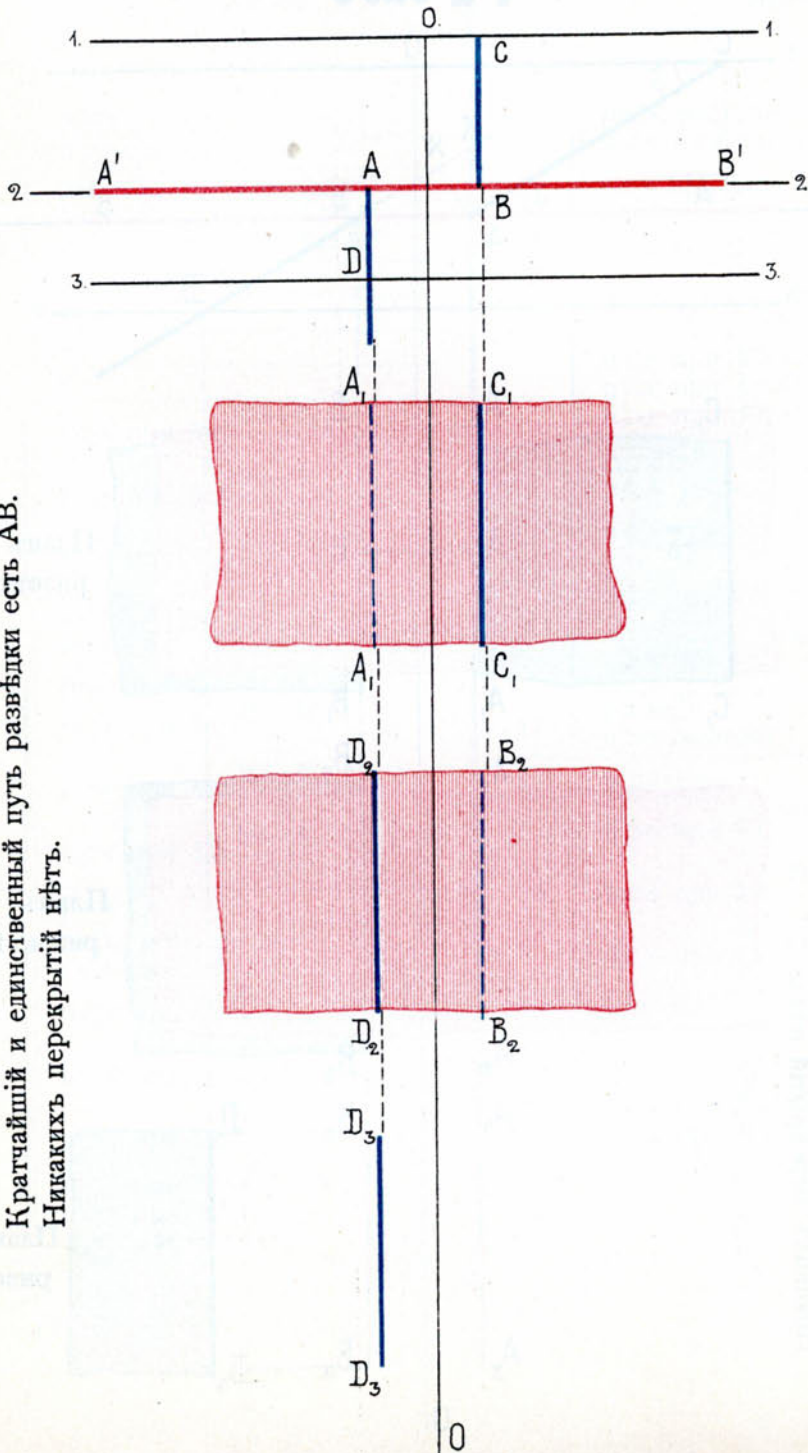
$$\delta_1=0; \delta>0$$

Сдвигъ наклоннаго пласта.
Кратчайшій и единственный
раціональный путь развѣдки—горизон-
тальный АВ.
Никакихъ перекрѣпѣй нѣтъ.

2-й видъ

$$\delta_1=0; \delta=90^\circ$$

Сдвигъ (пересдвигъ) вертикальнаго пласта.

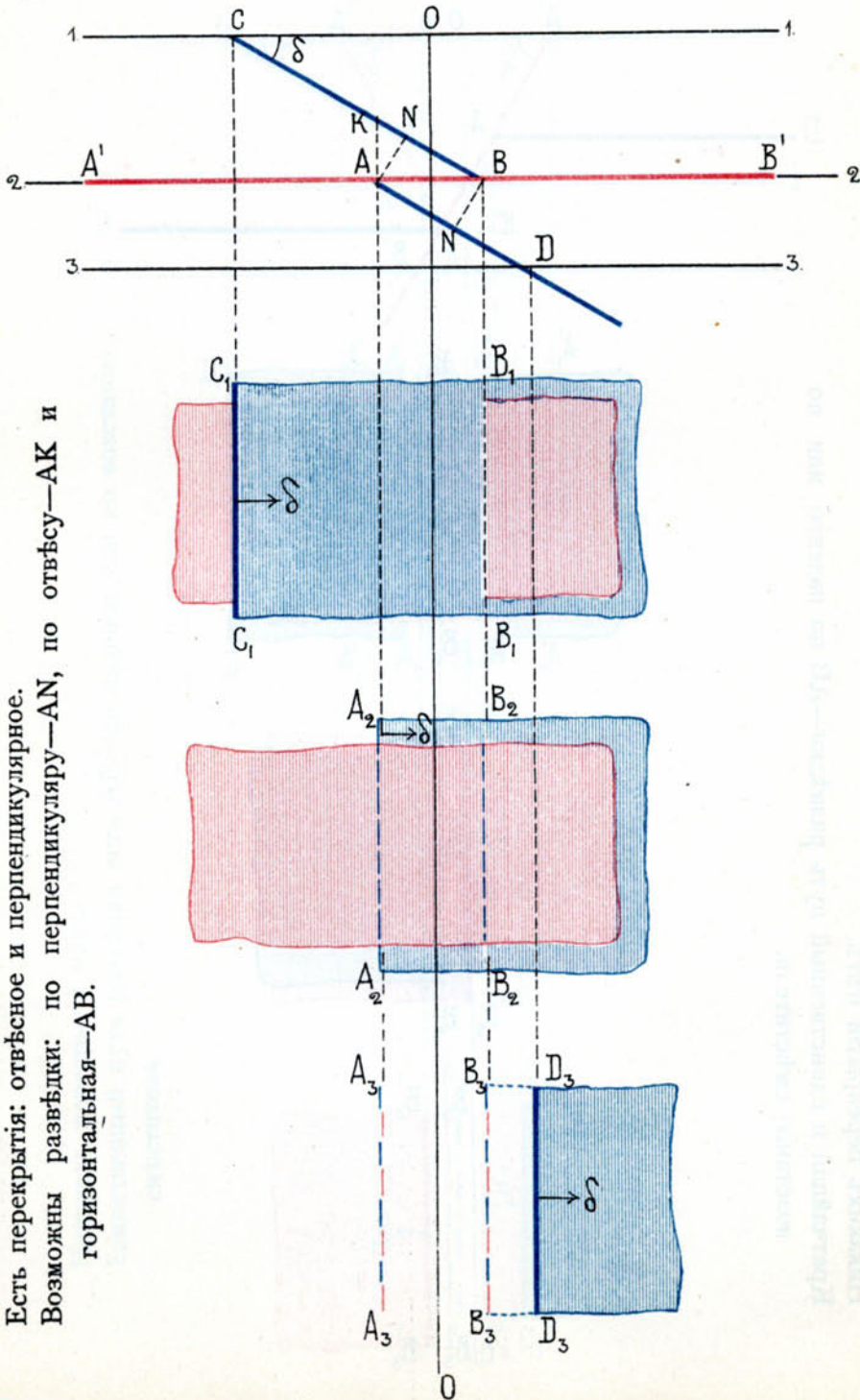


Кратчайшій и единственный путь развѣдки есть АВ.
Никакихъ перекрѣтій нѣтъ.

3-й видъ

$$\delta_1=0; \delta>0$$

Пересдвигъ наклоннаго пласта.



Кратчайшй путь развѣдки—перпендикулярно къ пласту.

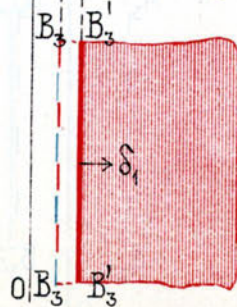
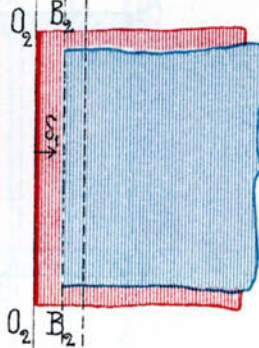
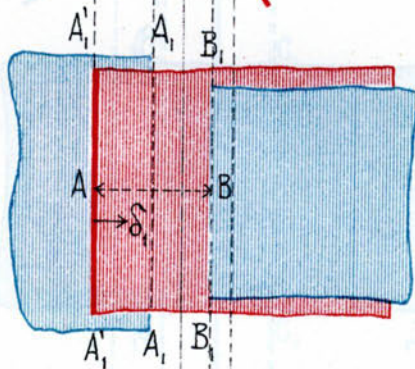
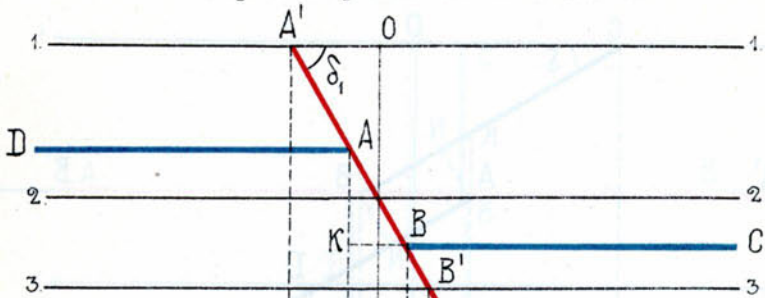
Есть перекрытiя: отвѣсное и перпендикулярное.

Возможны развѣдки: по перпендикулярѣ—AN, по отвѣсу—AK и горизонтальная—AB.

4-й видъ

$$\delta_1 > 0; \delta = 0$$

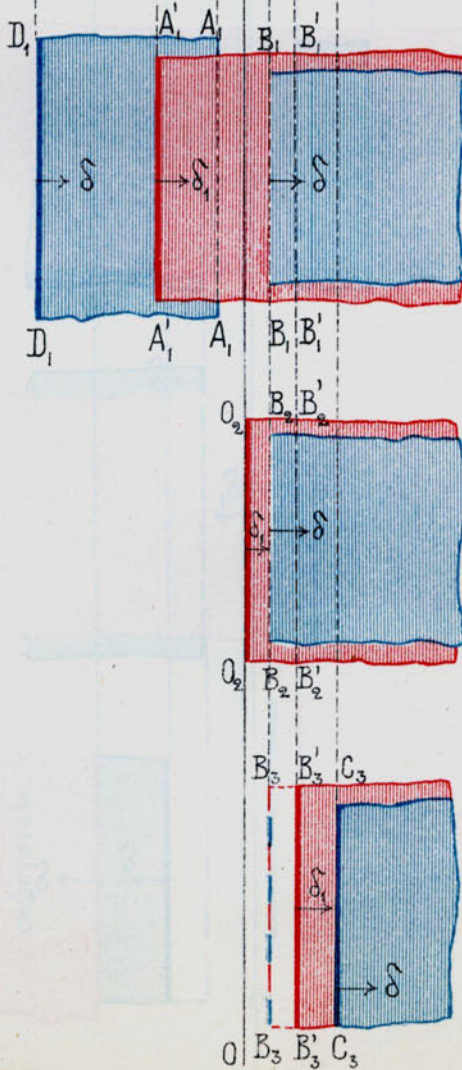
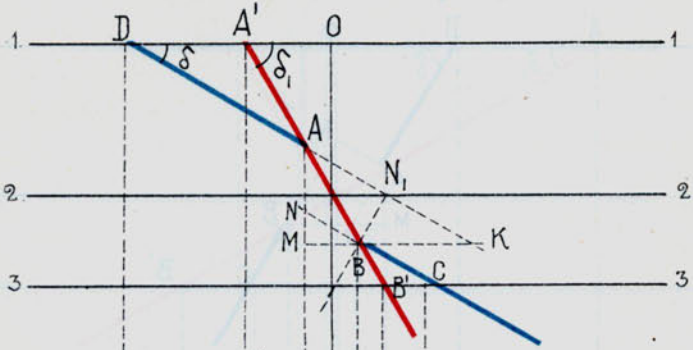
Сбросъ горизонтальнаго пласта.



Никакихъ перекрытій нѣтъ.
Кратчайшій и единственный путь развѣдки—АВ по паденію или по
возстанію смѣстителя.

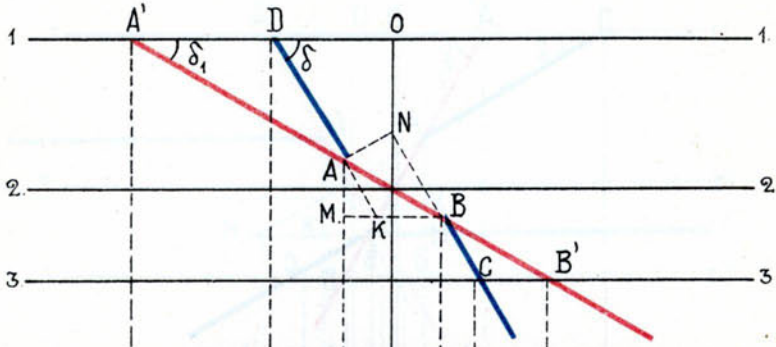
5-й будъ

$\delta_1 > 0$; $\delta > 0$. Падение согласное.
Сбрось наклонного пласта.

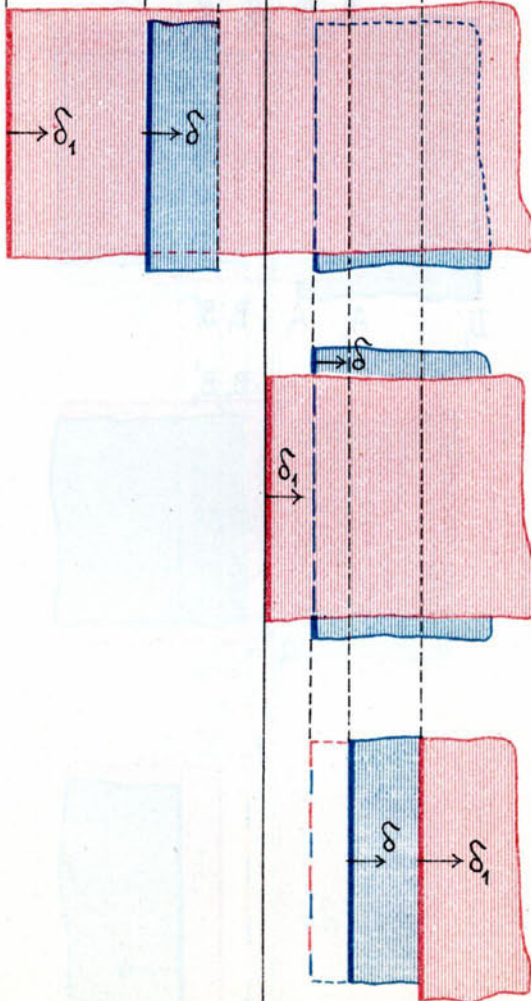


6-й видъ

$\delta_1 < \delta$. Падение согласное.
Пересбросъ наклоннаго пласта.



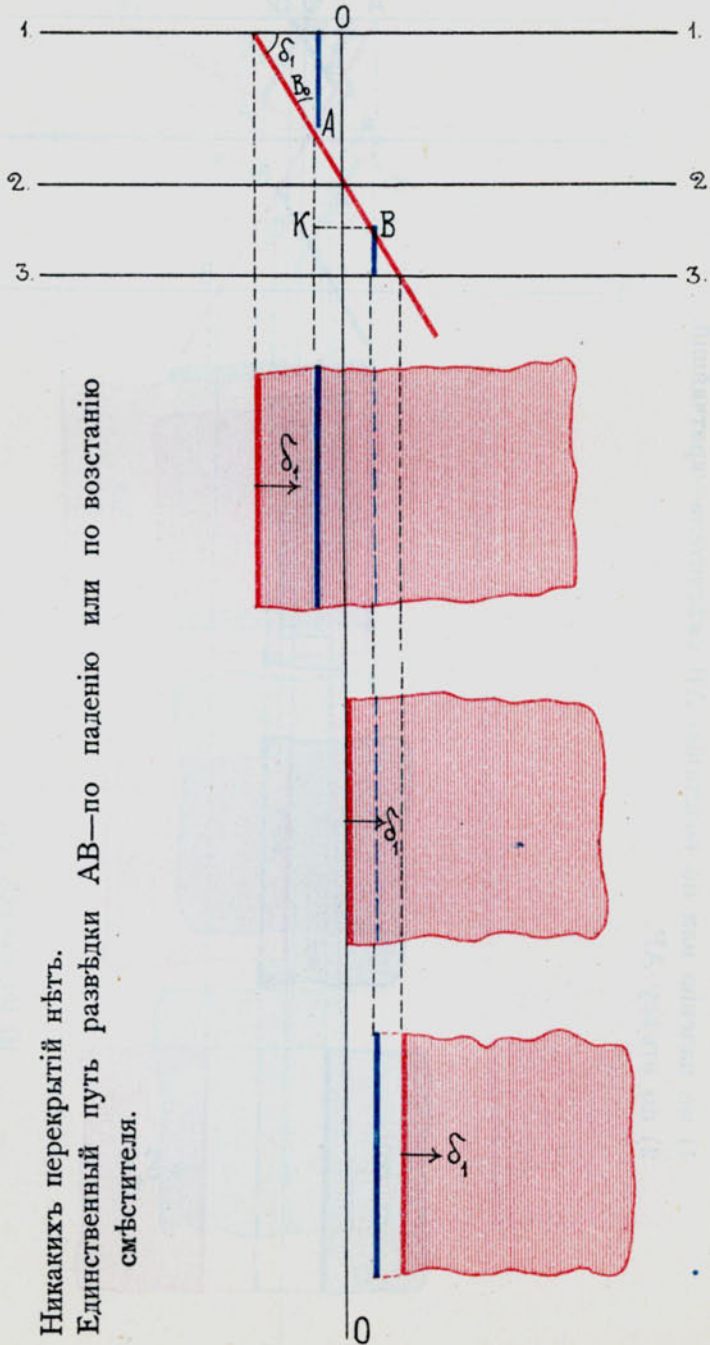
Никакихъ перекрытій нѣтъ.
Единственный путь развѣдки АВ—по паденію или по возстанію смѣстителя.



7-й видъ

$$\delta_1 > 0; \delta = 90^\circ$$

Пересбросъ вертикальнаго пласта.

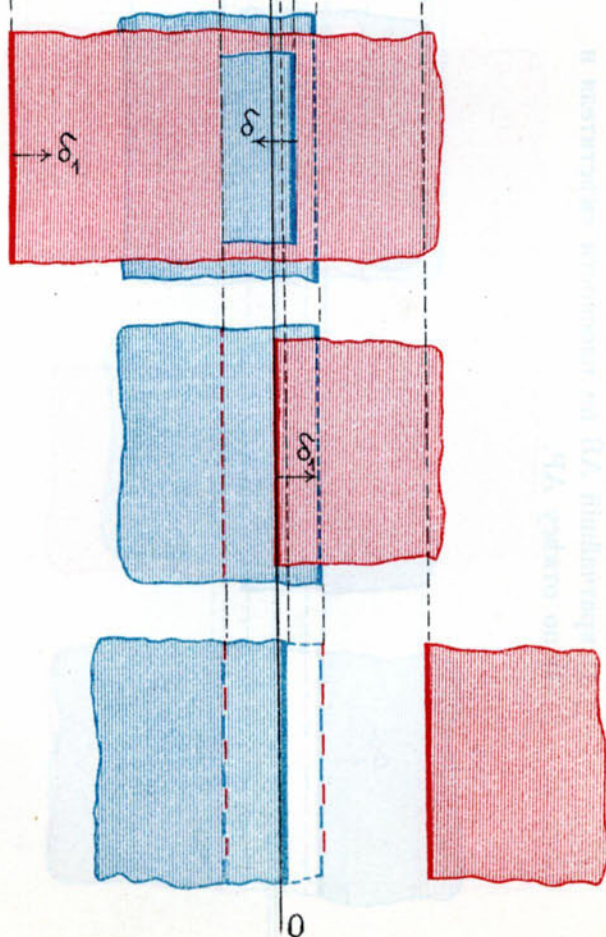
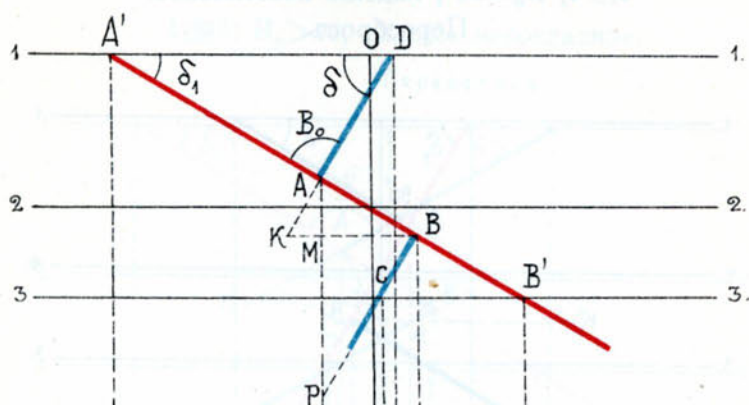


Никакихъ перекрытій нѣтъ.
Единственный путь развѣдки АВ—по паденію или по возстанію смѣстителя.

9-й видъ

$\delta_1 < \delta$; $B_o = 90^\circ$; падение несогласное.

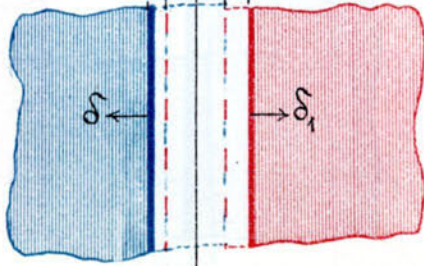
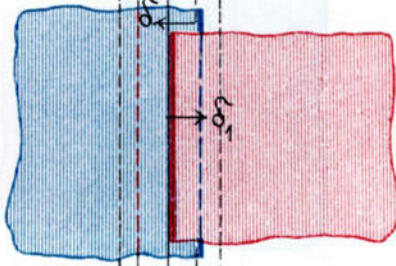
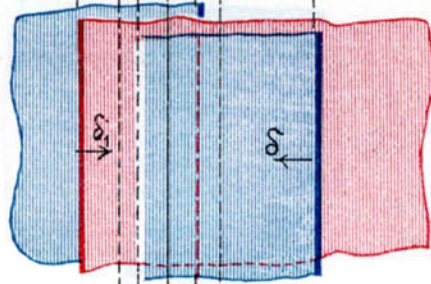
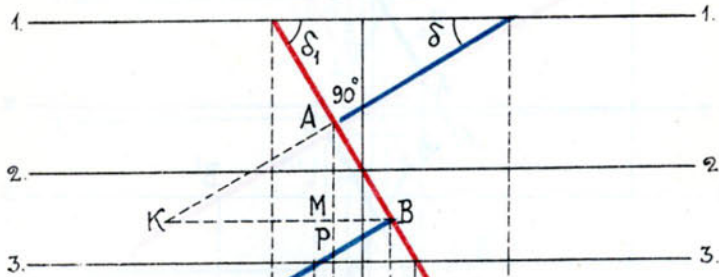
Пересбросъ.



Есть отвѣсное перекрытіе
Возможные пути развѣдокъ:
1) кратчайшій, по плоскости смѣстителя, АВ и
2) по отвѣсу АР.

10-й видъ

$\delta_1 > \delta$; $B_0 = 90^\circ$; падение несогласное.
Пересбросъ.



Есть отвѣсное перекрытіе.

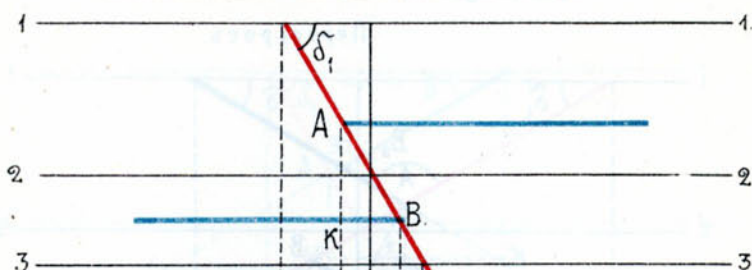
Возможные пути развѣдокъ:

- 1) кратчайшій АВ по плоскости смѣстителя и
- 2) по отвѣсу АР.

12-й видъ

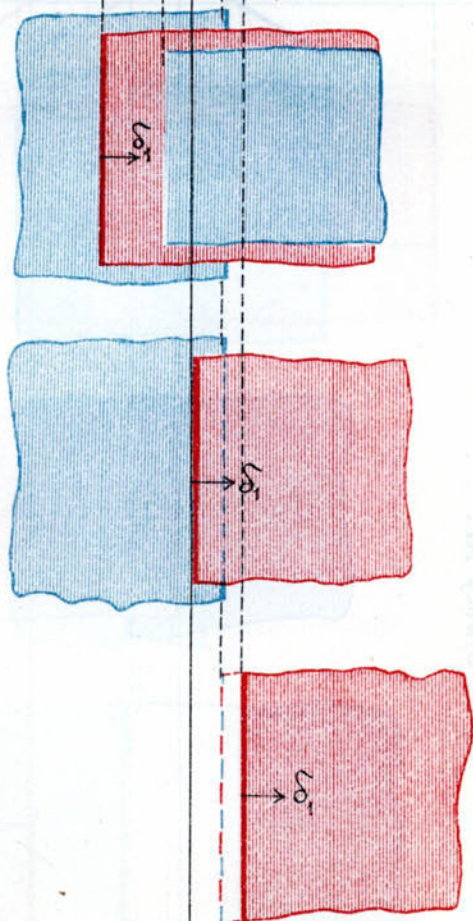
$$\delta_1 > 0; \delta = 0$$

Пересбросъ горизонтального пласта.



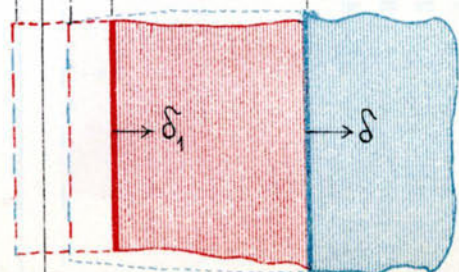
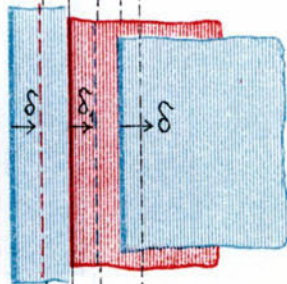
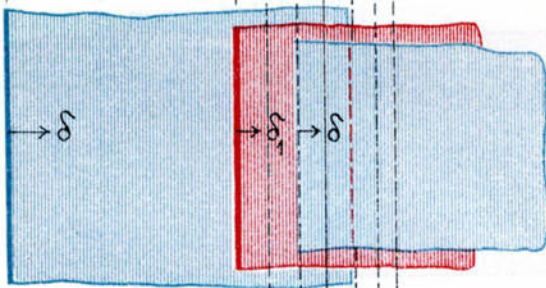
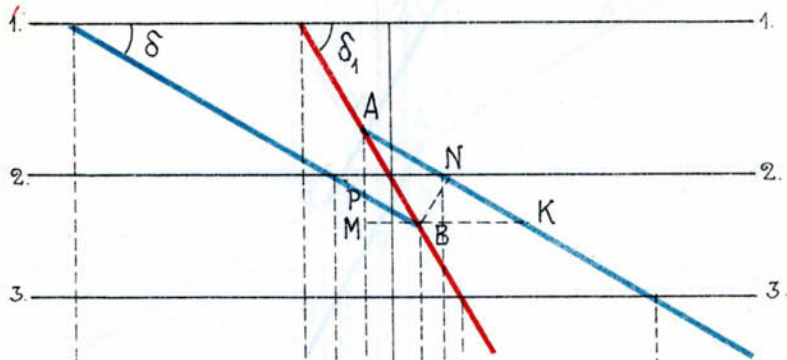
Есть перекрытіе отгвѣсное (оно-же перпендикулярное).
Возможные пути развѣдокъ:

- 1) кратчайшій—по отгвѣсу (по перпендикуляру) АК,
- 2) по плоскости смѣстителя АВ.



13-й видъ

$\delta_1 > \delta$; падение согласное.
Пересбросъ

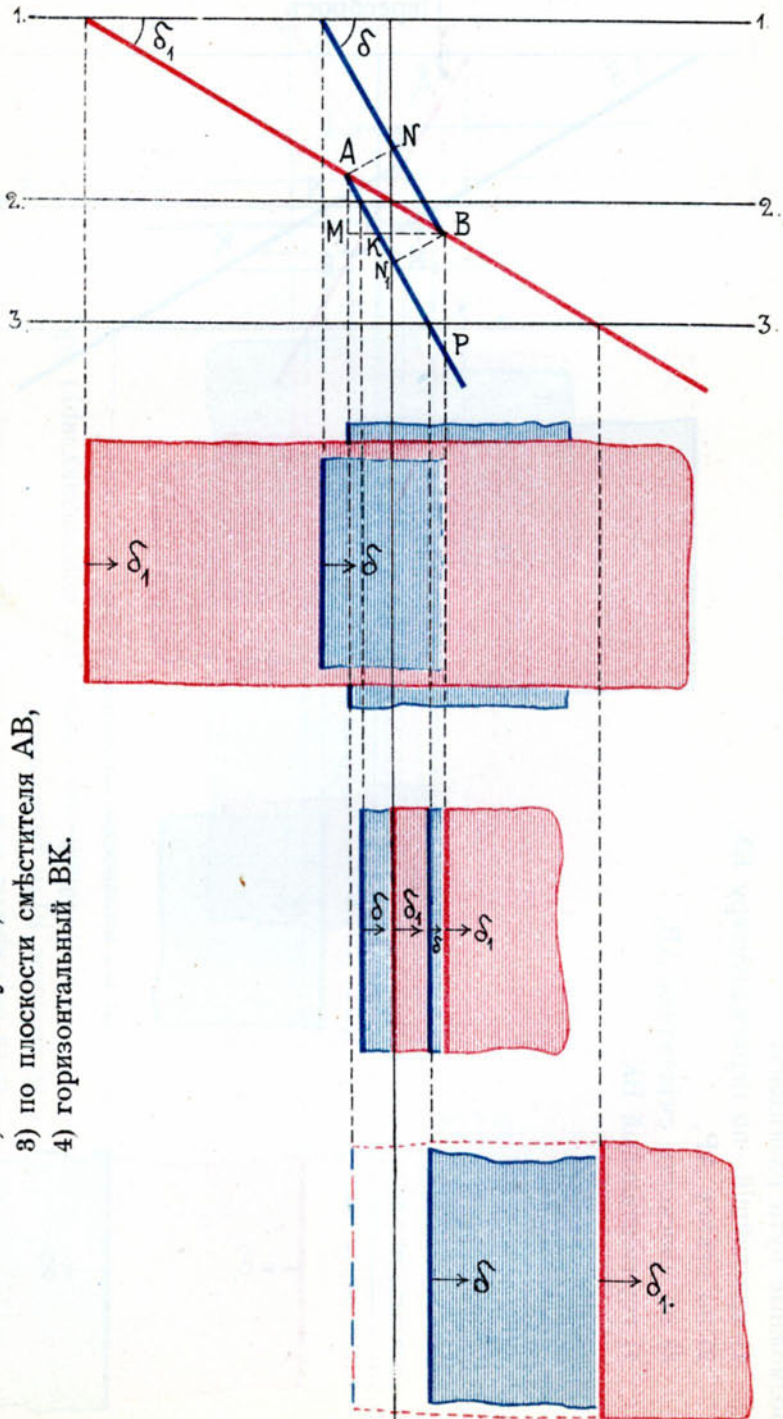


Есть всѣ три перекрытия: перпендикулярное, отвѣсное и горизонтальное.
Возможные пути развѣдокъ:

- 1) кратчайшій—по перпендикуляру BN,
- 2) по отвѣсу AP,
- 3) по плоскости смѣстителя AB,
- 4) горизонтальный BK.

14-й видъ

$\delta_1 < \delta$; падение согласное.
Сбросъ.



Есть всѣ три перекрытія: перпендикулярное, отвѣсное и горизонтальное.

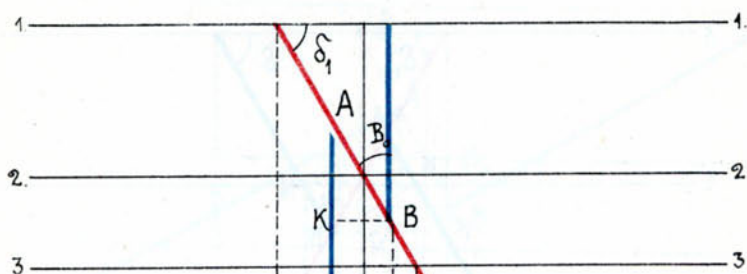
Возможные пути развѣдки:

- 1) кратчайшій—по перпендикуляру BN_1 ,
- 2) по отвѣсу BP ,
- 3) по плоскости смѣстителя AB ,
- 4) горизонтальный BK .

15-й видъ

$\delta_1 > 0$; $\delta = 90^\circ$.

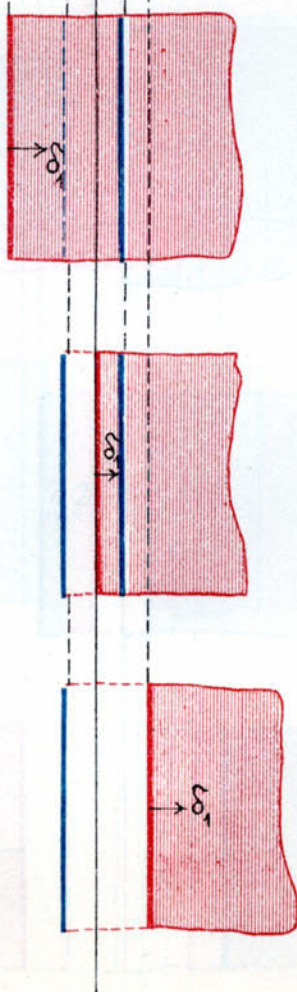
Сбросъ вертикальнаго пласта.



Есть перпендикулярное (оно-же горизонтальное) перекрытие.

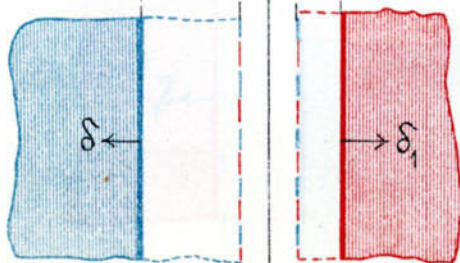
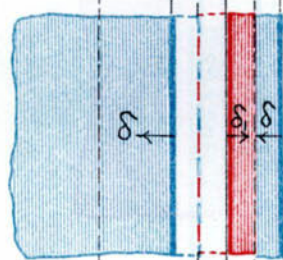
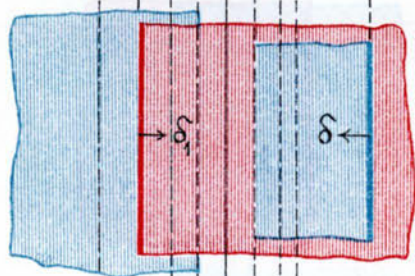
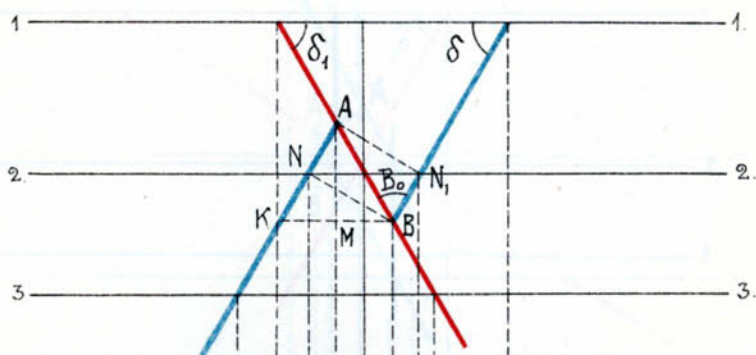
Возможные пути развѣдки:

- 1) кратчайшій—по перпендикуляру (горизонтальный) ВК,
- 2) по плоскости смѣстителя АВ.



16-й видъ

$\delta_1 \parallel \delta$; $B_0 < 90^\circ$; падение несогласное.
Сбросъ.



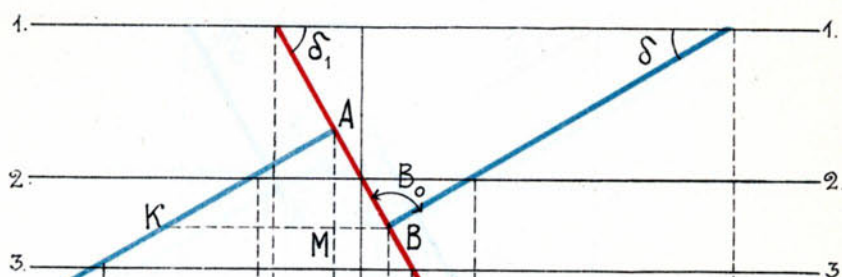
Есть перекрытия: перпендикулярное AN и горизонтальное AK.

Возможные пути развѣдки:

- 1) кратчайшій—по перпендикуляру BN,
- 2) по плоскости смѣстителя AB,
- 3) горизонтальный BK.

17-й видъ

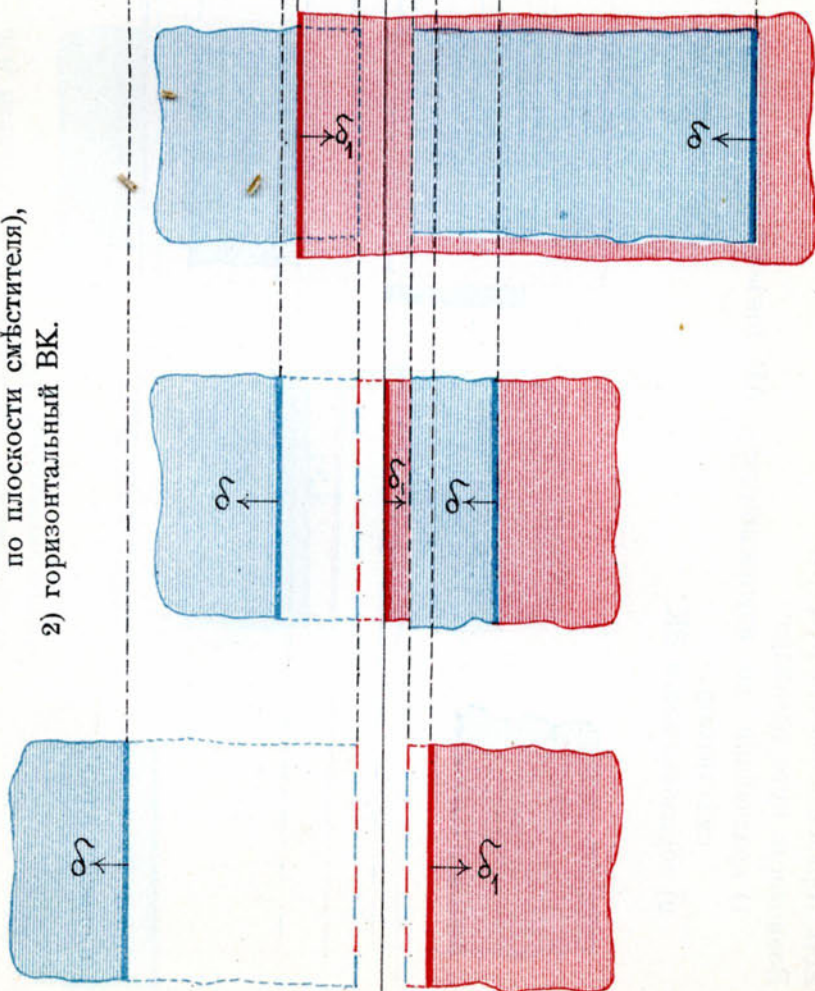
$\delta_1 > \delta$; $B_o = 90^\circ$; падение несогласное.
Сбросъ.



Есть горизонтальное перекрытие АК.

Возможные пути развѣдки:

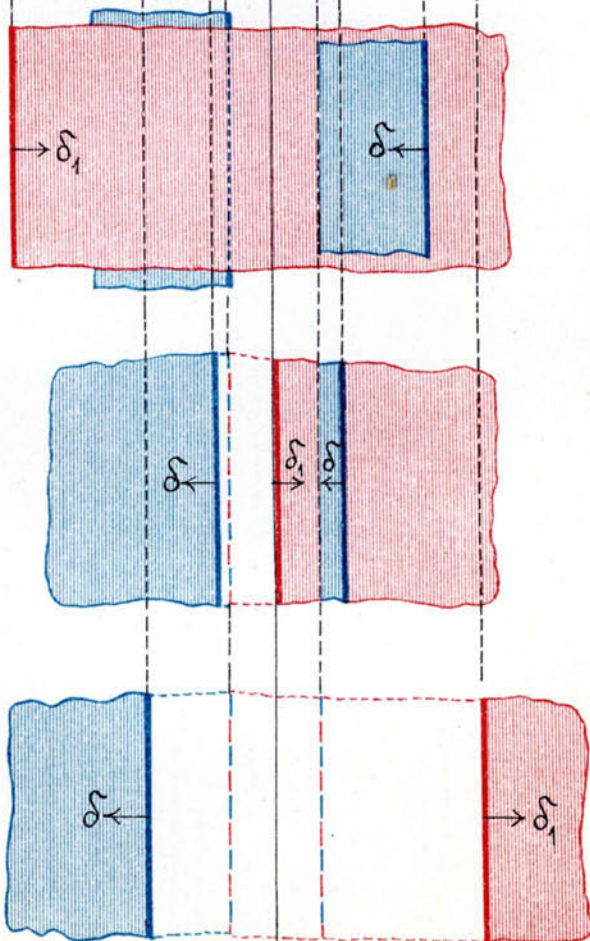
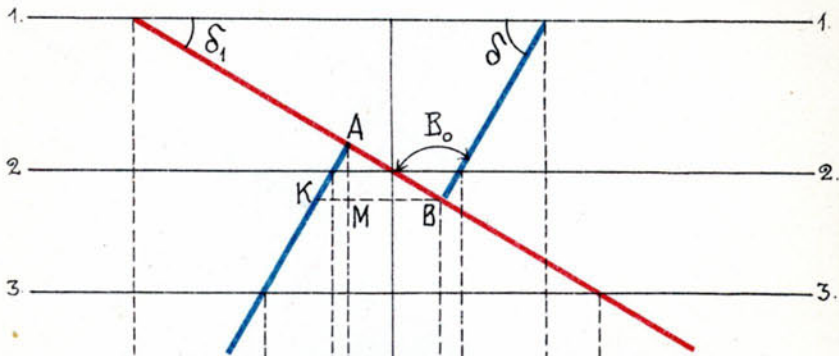
- 1) кратчайшій по перпендикуляру АВ (онъ-же по плоскости смѣстителя),
- 2) горизонтальный ВК.



18-й видъ

$\delta_1 < \delta$; $B_0 = 90^\circ$; падение несогласное.

Сбросъ.



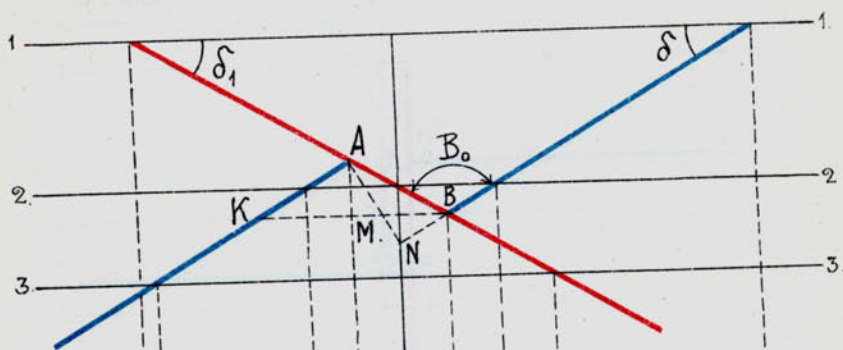
Есть горизонтальное перекрытие АК.

Возможные пути развѣдки:

- 1) крайний—по перпендикуляру АВ (онъ-же по плоскости смѣстителя),
- 2) горизонтальный ВК.

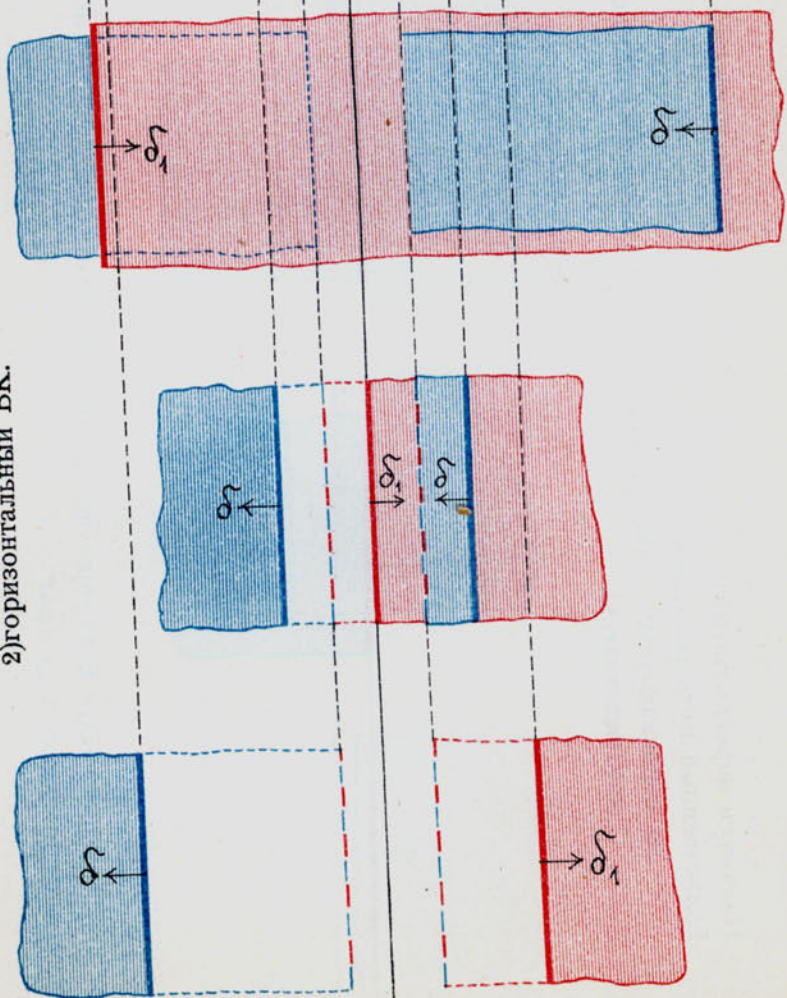
19-й видъ

$\delta_1 \equiv \delta$; $B_o > 90^\circ$; падение несогласное.
Сбросъ.



Есть горизонтальное перекрытие АК.
Возможные пути развѣдки:
1) кратчайшій—по плоскости смѣстителя АВ,

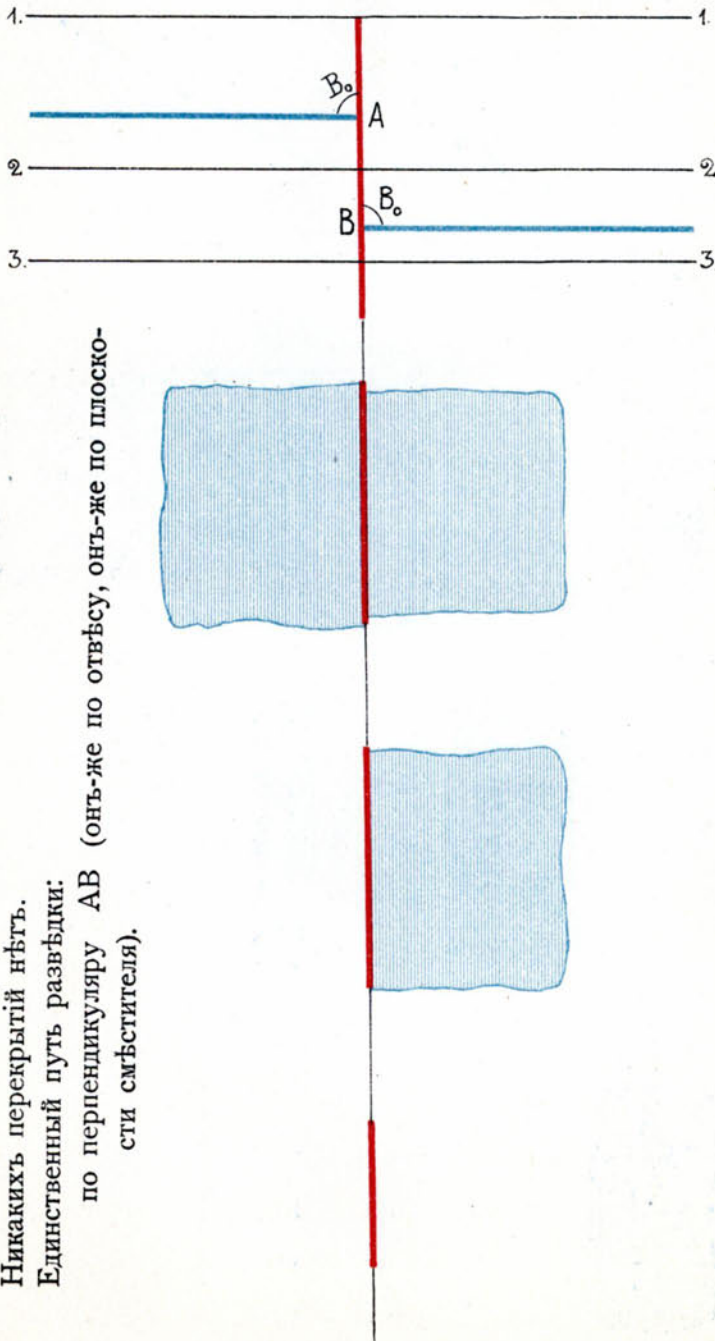
2) горизонтальный ВК.



20-й видъ

$$\delta_1 = 90^\circ; \delta = 0^\circ$$

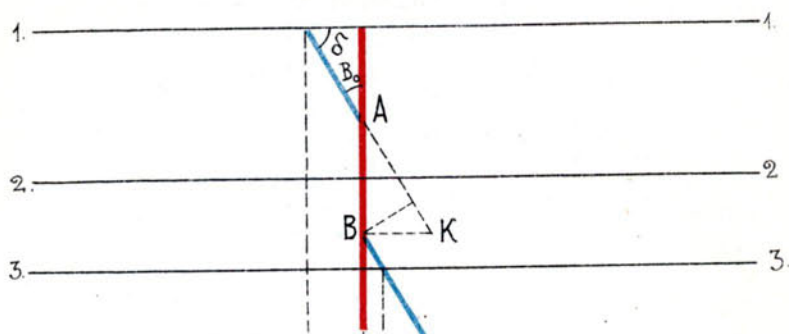
Сбросъ (пересбросъ) горизонтальнаго пласта.



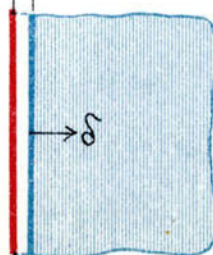
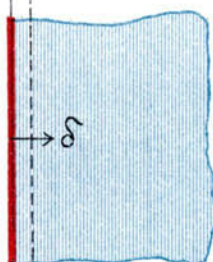
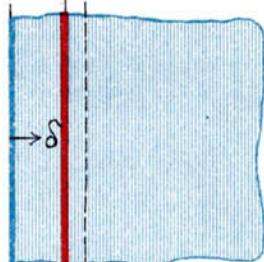
21-й видъ

$$\delta_1 = 90^\circ; \delta > 0.$$

Вертикальный сброс (пересбросъ) наклоннаго пласта



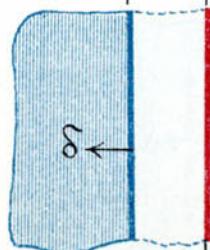
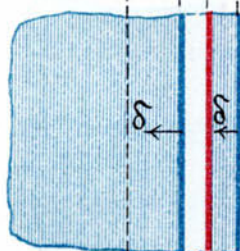
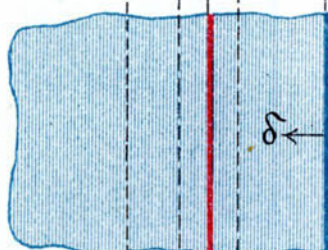
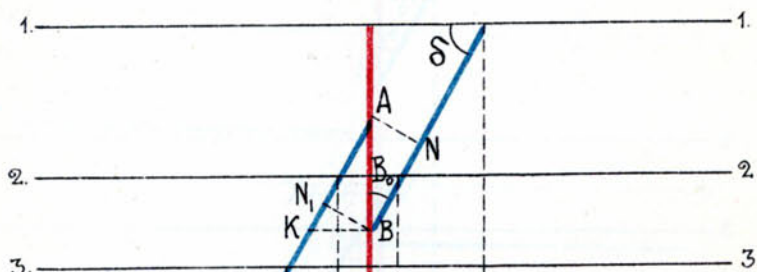
Никакихъ перекрытій нѣтъ.
Единственный путь развѣдки—по плоскости смѣстителя (онъ-же по отвѣсу).



22-й видъ

$$\delta_1 = 90^\circ; \delta > 0.$$

Вертикальный пересбросъ (=сбросъ).



Есть перекрытія: по перпендикуляру AN_1 и горизонтальное AK .

Возможные пути развѣдки:

- 1) кратчайшій—по перпендикуляру AN ,
- 2) горизонтальный BK ,
- 3) по плоскости смѣстителя AB (онъ-же отвѣсный).

В. Косоугольные и прямоугольные смѣщенія.

§ 9.

1-й способъ полученія косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній (изъ соотвѣствующихъ видовъ скрещиваній).

Въ каждомъ изъ приведенныхъ въ 6-й главѣ видовъ косоугольныхъ и прямоугольныхъ скрещиваній мы можемъ предположить, что одно крыло пласта, напримѣръ—висячее, перемѣщается параллельно самому себѣ по одному изъ слѣдующихъ направлений:

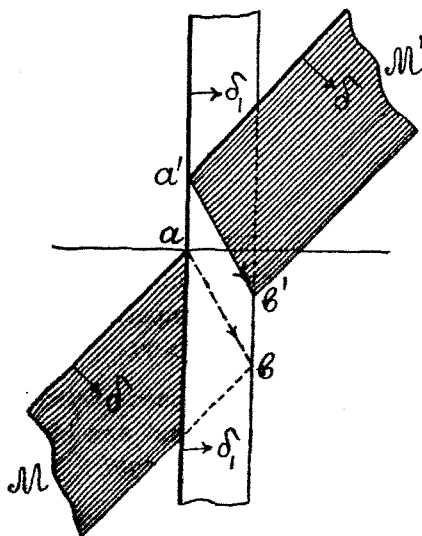
а. *Въ горизонтальной плоскости:*

1. По простиранию смѣстителя } (*сдвиги и*)
2. Противъ его простирания *) } (*пересдвиги*)

б. *Въ вертикальной плоскости вкрестъ простирания смѣстителя:*

3. По паденію смѣстителя (*сбросы*)
4. По его возстанію (*пересбросы*)

и всякое иное направленіе (діагональное) сводится къ этимъ. Возьмемъ какой-нибудь видъ скрещиванія, напр. **13-й** (стр. 157), т. е. косо-



Черт. 89.

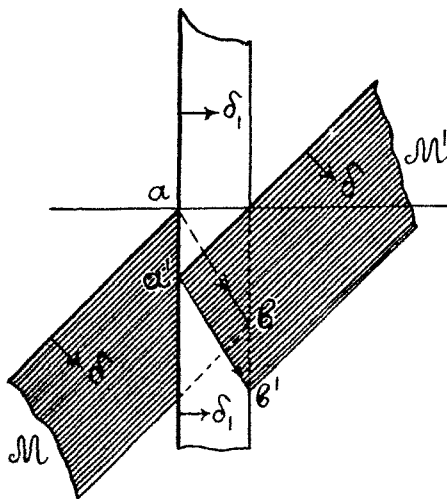
угольное скрещиваніе съ согласнымъ паденіемъ при $\delta < \delta_1$, и произведемъ въ немъ всѣ возможные перемѣщенія висячаго крыла пласта. Тогда

*) Направленіе „противъ простиранія“ есть то, глядя вдоль котораго, мы увидимъ паденіе плоскости влѣво, т. е. противъ часовой стрѣлки.

1. Перемѣстивъ висячее крыло abM' по *простиранію* красной плоскости на разстояніе $aa' = bb'$, мы получимъ видъ смѣщенія, изображенный на черт. 89, гдѣ $a'b'M'$ есть смѣщенное висячее крыло пласта.

2. Перемѣстивъ висячее крыло abM' *противъ простиранія* красной плоскости на горизонтальную длину $aa' = bb'$, мы получимъ видъ смѣщенія, изображенный на черт. 90.

Согласно опредѣленію, данному въ § 2 этой главы, оба эти смѣщенія должны быть отнесены къ категоріи сдвиговъ и пересдвиговъ, ибо они получены горизонтальнымъ перемѣщеніемъ крыла пласта; именно, черт. 89 представляетъ собою планъ *сдвига*, ибо



Черт. 90.

здѣсь направленіе перемѣщенія висячаго крыла отъ a къ a' и отъ b къ b' составляетъ тупой уголъ съ направлениемъ линіи скрещиванія ab или $a'b'$, т. е. уголъ смѣщенія $A_0 > 90^\circ$.

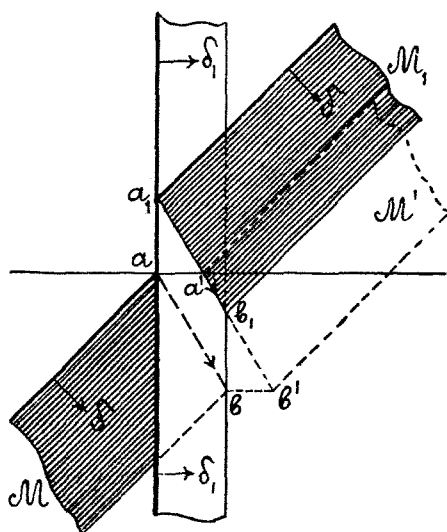
Чертежъ-же 90 представляетъ планъ *пересдвига*, ибо здѣсь направленіе смѣщенія висячаго крыла aa' или bb' составляетъ острый уголъ съ линіей скрещиванія, т. е. $A_0 < 90^\circ$.

3. Перемѣстивъ висячее крыло по *падению* красной плоскости на какую-нибудь длину, горизонтальная проекція которой есть $aa' = bb'$, мы получимъ видъ смѣщенія, изображенный на черт. 91, гдѣ $a'b'M'$ есть положеніе смѣщенного висячаго крыла пласта; но такъ какъ, во-первыхъ, обѣ плоскости (т. е. пласть и смѣститель) предполагаются съ неопредѣленнымъ протяженіемъ и, во-вторыхъ, эти плоскости мы условились изображать на планѣ при помощи разсѣченія ихъ

двумя горизонтальными плоскостями (см. стр. 119), то мы должны продолжить линію $a'b'$ и вмѣсто нея взять a_1b_1 , такъ что окончательно положеніе висячаго крыла будетъ здѣсь $a_1b_1M_1$.

Согласно опредѣленію § 2, это будетъ одинъ изъ видовъ *сбросовъ*, ибо здѣсь висячее крыло пласта перемѣщено относительно лежачаго внизъ по паденію смѣстителя.

4. Перемѣстивъ висячее крыло по *возстанію* красной плоскости на какую-нибудь длину, горизонтальная проекція которой есть $aa' = bb'$, мы получимъ видъ смѣщенія, изображенный на черт. 92, гдѣ $a'b'M'$ есть положеніе смѣщенного висячаго крыла пласта. Какъ и въ предыдущемъ случаѣ, за окончательное положеніе этого крыла на планѣ мы должны считать $a_1b_1M_1$, причемъ полученный видъ смѣщеній есть



Черт. 91.

пересбросъ, ибо здѣсь висячее крыло пласта перемѣщено вверхъ по возстанію смѣстителя относительно лежачаго бока.

Но не трудно убѣдиться, что *виды* смѣщеній, изображенные на черт. 89 и 91, а также на черт. 90 и 92, тождественны между собою.

Отсюда мы заключаемъ, что 1) *при всѣхъ возможныхъ передвиженіяхъ висячаго крыла пласта* (въ **13 видѣ** скрещиванія) мы получимъ только два различныхъ вида смѣщеній и 2) въ геометрическомъ отношеніи здѣсь нѣтъ различія между сдвигомъ и сбросомъ, а также между пересдвигомъ и пересбросомъ, иначе говоря, *перемѣщеніе висячаго крыла пласта въ рассматриваемомъ видѣ скрещиванія въ*

35, 36, 37 и 38 виды скрещиваний характеризуются отвѣснымъ паденіемъ смѣстителя и потому въ нихъ пропадаетъ различіе между висячимъ и лежачимъ крыльями пласта.

35 видъ при опусканіи или подниманіи одного крыла пласта, или при его перемѣщеніи вдоль плоскости смѣстителя даетъ два вида смѣщеній.

36 видъ при вертикальномъ или горизонтальномъ передвиженіи одного крыла даетъ только одинъ видъ смѣщенія.

37 видъ даетъ два вида смѣщенія только при горизонтальномъ передвиженіи крыла; при вертикальномъ-же нѣтъ.

38 видъ даетъ только одинъ видъ смѣщенія (при горизонтальномъ передвиженіи крыла).

Итакъ (въ геометрическомъ отношеніи):

1. Во всѣхъ тѣхъ косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеніяхъ, въ которыхъ ни δ , ни δ_1 не равны 90° , нѣтъ разницы между сбросами и сдвигами, какъ между пересбросами и пересдвигами.

2. При $A_0=90^\circ$, т. е. при $cs.A=\frac{tg\delta}{tg\delta_1}$ (см. стр. 130), возможны только сдвиги и пересдвиги.

3. При $\delta_1=90^\circ$ и $\delta=90^\circ$ возможны только сдвиги и пересдвиги.

Выше мы привели 22 разновидностей продольныхъ смѣщеній, полученныхъ изъ первыхъ 12 видовъ продольныхъ скрещиваній.

По предыдущему § виды скрещиваній №№ 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 и 37 даютъ каждый по два вида смѣщеній, т. е. всего:

$$23 \times 2 = 46 \text{ видовъ смѣщеній}$$

а виды скрещиваній №№ 26, 36 и 38 — по одному виду смѣщеній, т. е. 3 вида, итого получается

$$46 + 3 = 49 \text{ косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній.}$$

Именно (см. чертежи въ краскахъ №№ 23—71, на стр. 223—251):

Изъ вида скрещива- нiя №	Получены по 1-му способу виды смѣшенiй №№	
13	23—сбросъ 48—пересбросъ	Тупоугольные съ согласнымъ паденiемъ при $\delta < \delta_1$.
14	24—сбросъ 25—пересбросъ	Прямоугольные при $\delta < \delta_1$.
15	49—сбросъ 26—пересбросъ	Остроугольное съ несогласнымъ паде- нiемъ при $\delta < \delta_1$.
16	50—сбросъ 27—пересбросъ	Остроугольные съ несогл. паденiемъ при $\delta < \delta_1$.
17	29—сбросъ 28—пересбросъ	Прямоугольные при $\delta < \delta_1$.
18	30—сбросъ 51—пересбросъ	Тупоугольные съ согласн. паденiемъ при $\delta < \delta_1$.
19	52—сбросъ 31—пересбросъ	Тупоугольные съ согласн. паденiемъ при $\delta > \delta_1$.
20	32—сбросъ 33—пересбросъ	Прямоугольные при $\delta > \delta_1$.
21	53—сбросъ 34—пересбросъ	Остроугольные съ несогласн. паденiемъ при $\delta > \delta_1$.
22	54—сбросъ 35—пересбросъ	Остроугольные съ несогл. паденiемъ при $\delta > \delta_1$.
23	37—сбросъ 36—пересбросъ	Прямоугольные при $\delta > \delta_1$.
24	55—сбросъ 38—пересбросъ	Тупоугольные съ согласн. паденiемъ при $\delta > \delta_1$.
25	56 и 56'—сбросъ 39 и 39'—пересбросъ	Косоугольные при $\delta = 90^\circ$.
26	57 и 57'—сдвиги	При $\delta = 90^\circ$ и $A = 90^\circ$.
27	58—сбросъ 40—пересбросъ	Остроугольные съ несогл. паденiемъ.
28	42—сбросъ 41—пересбросъ	Прямоугольные при $\delta = \delta_1$.
29	43—сбросъ 59—пересбросъ	Тупоугольные съ согласн. паденiемъ при $\delta = \delta_1$.

Изм. вида скрепления №	Получены по 1-му способу виды смѣщений №№	
30	44—сбросъ 60—пересбросъ	Тупоугольные съ согласн. паденіемъ при $\delta=\delta_1$.
31	45—сбросъ 46—пересбросъ	Прямоугольные при $\delta=\delta_1$.
32	61—сбросъ 47—пересбросъ	Остроугольные съ несогл. паденіемъ при $\delta=\delta_1$.
33	62—сдвигъ 63—пересдвигъ	Тупоугольные съ согласн. паденіемъ при $A_0=90^\circ$ и $\delta>\delta_1$.
34	64—сдвигъ 65—пересдвигъ	То-же
35	66 68	Вертикальные косые сбросы или пересбросы ($\delta_1=90$).
36	67 и 67'—Вертикальный прямой сбросъ или пересбросъ ($\delta_1=90$).	
37	69—сдвигъ 70—пересдвигъ	При $\delta=90^\circ$ и $\delta_1=90^\circ$; $A\geq 90^\circ$.
38	71—сдвигъ или пересдвигъ при $\delta=91^\circ$, $\delta_1=90$, $A=90$.	

Разсматривая эту таблицу мы заключаемъ, что:

1. *Всякое остроугольное смѣщеніе есть смѣщеніе съ несогласнымъ паденіемъ пласта и смѣстителя и наоборотъ;*
2. *Всякое тупоугольное смѣщеніе есть смѣщеніе съ согласнымъ паденіемъ пласта и смѣстителя и наоборотъ.*

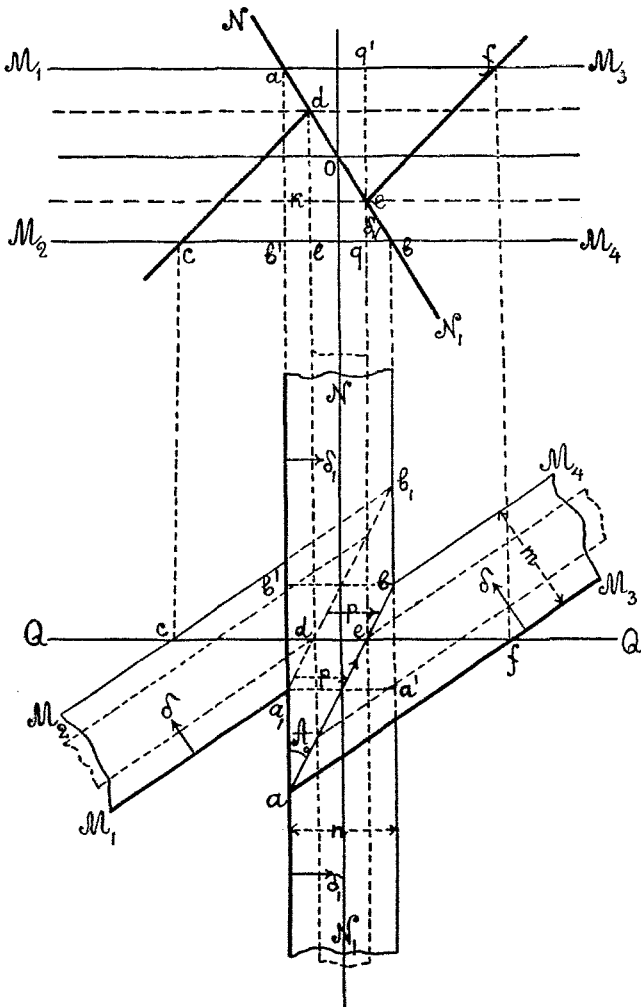
§ 10.

Способъ изображенія на чертежѣ косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщений.

Для изображенія въ планѣ и въ профили косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщений мы примѣняемъ тотъ-же методъ, какъ и при скрещиваніи пластовъ, т. е. разсѣкаемъ крылья пласта и плоскость смѣстителя (черт. 93 планъ) двумя горизонтальными плоскостями $M_1a_1M_3$ и $M_2b_1bM_4$, находящимися на произвольномъ разстояніи другъ отъ друга (на профили эти плоскости суть: M_1M_3 и M_2M_4).

Отмѣтивъ стрѣлками направленія паденій пласта и смѣстителя, видимъ, что верхняя изъ этихъ плоскостей пересѣкаетъ пластъ и

смѣститель по линіямъ M_1a_1 , a_1a и aM_3 , а нижняя—по линіямъ M_2b_1 , b_1b и bM_4 . Полученные отрѣзки пласта и смѣстителя мы проектируемъ на плоскость плана, такъ что чѣмъ меньше паденіе пласта и смѣстителя, тѣмъ болѣе широкою полоскою изобразятся они на планѣ (именно,



Черт. 93.

если δ и δ_1 оуть углы паденій пласта и трещины, то ширины полосъ ихъ m и n на планѣ будутъ относиться между собою, какъ $cs\delta : cs\delta_1$).

Направленіе (азимутъ) линіи скрещиванія по прежнему будемъ считать по направленію ея паденія (при чемъ простираніе смѣстителя принимаемъ за орьентирное).

Уголъ между линіей скрещиванія и простираніемъ смѣстителя, какъ и въ предыдущей главѣ, мы будемъ обозначать буквою A_o , но

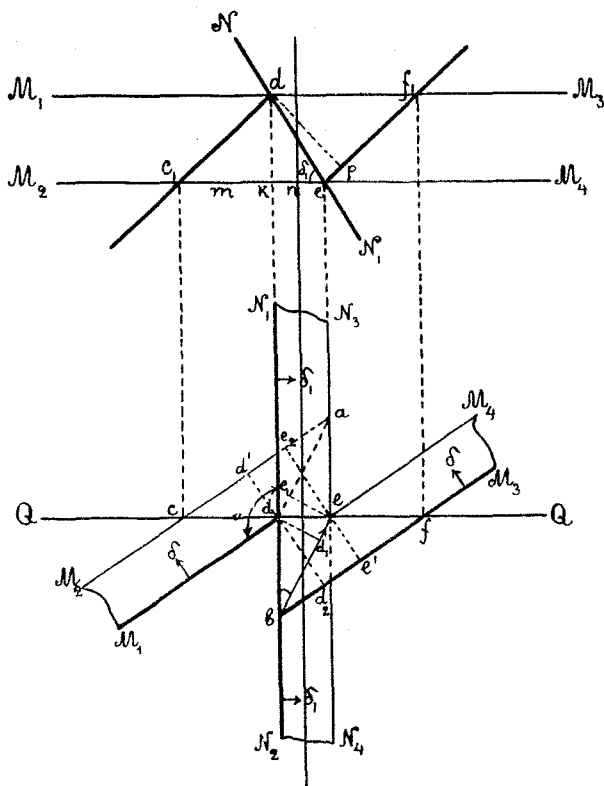
называть его здѣсь будемъ „угломъ смѣщенія“ („т. е. угломъ сброса“, „угломъ пересброса“).

Для полученія профили смѣщенія, разсѣчемъ его вкрестъ простиранія трещины вертикальною плоскостью QQ, проходящею черезъ середину между перпендикулярами bb' и a₁a': она пересѣчетъ лежащее крыло по линіи cd, смѣститель по линіи de и висячее крыло по линіи ef.

Теперь, проведя двѣ горизонтальныя линіи M₁M₃ и M₂M₄ (черт. 93. профиль) на разстояніи равномъ разстоянію между вышеупомянутыми двумя произвольными горизонтальными плоскостями, проводимъ NN₁ подъ угломъ δ₁ паденія смѣстителя; тогда bb' равно ширинѣ полосы смѣстителя на планѣ. Послѣ этого отъ точки O (на серединѣ между M₁M₃ и M₂M₄ на профили) откладываемъ въ обѣ стороны Od=Oe= $\frac{de}{\sin \delta}$ и опустивъ перпендикуляры dl и eq', откладываемъ lc=q'f (черт. 93, профиль)=cd=ef (черт. 93, планъ) и соединяемъ d съ c и e съ f (на профили), тогда dc и cf представляютъ лежащее и висячее крылья пласта; или-же можно просто черезъ d и e провести линіи dc и eq подъ угломъ уклона пласта по направленію QQ (черт. 93 планъ). Но такой способъ изображенія смѣшеній (примѣненный также на черт. 87—92) былъ-бы очень сложенъ, мало нагляденъ и неудобенъ для вывода соотношеній между элементами смѣщенія.

Построеніе плана и профили нарушенія можетъ быть въ значительной степени упрощено, если разстояніе между горизонтальными плоскостями M₁M₃ и M₂M₄ мы выберемъ такое, чтобы эти плоскости проходили черезъ точки d и e (черт. 93). Тогда мы получимъ построеніе, изображенное на черт. 94; здѣсь линія de (на профили) представляетъ истинную величину смѣщенія одного крыла пласта, а на планѣ проекцію этого смѣщенія; построеніе состоитъ въ томъ, что мы проводимъ черезъ d и e (на профили) горизонты M₁M₃ и M₂M₄, опускаемъ перпендикуляры dN₂ и eN₄,—получаемъ въ планѣ положеніе смѣстителя N₁N₂N₃N₄; проведя линію QQ (соотвѣтствующую плоскости профили), проводимъ dM₁ и eM₄ подъ угломъ A, равнымъ разности простираній пласта и трещины, и на перпендикулярахъ къ нимъ откладываемъ dd'=ee'=проекціи линіи наибольшаго ската пласта отъ горизонта M₁M₃ до M₂M₄; проведя далѣе черезъ d' и e' линіи M₂a и M₃b параллельно простиранію пласта, получаемъ линіи скрещиванія ad и eb, а возставивъ изъ c и f перпендикуляры cc₁ до нижняго горизонта профили и ff₁—до верхняго, получаемъ профиль крыльевъ пласта: dc₁—лежачаго и ef₁—висячаго. Само собою разу-

мѣется, что на профили только уголъ паденія трещины равенъ истинному, но уголъ паденія пласта искаженъ и всегда меньше истиннаго,



Черт. 94.

ибо $\angle dc_1k$ соотвѣтствуетъ здѣсь уклону пласта не по линіи наибольшаго ската d' , а по косому направленію dc .

§ 11.

Второй способъ полученія косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній.

Второй способъ полученія всѣхъ видовъ косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній состоитъ въ томъ, что, выбравъ одинъ какой угодно видъ продольнаго смѣщенія, мы производимъ въ немъ слѣдующія вращенія плоскостей:

1) Оставляя наклонъ смѣстителя и пласта къ горизонту (т. е. ихъ паденія) неизмѣнными, вращаемъ оба крыла пласта въ одномъ направленіи (по часовой стрѣлкѣ) вокругъ вертикальныхъ осей, проходящихъ черезъ точки d и e (черт. 94), измѣняя такимъ образомъ только разность простираній пласта и смѣстителя.

2) Оставляя въ полученныхъ такимъ образомъ новыхъ видахъ смѣщений просгираніе смѣстителя и простираніе и паденіе крыльевъ пласта неизмѣнными, вращаемъ плоскость смѣстителя вокругъ горизонтальной оси, т. е. измѣняемъ только паденіе его.

3) Ко всѣмъ полученнымъ видамъ смѣщений добавляемъ новые, образующіеся вслѣдствіе вращенія крыльевъ пласта вокругъ горизонтальныхъ осей, т. е. вслѣдствіе измѣненія паденія пласта.

4) При отвѣсно-падающихъ смѣстителяхъ и пластахъ, измѣняемъ уголъ между ними, вращая крылья пласта вокругъ вертикальныхъ осей, наконецъ:

5) При помощи вращеній невозможно получить тѣхъ видовъ смѣщений—сдвиговъ и пересдвиговъ, у которыхъ уголъ смѣщенія прямой; эти виды могутъ быть получены только по 1-му способу, какъ выше объяснено.

Однако вмѣсто этого можно поступить нѣсколько иначе, а именно—производить вращенія только крыльевъ пласта вокругъ вертикальныхъ осей, но за то дѣлать это въ каждомъ изъ видовъ продольныхъ смѣщений. Прилагаемые ниже чертежи всѣхъ видовъ косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщений и расположены нами именно въ томъ самомъ порядкѣ, какъ получены они послѣднимъ способомъ, т. е. изъ видовъ продольныхъ смѣщений (за исключеніемъ, конечно, случаевъ $A_0=90$).

Такимъ образомъ:

Изъ вида продольнаго смѣщенія №	Получены виды косоуг. и прямоуг. смѣщений №	Изъ вида продольнаго смѣщенія №	Получены виды косоуг. и прямоуг. смѣщений №
1	—	7	39 и 39'
2	—	8	40
3	—		41
4	—		42
5	23		43
	24		44
	25		45
	26		46
	27		47
	28		
	29	9	—
	30	10	—
6	31	11	—
	32	12	—
	33	13	48
	34		49
	35		50
	36		51
	37		
	38		

Изъ вида продоль- наго смѣщенія №	Получены виды косоуг. и прямоуг. смѣщений №	Изъ вида продоль- наго смѣщенія №	Получены виды косоуг. и прямоуг. смѣщений №
14	52 53 54 55	21	66 67 и 67'
15	56 и 57'	22	68
16	57 и 57' 58 59 60 61	Изъ особыхъ случаевъ скрещиванія № 33 и 34	62 63 64 65
17	—	Вращеніемъ вокругъ вер- тикальныхъ осей при $\delta = \delta_1 = 90^\circ$	69 70 71
18	—		
19	—		
20	—		

§ 12.

Треугольникъ, элементы косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщенийъ и направленія развѣдочныхъ выработокъ.

Всякій видъ косоугольнаго и прямоугольнаго смѣщенія геометрически вполне опредѣляется, если извѣстны:

1. Элементы залеганія пласта и смѣстителя.
2. Величина смѣщенія крыла пласта.
3. Направленіе этого смѣщенія.

На черт. 94 въ *профиліи* треугольникъ dec_1 , полученный въ смѣщеніи смѣщенія вертикальною плоскостью QQ , проведенною вкрестъ простиранія смѣстителя, мы будемъ называть *характеризующимъ треугольникомъ смѣщенія*.

Въ этомъ треугольникѣ:

Сторона $de = s$ есть длина пути, пройденнаго висячимъ крыломъ пласта по паденію смѣстителя; мы будемъ называть ее **наклонною величиною (или высотой) смѣщенія (сброса, пересброса)**.

Уголъ $dek = \delta_1$ есть истинный уголъ паденія смѣстителя.

Уголъ $dsc_1 = \delta'$ есть искаженный уголъ паденія (δ) пласта, т. е. это есть уголъ ската пласта въ направленіи сѣкущей плоскости QQ .

Высоту $dk = h$ мы будемъ называть **отвѣсною высотой смѣщенія (сброса, пересброса)**.

Отрѣзокъ основанія $ke = n$ есть горизонтальная проекція наклонной высоты смѣщенія; мы будемъ называть его **подошвою смѣщенія (сброса, пересброса)**; эта-же величина представляетъ собою ширину полосы, изображающей въ планѣ смѣститель N_1N_4 .

На черт. 94 *въ планѣ*:

Линія $db=ae=l$ представляет собою величину смѣщенія всячаго крыла пласта по направленію простиранія смѣстителя; эту длину мы будемъ называть **боковымъ сдвиженіемъ** крыла пласта.

Точки d и e , лежащія на одной линіи паденія смѣстителя, мы будемъ называть **верхнимъ и нижнимъ полюсомъ** смѣщенія.

Линія полюсовъ $de=n$ ($=ke$ на профили) есть **подошва смѣщенія** (*сброса, пересброса*).

Перпендикуляры dd_1 и ee_1 изъ полюсовъ на линіи скрещиванія суть горизонтальныя проекціи разстоянія между линіями скрещиванія; это разстояніе между линіями скрещиванія есть **истинная величина смѣщенія v** (*сброса, пересброса*) она есть гипотенуза того треугольника, который получится, если разсѣчь планъ черт. 94 вертикальною плоскостью по направленію dd_1 т. е. перпендикулярно къ линіямъ скрещиванія.

Уголъ $M_1 d N_1=A$ есть разность простираній пласта и смѣстителя

Уголъ $N_1 d a=dbe=A_0$ есть **уголъ смѣщенія**, т. е. уголъ между направленіемъ простиранія смѣстителя и направленіемъ линіи скрещиванія внизъ.

Перпендикуляры ee_2 и dd_2 изъ нижняго и верхняго полюсовъ на линіи простираній нижняго и верхняго горизонта крыльевъ пласта лежатъ въ горизонтальныхъ плоскостяхъ (ограничивающихъ сверху и снизу взятую на чертежѣ область смѣщенія) представляют собою **величину горизонтальнаго смѣщенія и вкрестъ простиранія пласта**.

Проекція наклонной высоты смѣщенія на линію паденія пласта есть величина смѣщенія въ плоскости, перпендикулярной къ обоимъ крыльямъ пласта вкрестъ его простиранія; мы будемъ называть его **величиною q смѣщенія по паденію пласта**.

Разстояніе между крыльями пласта будемъ называть **перпендикулярною величиною смѣщенія p** .

Въ нѣкоторыхъ видахъ смѣщеній одно крыло отчасти покрываетъ другое въ пространствѣ, ограниченномъ вертикальными плоскостями, проведенными черезъ обѣ линіи скрещиванія; это—**отвѣсное перекрытіе**— $г$.

Въ нѣкоторыхъ видахъ одно крыло пласта отчасти покрываетъ другое въ пространствѣ, ограниченномъ плоскостями, проведенными черезъ обѣ линіи скрещиванія перпендикулярно къ крыльямъ; это—**перпендикулярное перекрытіе**; оно есть ничто иное, какъ вышеупомянутая величина перпендикулярнаго смѣщенія— q .

Наконецъ, въ иныхъ видахъ крылья отчасти перекрываютъ другъ друга въ пространствѣ, ограниченномъ горизонтальными плоскостями, проведенными черезъ оба полюса смѣщенія; это—**горизонтальное перекрытіе**— w .

§ 13.

Зависимости между элементами смѣщеній.

Наклонную высоту смѣщенія s мы принимаемъ за независимое перемѣнное (на всѣхъ прилагаемыхъ чертежахъ смѣщений въ краскахъ s одно и то-же) и выражаемъ черезъ него остальные величины.

Отвѣсная высота смѣщенія:

$$h = s \cdot \sin \delta_1 \quad (1)$$

Подовша смѣщенія:

$$n = s \cdot \cos \delta_1 \quad (2)$$

Боковое сдвиженіе крыла пласта изъ $\triangle$ -ка bde (черт. 94):

$$\begin{aligned} l &= db = de \cdot \operatorname{ctg} \delta_1 = n \cdot \operatorname{ctg} A_0 \\ l &= s \cdot \cos \delta_1 \cdot \operatorname{ctg} A_0 \quad (3) \end{aligned}$$

Горизонтальная проекція истинной величины смѣщенія есть линия $v_1 = dd_1 = ee_1$; изъ прямоугольнаго треугольника ded_1 :

$$v_1 = s \cdot \cos \delta_1 \cdot \cos A_0 \quad (4)$$

Истинная величина смѣщенія есть длина перпендикуляра между линиями скрещиванія:

$$v = \frac{v_1}{\cos \delta_1'}$$

гдѣ δ_1' есть уклонъ смѣстителя по направленію dd_1 ; но на стр. 76—78 мы нашли формулу для вычисленія этого уклона; прилагая ее къ данному случаю, имѣемъ:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_1' &= \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin N_1 \quad dd_1 = \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \sin (A_0 \pm 90^\circ) \\ \operatorname{tg} \delta_1' &= \pm \operatorname{tg} \delta_1 \cdot \cos A_0 \end{aligned}$$

отсюда находимъ
$$\cos \delta_1' = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_1 \cdot \cos^2 A_0}}$$

следовательно

$$v = v_1 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_1 \cdot \cos^2 A_0}$$

или
$$v = s \cdot \cos \delta_1 \cdot \cos A_0 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \delta_1 \cdot \cos^2 A_0} \quad (5)$$

$$v = s \cdot \cos A_0 \sqrt{1 - \sin^2 \delta_1 \cdot \sin^2 A_0} \quad (5')$$

или
$$v = s \cdot \sin \delta_1 \cdot \cos A_0 \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \delta_1 + \cos^2 A_0} \quad (5'')$$

Это есть кратчайшее разстояніе развѣдочной выработки въ плоскости смѣстителя.

Величина горизонтальнаго смѣщенія въкрестъ простиранія пласта

$$u = dd_2 = ee_2$$

Изъ треугольника bdd_2 :

$$u = bd \cdot \sin (180 - A) = l \cdot \sin A = s \cdot \cos \delta_1 \cdot \operatorname{ctg} A_0 \cdot \sin A$$

но по стр. 117:

$$\text{ctg} A_o = \text{ctg} A \pm \frac{\text{tg} \delta_1}{\text{sn} A \cdot \text{tg} \delta}$$

следовательно

$$\begin{aligned} u &= s \cdot \text{cs} \delta_1 \cdot \text{sn} A \left(\text{ctg} A \pm \frac{\text{tg} \delta_1}{\text{sn} A \cdot \text{tg} \delta} \right) \\ u &= s \cdot \text{cs} \delta_1 \left(\text{cs} A \pm \frac{\text{tg} \delta_1}{\text{tg} \delta} \right) = s \left(\text{cs} \delta_1 \cdot \text{cs} A \pm \frac{\text{sn} \delta_1}{\text{tg} \delta} \right) \dots \dots \dots (6) \end{aligned}$$

Перпендикулярная величина смещения

$$p = \frac{v_1}{\text{cs} \delta_1} \cdot \text{cs} \text{edp}$$

но

$$\frac{v_1}{\text{cs} \delta_1} = \frac{s \cdot \text{cs} \delta_1 \cdot \text{cs} A_o}{\text{cs} \delta_1} = s \cdot \text{cs} A_o$$

$$\text{edp} = \delta + \delta_1 - 90^\circ \text{ (для несогласного падения } \delta \text{ и } \delta_1)$$

$$\text{edp} = \delta_1 - \delta + 90 \text{ (для согласного падения } \delta \text{ и } \delta_1)$$

следовательно соответственно

$$\begin{aligned} p &= s \cdot \text{cs} A_o \cdot \text{cs} (\delta + \delta_1 - 90) = s \cdot \text{cs} A_o \cdot \text{sn} (\delta + \delta_1) \} \\ p &= s \cdot \text{cs} A_o \cdot \text{cs} (\delta_1 - \delta + 90) = s \cdot \text{cs} A_o \cdot \text{sn} (\delta - \delta_1) \} \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

Отвѣсное разстояніе между крыльями пласта или отвѣсная величина смѣщенія равна сторонѣ $r = dc_1$ косоугольнаго треугольника dc_1e (видѣ 27), въ которомъ $de = s$, а уголъ $edc_1 = 90 - \delta_1$

$$r = dc_1 = dk + kc_1 = s \cdot \text{sn} \delta_1 + n \cdot \text{tg} \delta'$$

гдѣ δ' есть уголъ ската пласта по направленію вкрестъ простирания смѣстителя, а

$$n = s \cdot \text{cs} \delta_1$$

такъ что

$$r = s \cdot \text{sn} \delta_1 + s \cdot \text{cs} \delta_1 \cdot \text{tg} \delta'$$

По формулѣ, приведенной на стр. 76—78 уголъ δ' вычисляется такъ:

$$\text{tg} \delta' = \text{tg} \delta \cdot \text{sn} (A \pm 90^\circ)$$

следовательно

$$r = s \cdot \text{sn} \delta_1 \pm s \cdot \text{cs} \delta_1 \cdot \text{tg} \delta \cdot \text{cs} A \dots \dots \dots (8)$$

знакъ $+$ относится къ тѣмъ видамъ смѣщеній, въ которыхъ $r > h$, а знакъ $-$ къ тѣмъ, у которыхъ $r < h$.

Величина смѣщенія по паденію пласта.

$$q = ep = ed \cdot \text{sn} \text{edp} = \frac{t}{\text{cs} \delta_1} \cdot \text{sn} \text{edp}.$$

$$q = \frac{s \cdot \text{cs} \delta_1 \cdot A_o}{\text{cs} \delta_1} \cdot \text{sn} [(\delta + \delta_1) - 90] \text{— для несогл. паденія}$$

$$q = \frac{s \cdot \text{cs} \delta_1 \cdot \text{cs} A_o}{\text{cs} \delta_1} \cdot \text{sn} [(\delta_1 - \delta) + 90^\circ] \text{— для согл. паденія}$$

или соответственно:

$$\begin{aligned} q &= s \cdot \text{cs} A_o \cdot \text{cs} (\delta + \delta_1) \} \\ q &= s \cdot \text{cs} A_o \cdot \text{cs} (\delta_1 - \delta) \} \dots \dots \dots (9). \end{aligned}$$

Эта величина q есть ничто иное, какъ величина *перпендикулярнаго перекрытія* крыльевъ пласта.

Отвѣсное перекрытіе крыльевъ пласта есть считаемое по паденію пласта разстояніе между отвѣсными плоскостями, проведенными черезъ обѣ линіи скрещиванія; поэтому какъ въ планѣ, такъ и въ профили смѣщенія эта величина на чертежѣ искажается.

Величина отвѣснаго перекрытія слѣдовательно равна (см. видъ 27):

$$\begin{aligned} t &= e c_1 \cdot c s A_0 \\ t &= \frac{n \cdot c s A_0}{c s \delta} \\ t &= s \cdot c s A_0 \cdot \frac{c s \delta_1}{c s \delta} \dots \dots \dots (10). \end{aligned}$$

Горизонтальное перекрытіе, т. е. считаемое по паденію пласта разстояніе между двумя горизонтальными плоскостями, проведенными черезъ оба полюса смѣщенія, очевидно равно:

$$w = \frac{m}{c s \delta}$$

гдѣ m есть ширина пласта, изображаемаго на планѣ въ видѣ полосы.

§ 14.

Направленія и длины развѣдочныхъ выработокъ.

Направленіе развѣдочной выработки съ цѣлью отыскать смѣщенное крыло пласта можетъ быть:

1. *Горизонтальнымъ*,—*вкрестъ простиранія пласта* (и внѣ его, конечно).

Длина такой выработки равна величинѣ горизонтальнаго смѣщенія вкрестъ простиранія пласта, которая выражается вышенайденной формулой:

$$u = s \cdot c s \delta_1 \cdot c s A \pm \frac{s n \delta_1}{t g \delta}$$

2. *Горизонтальнымъ*,—*вдоль простиранія смѣстителя*.

Длина этой выработки равна боковому сдвигенію:

$$l = s \cdot c s \delta_1 \cdot c t g A_0$$

3. *Наклоннымъ*,—*вкрестъ простиранія смѣстителя и по его плоскости* (т. е. по паденію или по возстанію его) отъ одного полюса къ другому. Длина этой выработки равна, очевидно, наклонной высотѣ смѣщенія s .

4. *Наклоннымъ*,—*въ плоскости смѣстителя и перпендикулярно къ линіямъ скрещиванія*.

Длина этой развѣдки равна истинной величинѣ смѣщенія:

$$v = \pm s \cdot s n \delta_1 \cdot c s A_0 \sqrt{c t g^2 \delta_1 + c s^2 A_0}$$

5. *Перпендикулярнымъ къ плоскости пласта*.

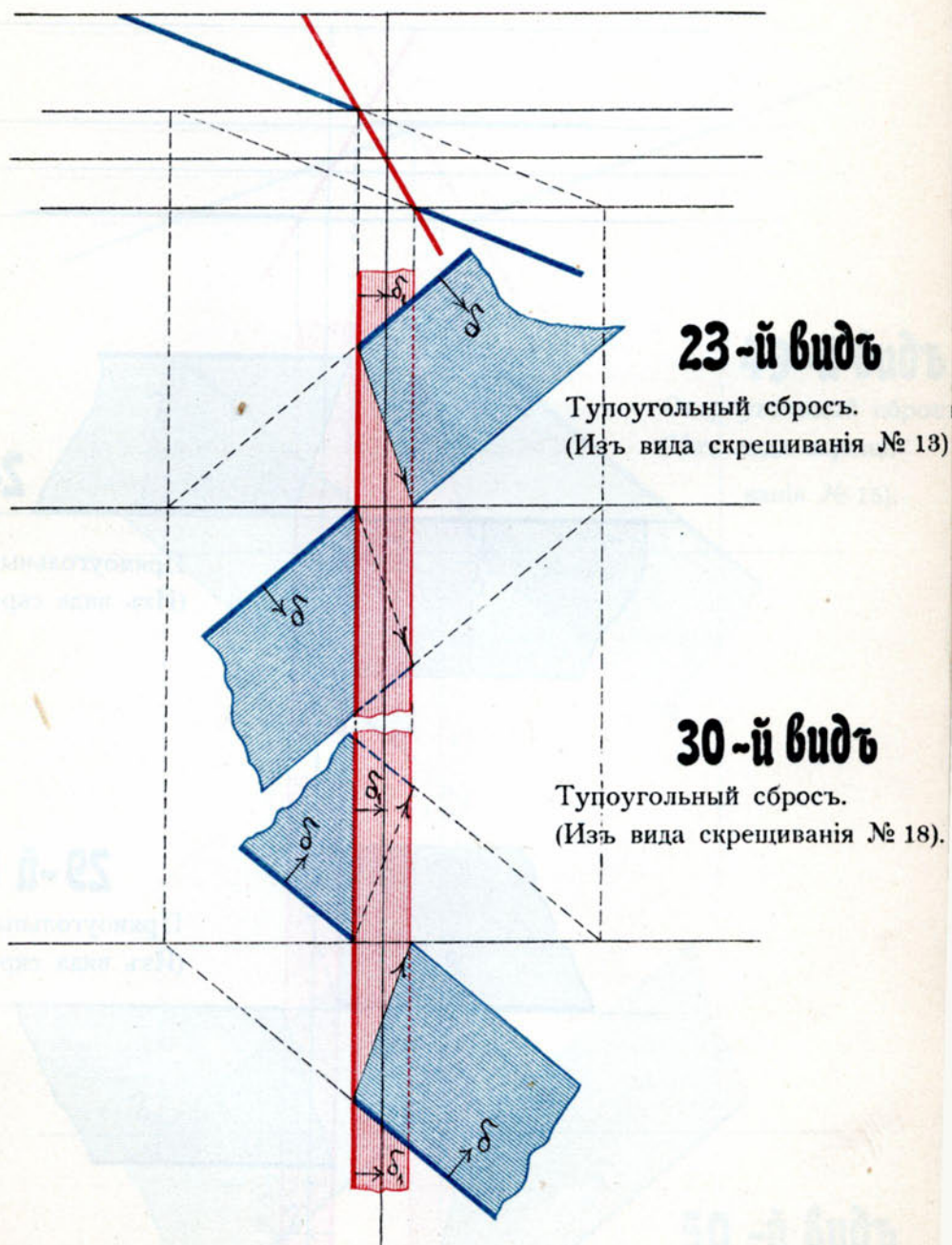
Длина этой выработки равна перпендикулярной высотѣ смѣщенія:

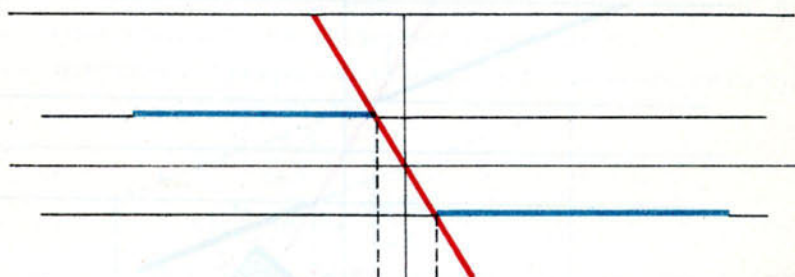
$$p = s \cdot c s A_0 \cdot s n (\delta \pm \delta_1)$$

6. *Отвѣснымъ*,—длина такой выработки равна

$$r = s \cdot s n \delta \pm s \cdot c s \delta_1 \cdot t g \delta \cdot c s A$$

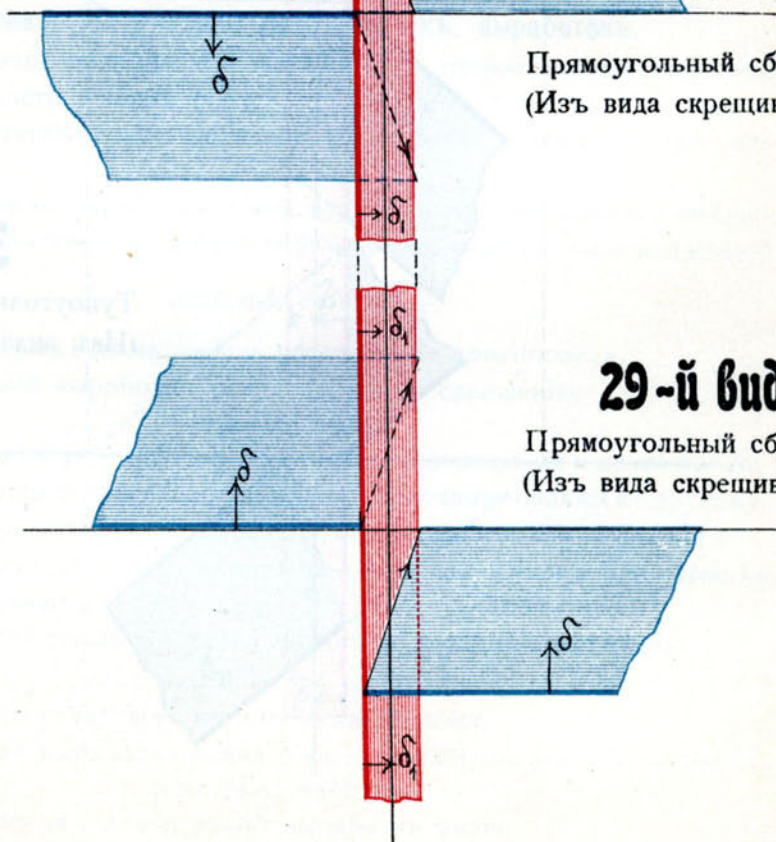
В. Косоугольные и прямоугольные смѣщенія.





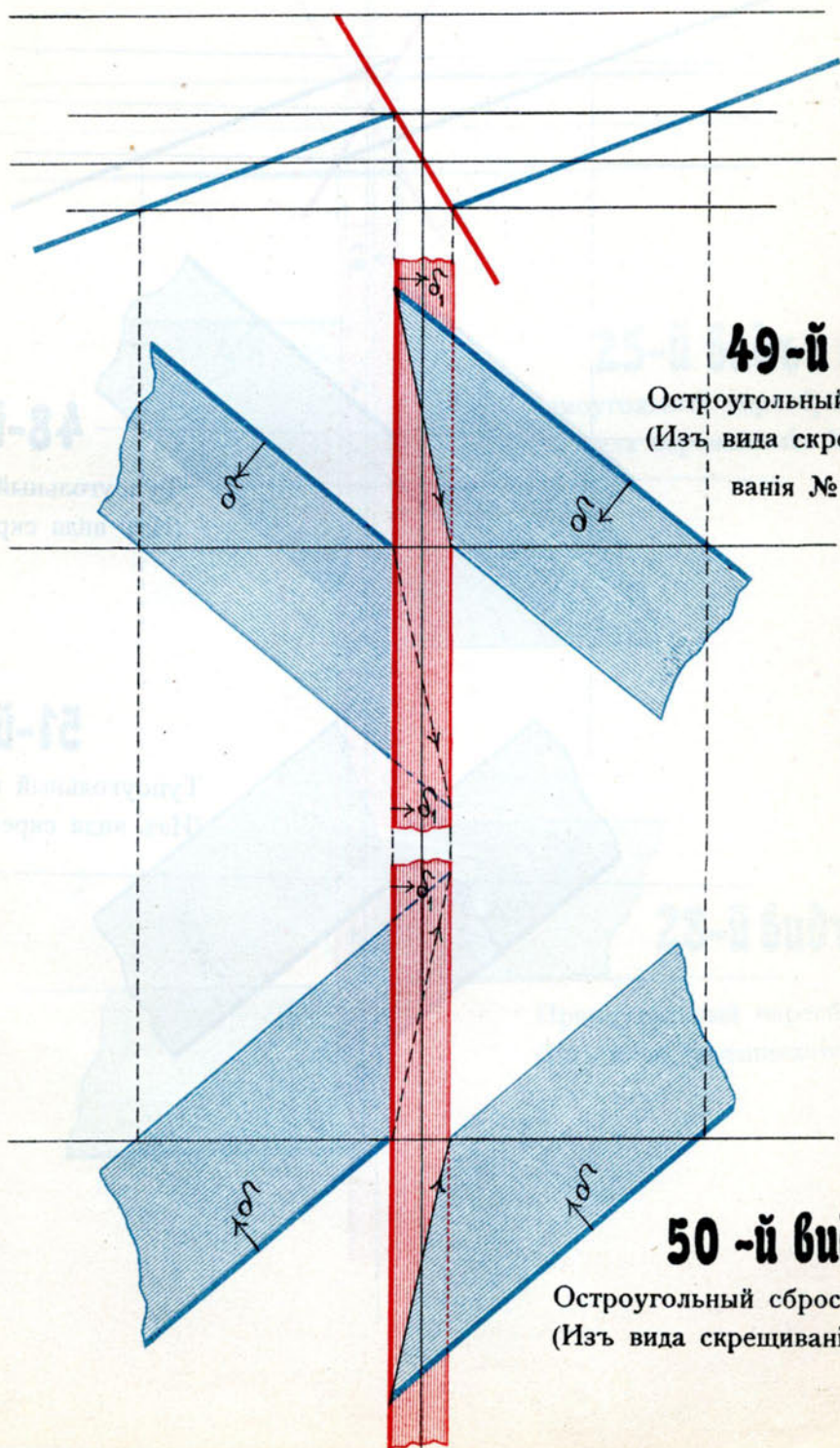
24-й видъ

Прямоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 14).



29-й видъ

Прямоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 17).

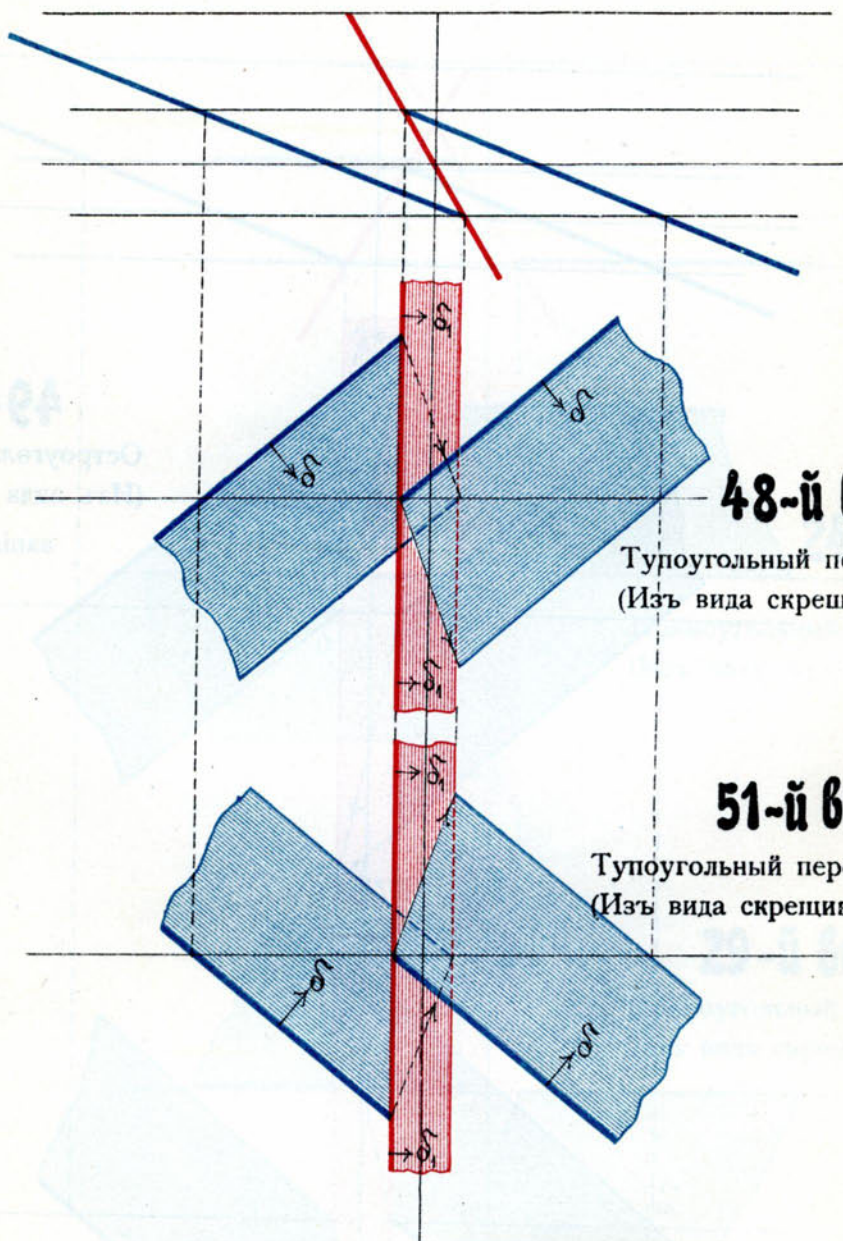


49-й видъ

Остроугольный сбросъ
(Изъ вида скрещи-
ванія № 15).

50-й видъ

Остроугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 16)

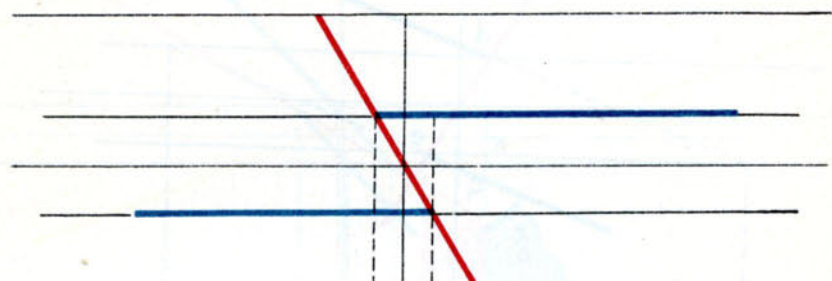


48-й видъ

Тупоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 13).

51-й видъ

Тупоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 18).



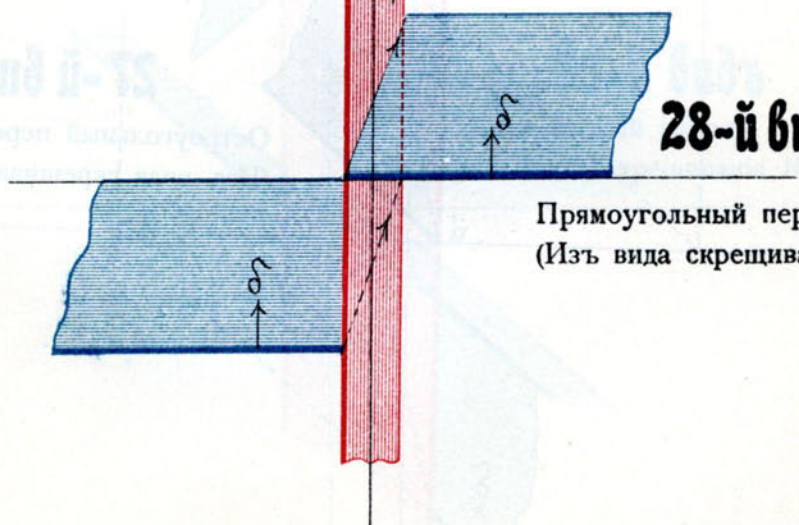
25-й видъ

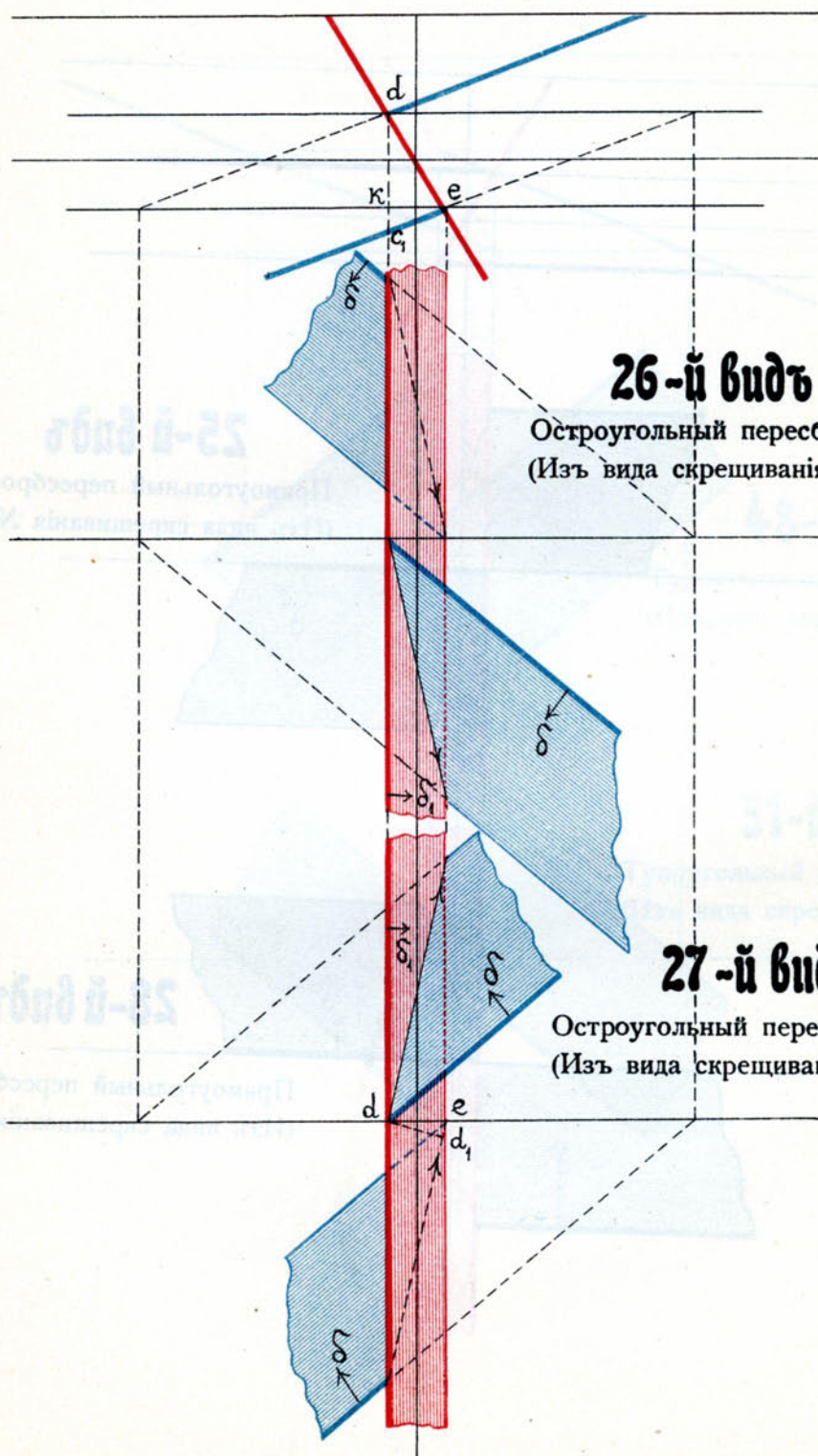
Прямоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 14).



28-й видъ

Прямоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 17).





26-й видъ

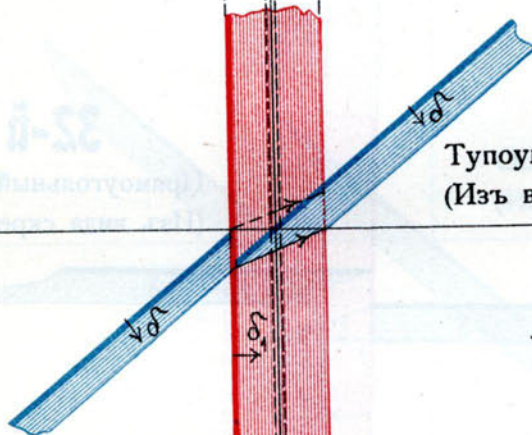
Остроугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 15).

27-й видъ

Остроугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 16).

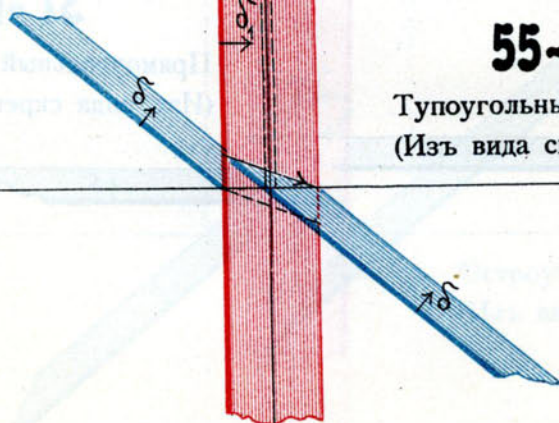
52-й видъ

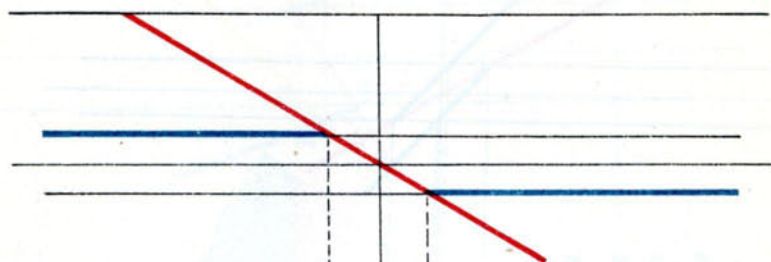
Тупоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 19).



55-й видъ

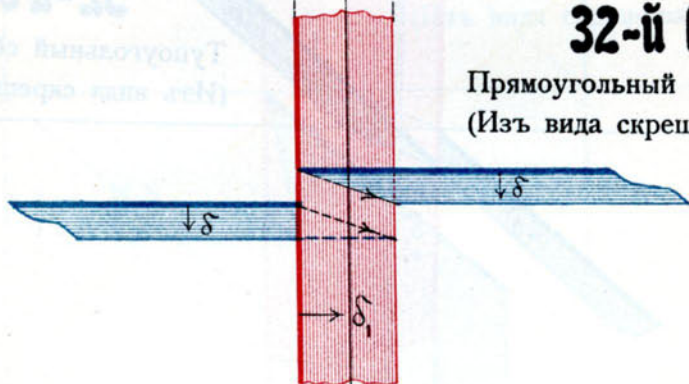
Тупоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 24).





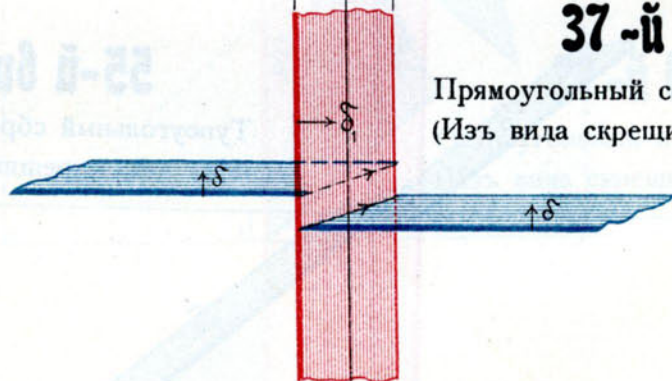
32-й видъ

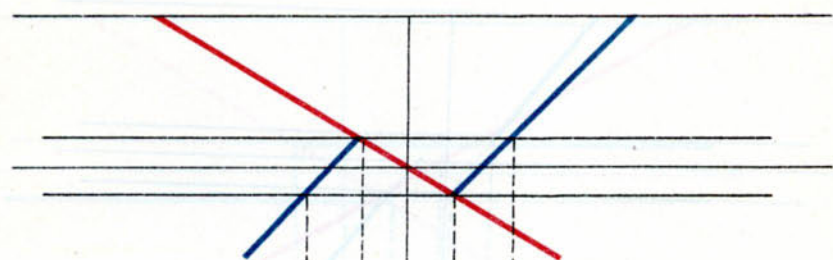
Прямоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 20).



37-й видъ

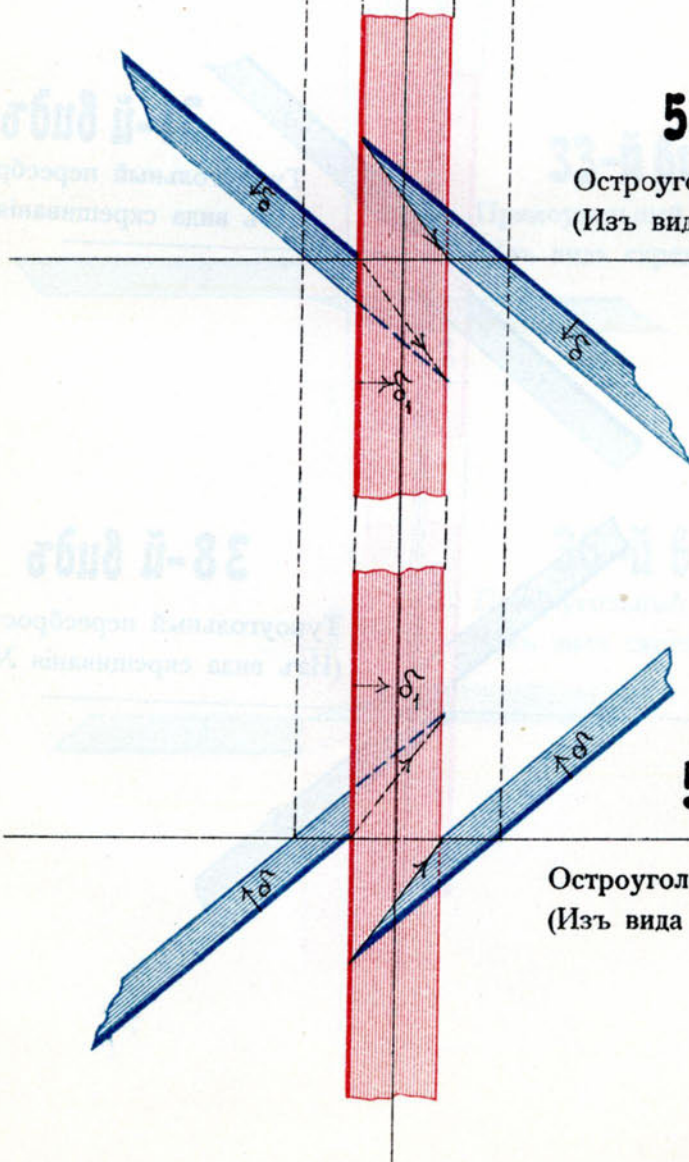
Прямоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 23).





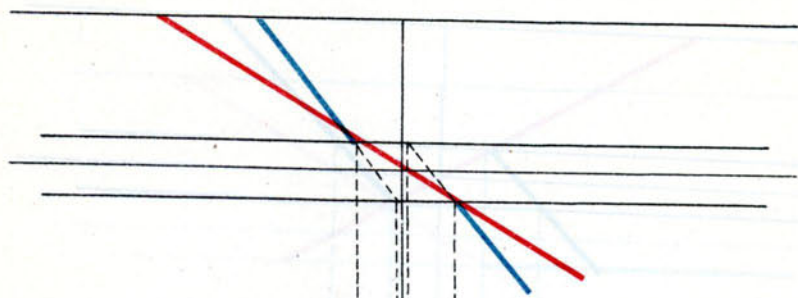
53-й видъ

Остроугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 21).



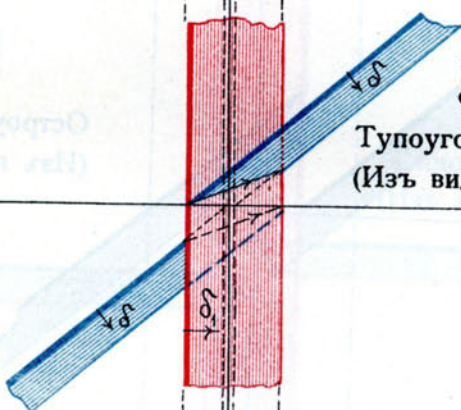
54-й видъ

Остроугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 22).



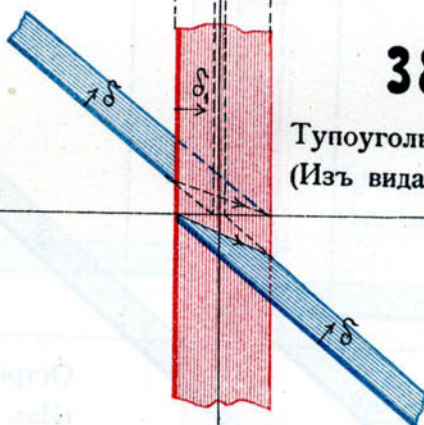
31-й видъ

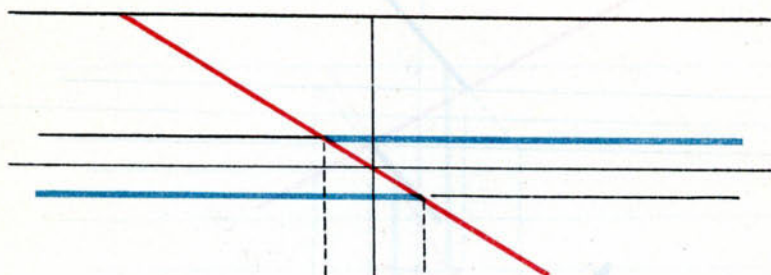
Тупоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 19).



38-й видъ

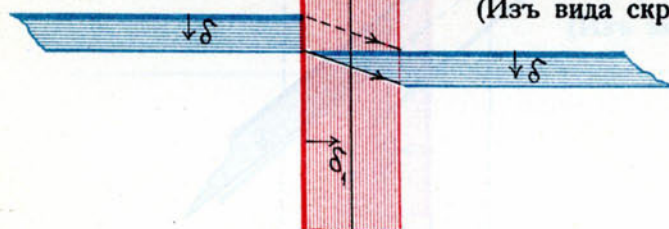
Тупоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 24).





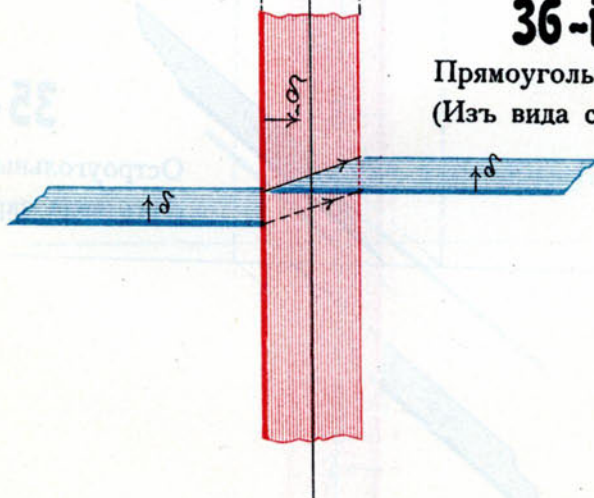
33-й видъ

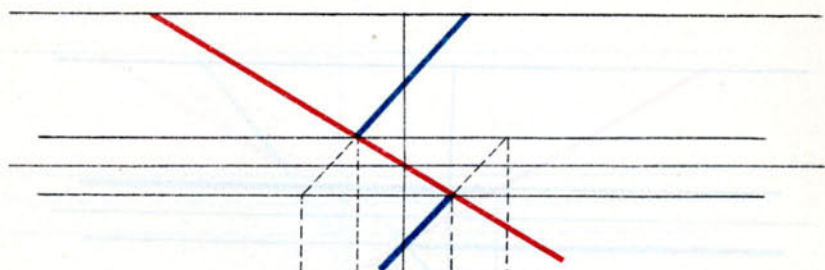
Прямоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 20).



36-й видъ

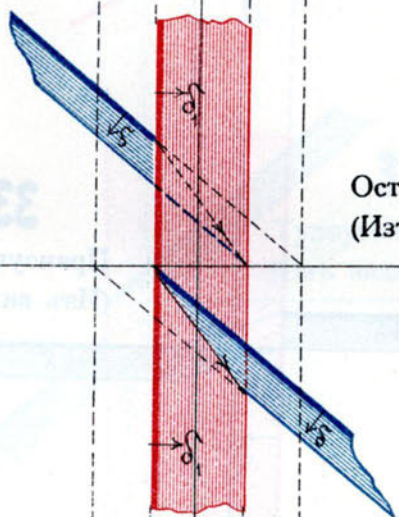
Прямоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 23).





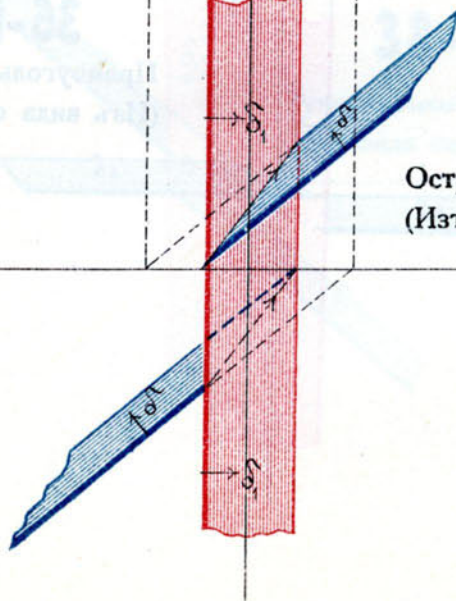
34-й видъ

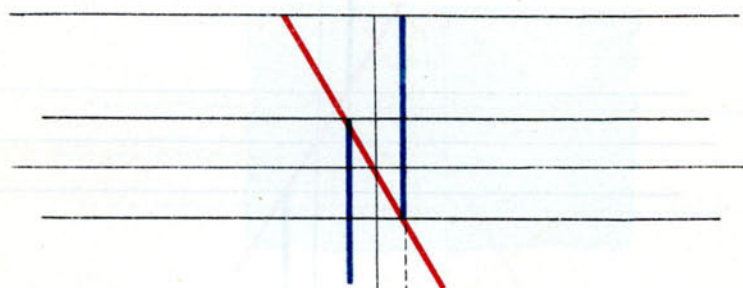
Остроугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 21).



35-й видъ

Остроугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 22).





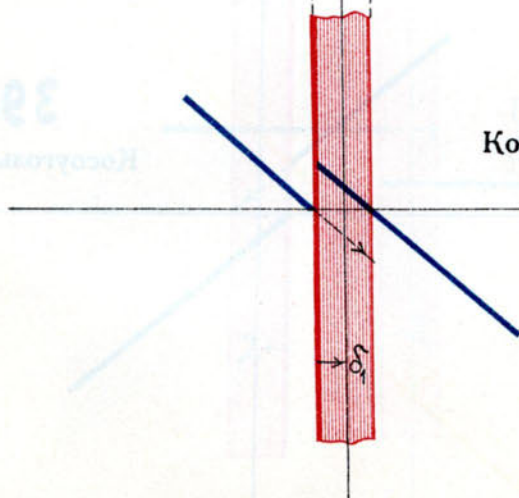
56-й видъ

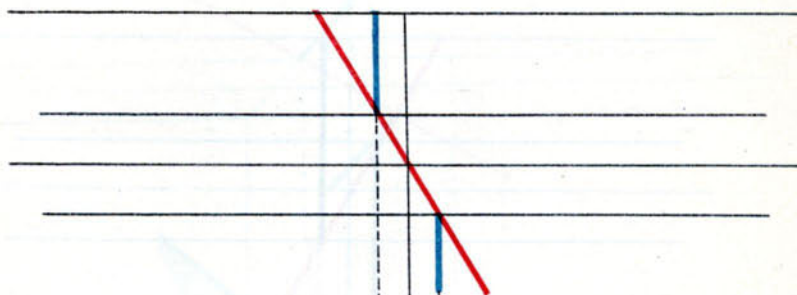
Косоугольный сбросъ
(Изъ вида скрещиванія № 25).



56'-й видъ

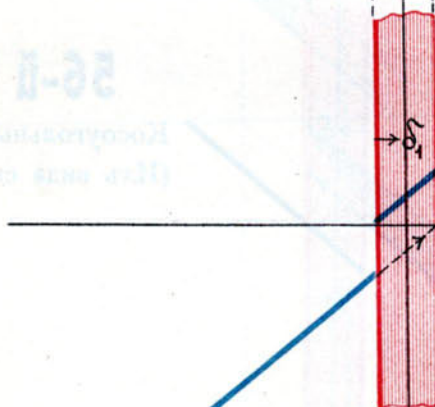
Косоугольный сбросъ.





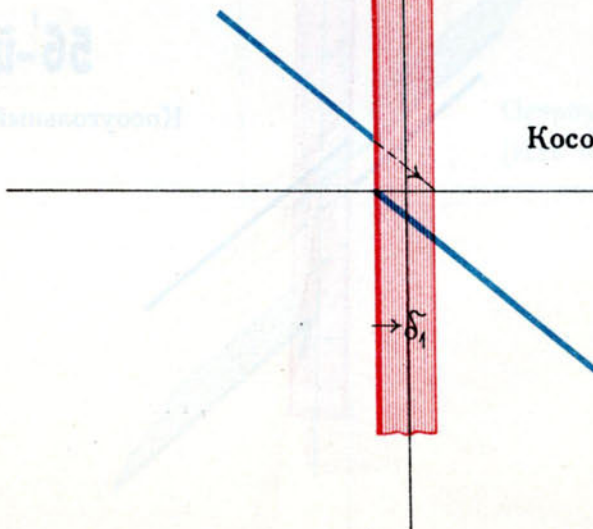
39-й видъ

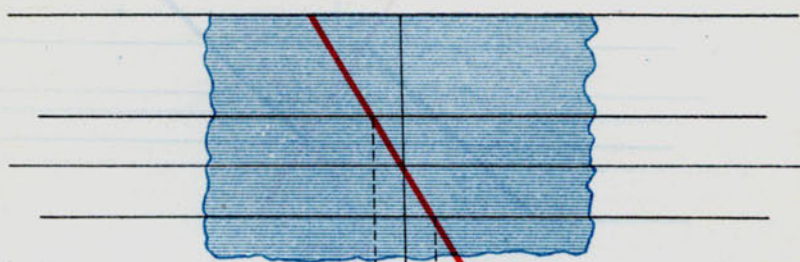
Косоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 25).



39'-й видъ

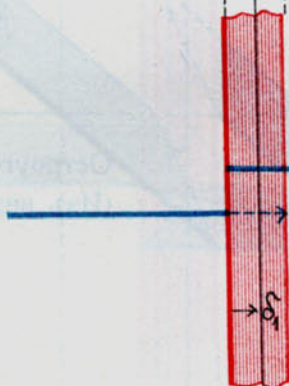
Косоугольный пересбросъ.





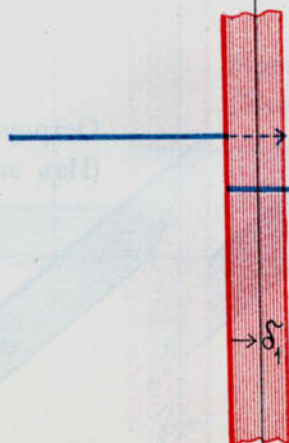
57-й видъ

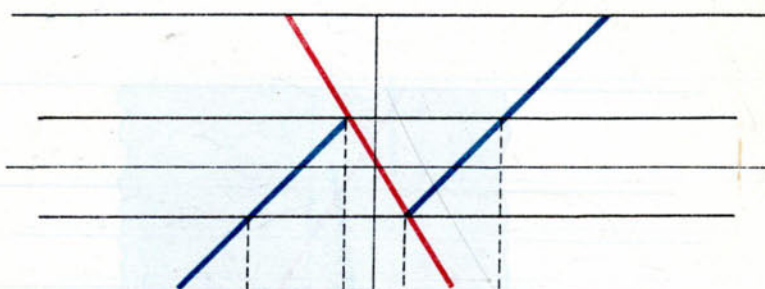
Прямоугольный сдвигъ.
(Изъ вида скрещиванія № 26).



57'-й видъ

Прямоугольный сдвигъ.
(Изъ вида скрещиванія № 26).





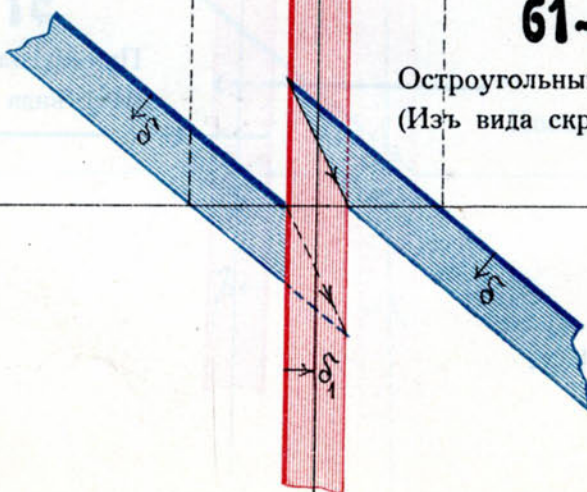
58-й видъ

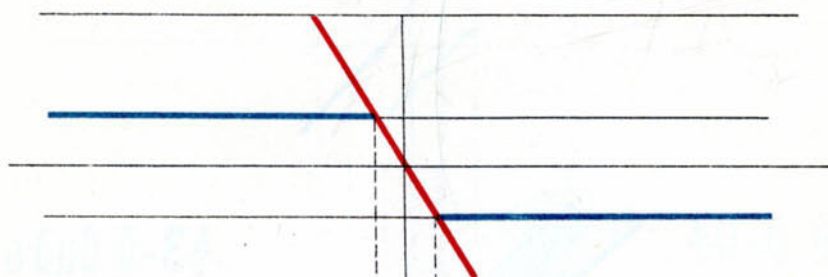
Остроугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 27).



61-й видъ

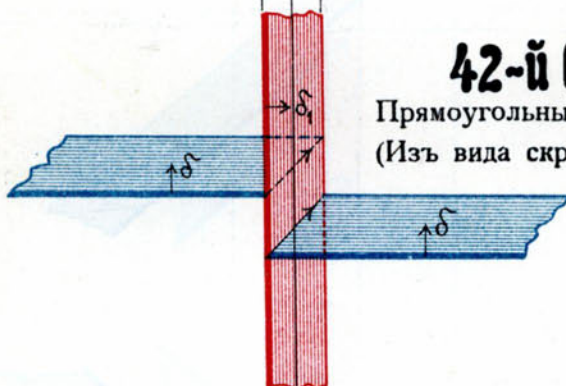
Остроугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 32).





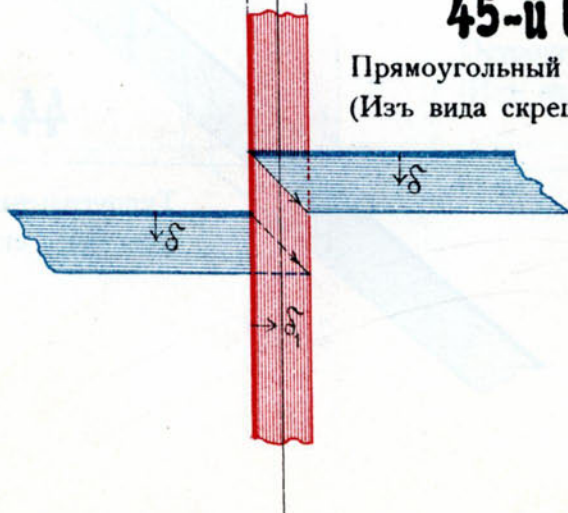
42-й видъ

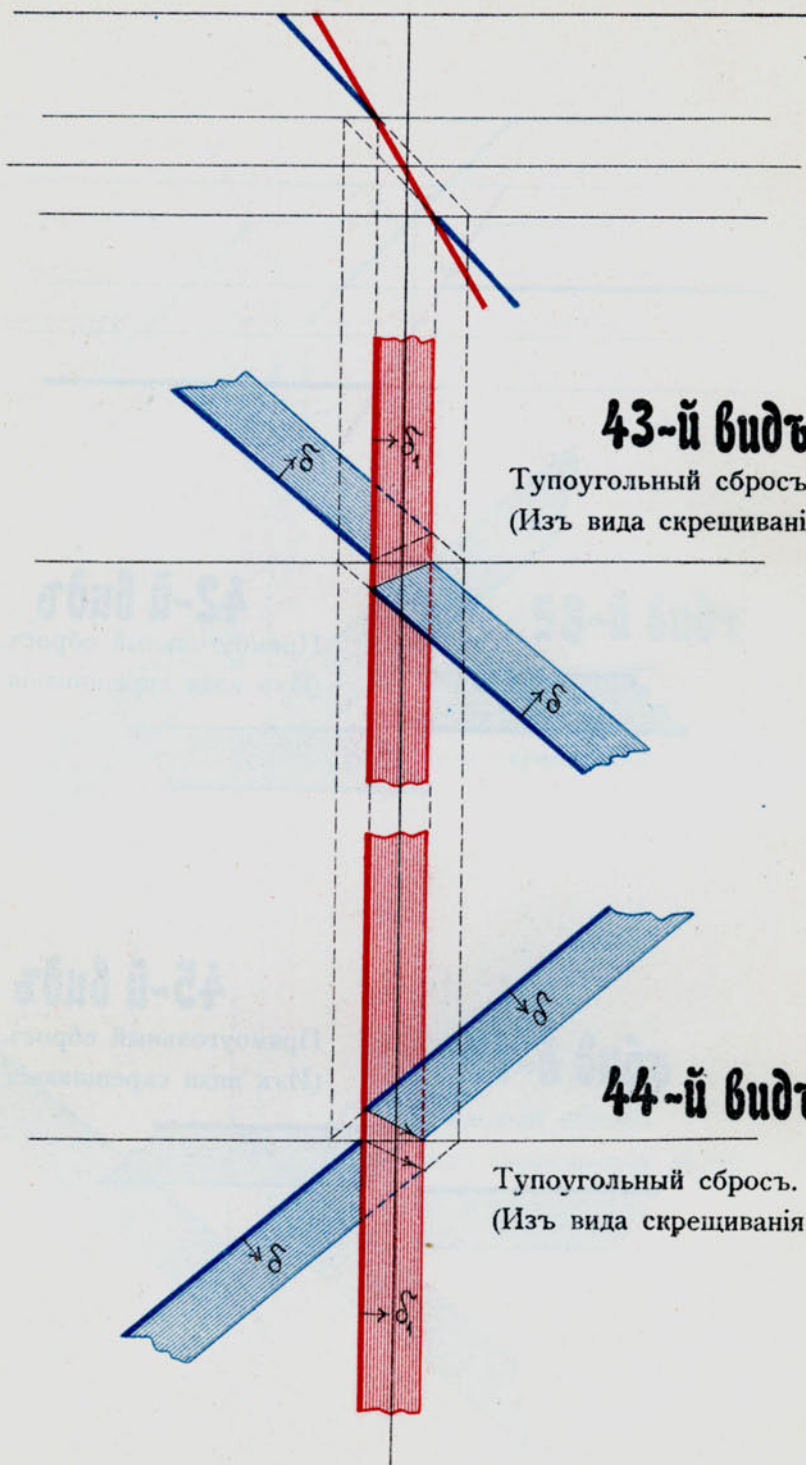
Прямоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 28).



45-й видъ

Прямоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 31).



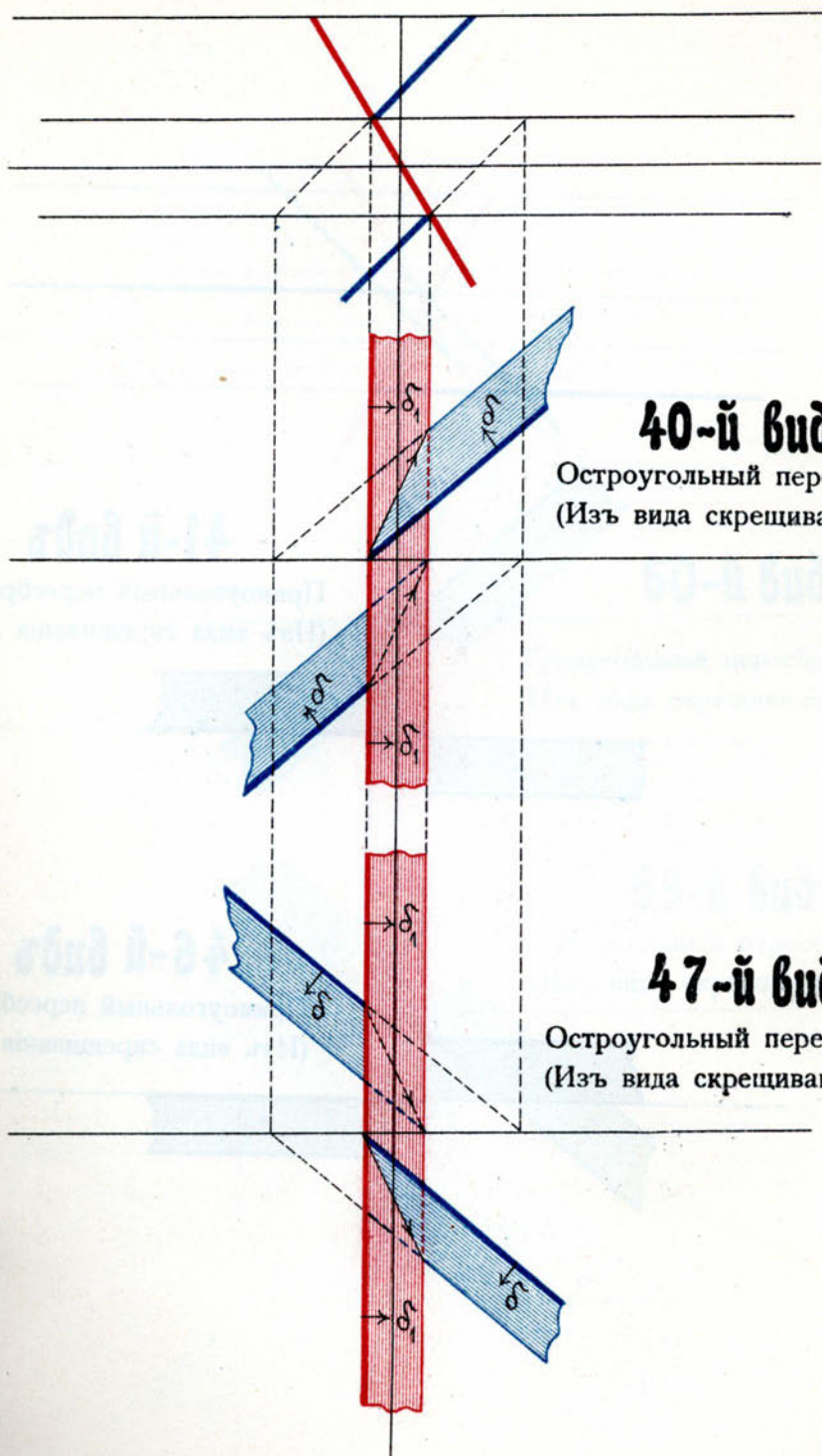


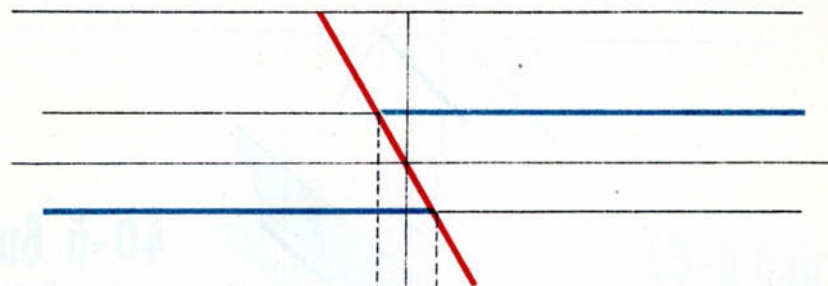
43-й видъ

Тупоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 29).

44-й видъ

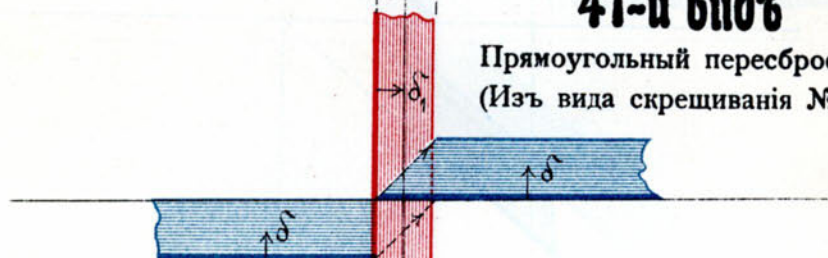
Тупоугольный сбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 30).





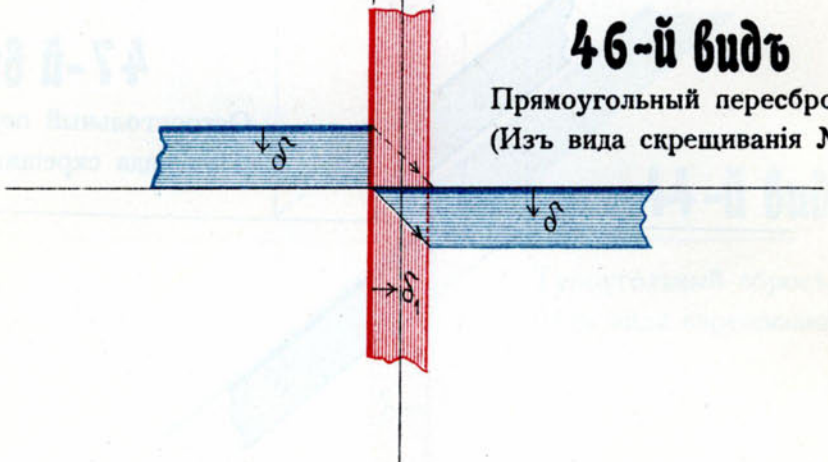
41-й видъ

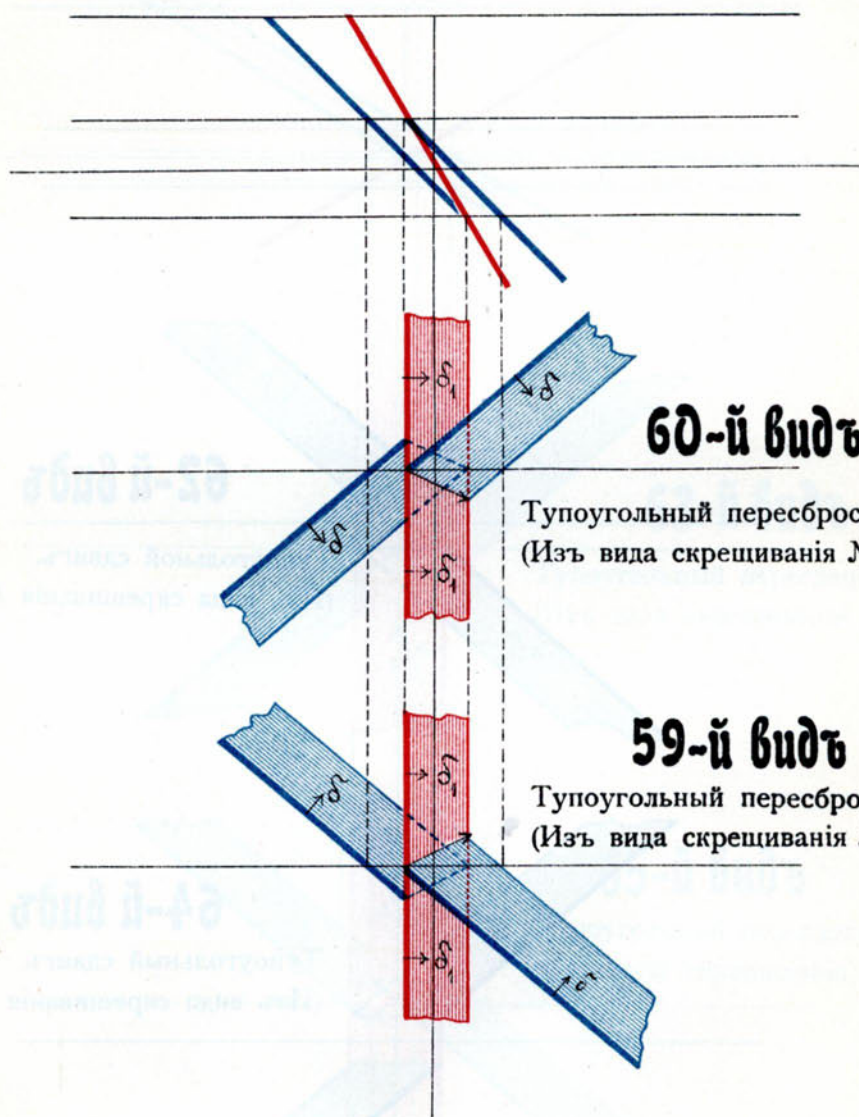
Прямоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 28).



46-й видъ

Прямоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 31).



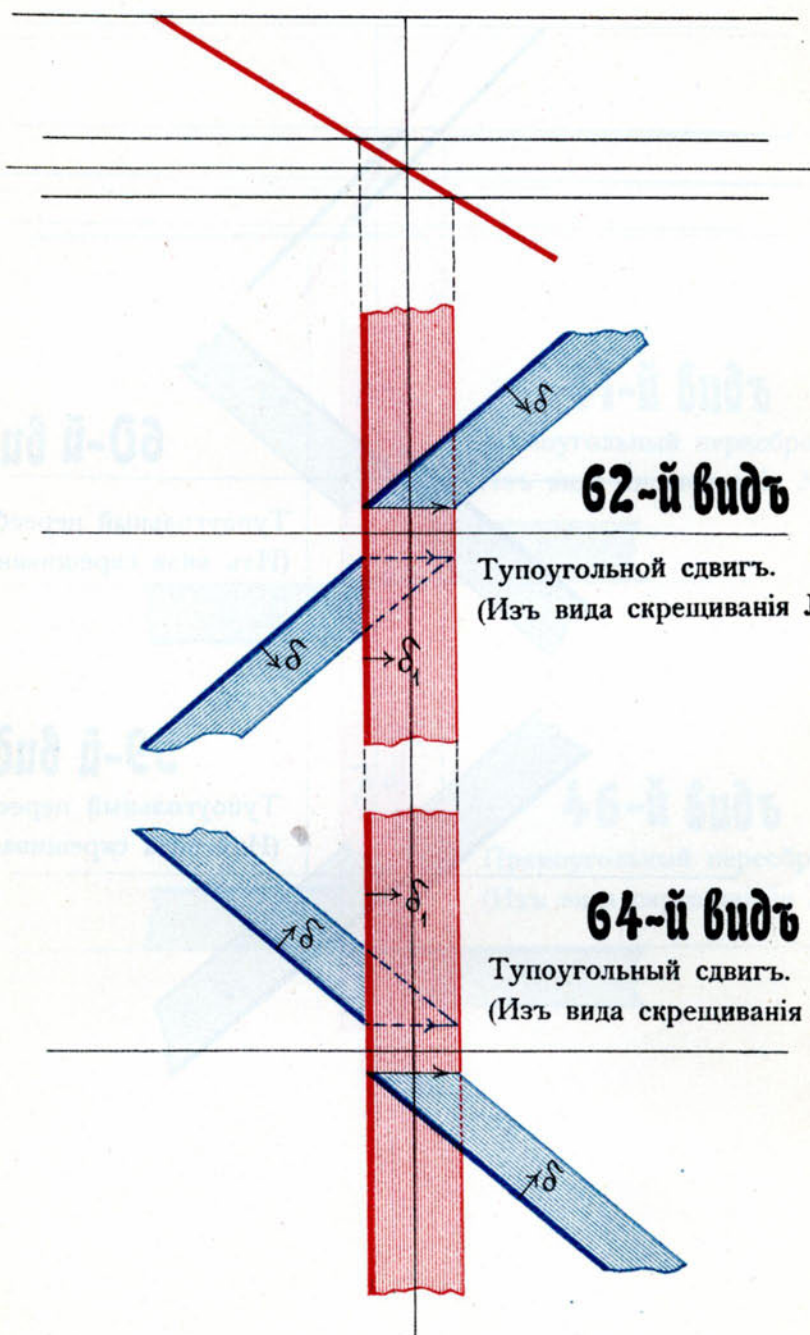


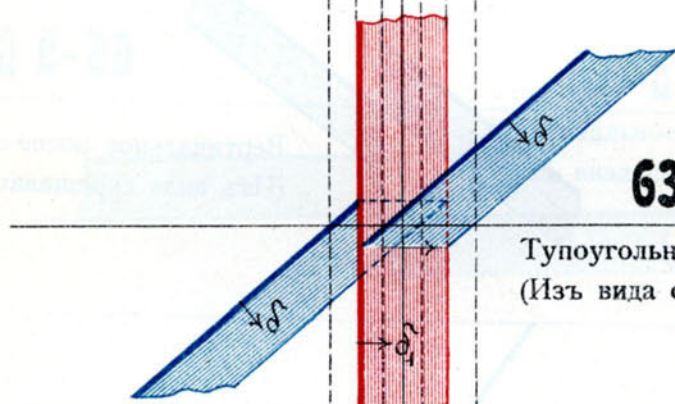
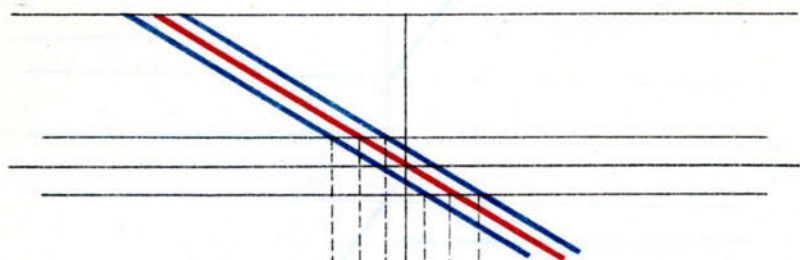
60-й видъ

Тупоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 30).

59-й видъ

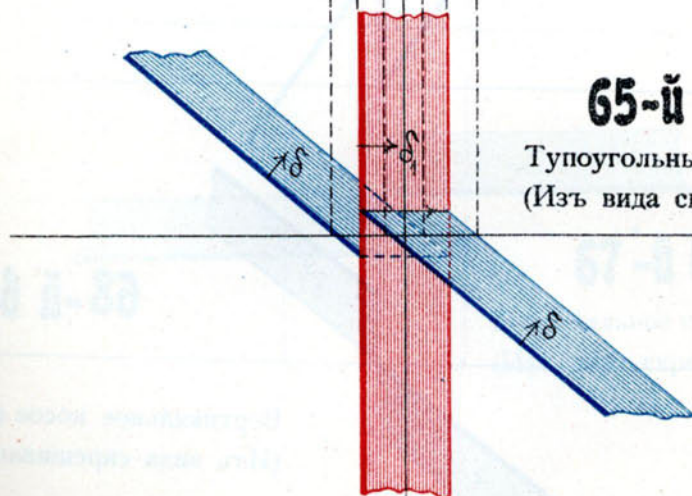
Тупоугольный пересбросъ.
(Изъ вида скрещиванія № 29).





63-й видъ

Тупоугольный пересдвигъ.
(Изъ вида скрещиванія № 33).



65-й видъ

Тупоугольный пересдвигъ.
(Изъ вида скрещиванія № 34).



66-й видъ

Вертикальное косое смѣщеніе.
(Изъ вида скрещиванія № 35).



68-й видъ

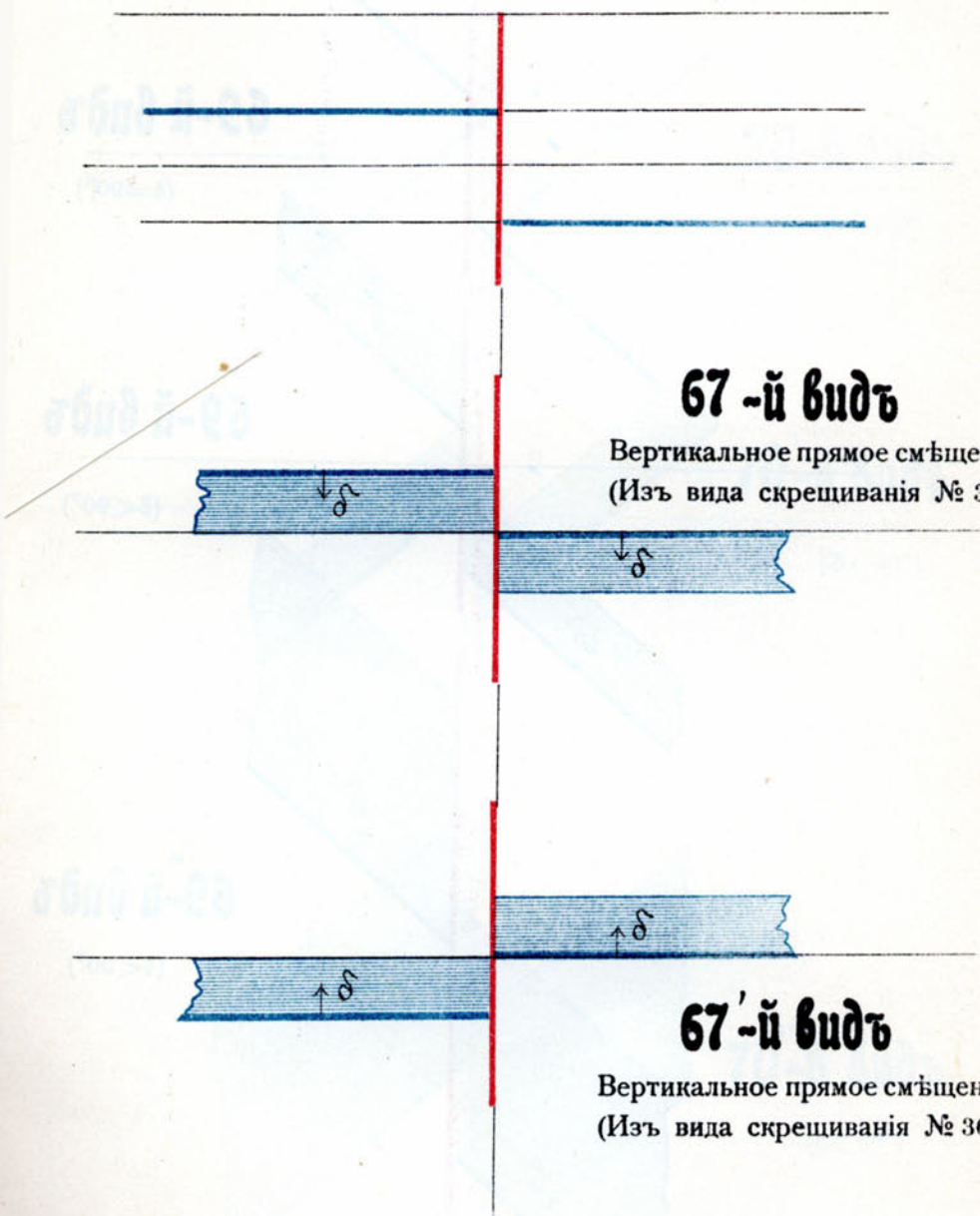
Вертикальное косое смѣщеніе.
(Изъ вида скрещиванія № 35).

67 -й видъ

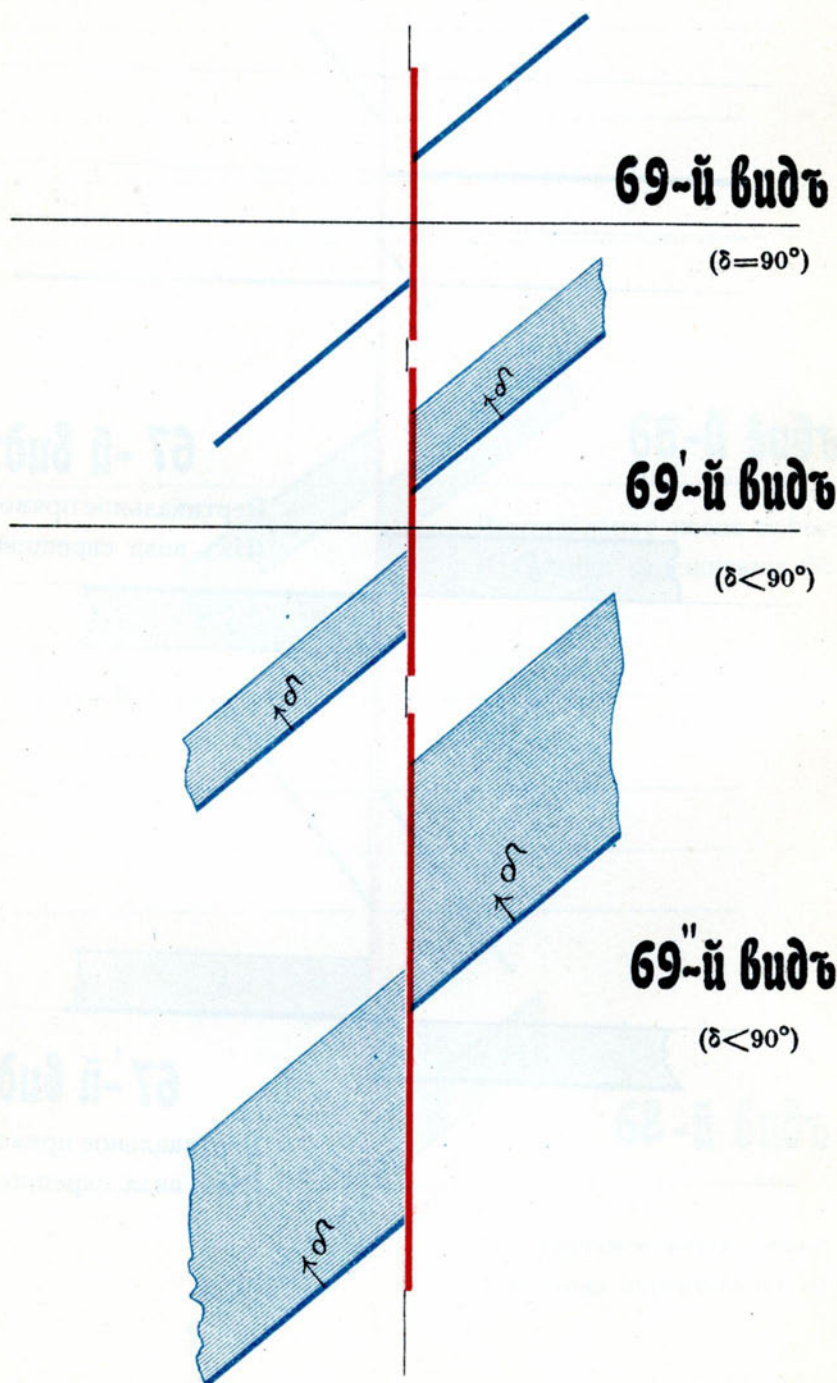
Вертикальное прямое смѣщеніе
(Изъ вида скрещиванія № 36).

67'-й видъ

Вертикальное прямое смѣщеніе
(Изъ вида скрещиванія № 36).



Планы сдвиговъ изъ вида скрещиванія № 37.



Планы пересдвиговъ изъ вида скрещиванія № 37.

7D-й видъ

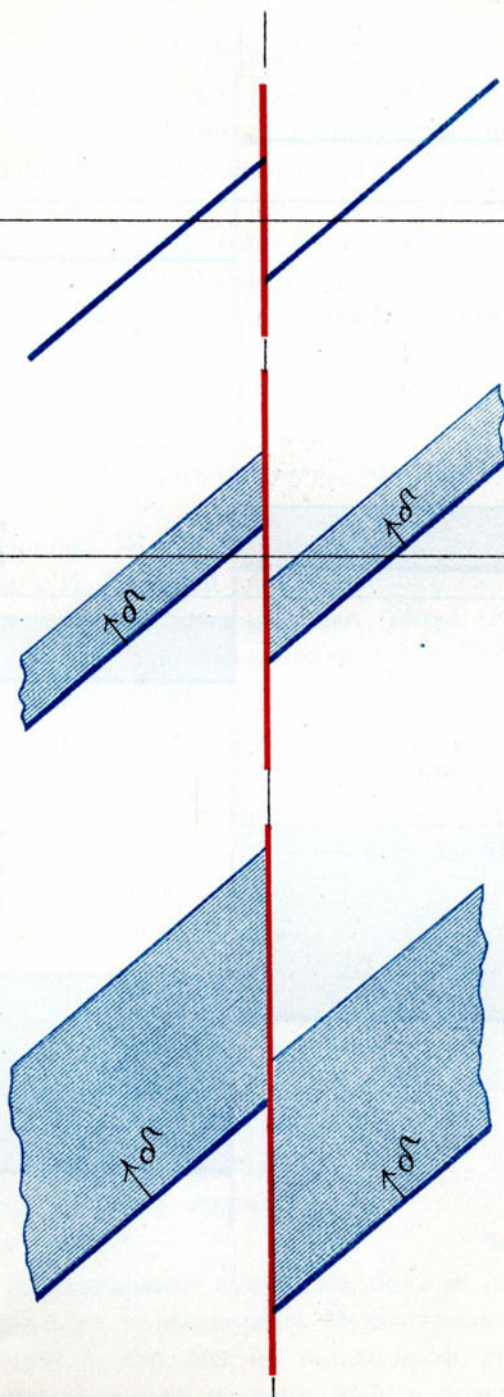
($\delta = 90^\circ$)

7D'-й видъ

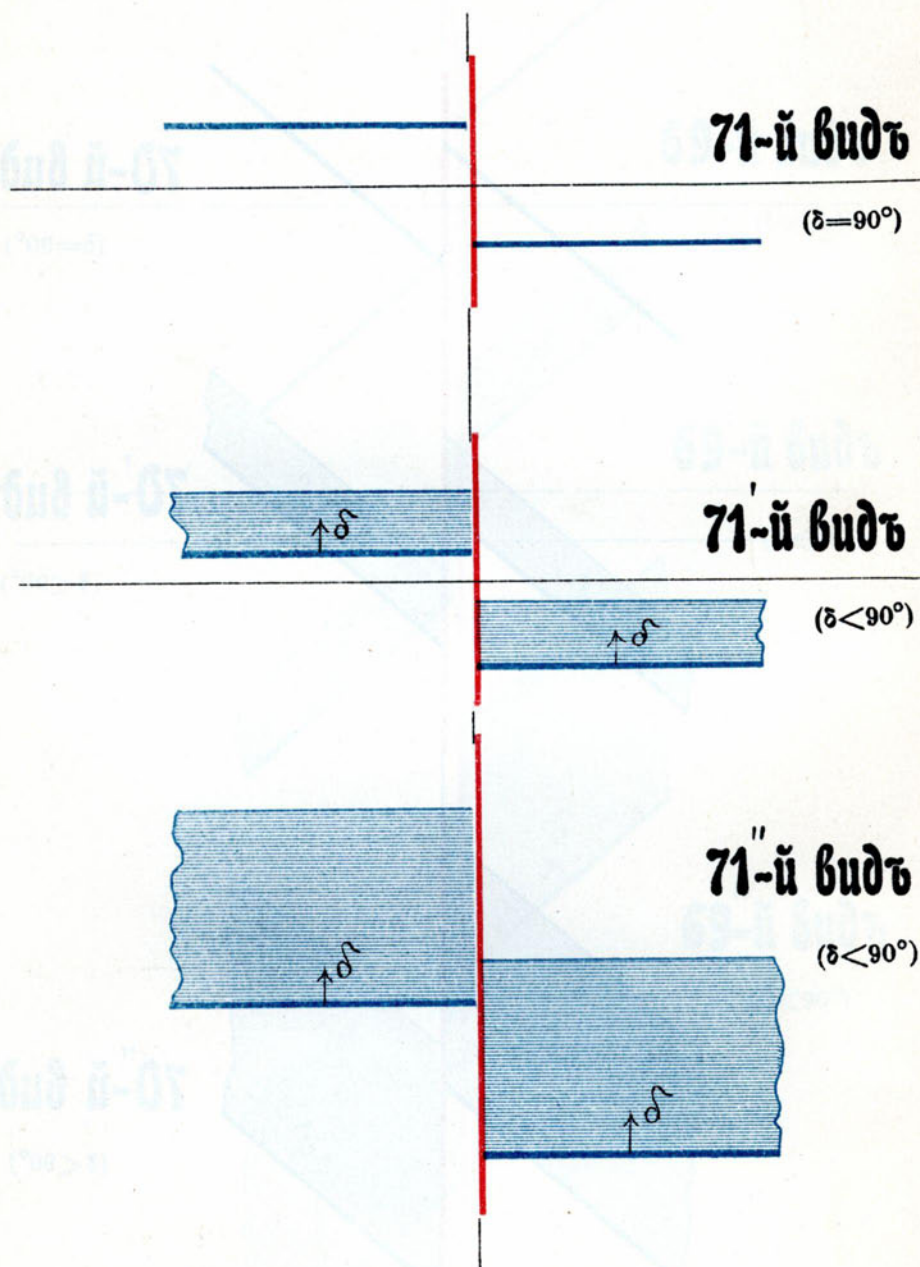
($\delta < 90^\circ$)

7D''-й видъ

($\delta < 90^\circ$)



Планы смѣщеній изъ вида скрещиванія № 38.



Правила отыскиванія смѣщеннаго крыла пласта.

Одинъ изъ важныхъ пробѣловъ въ русской горной литературѣ представляютъ собою правила отыскиванія смѣщеннаго крыла пласта. Эти правила, если и упоминаются и приводятся кое-гдѣ у насъ то какъ-будто вскользь, мимоходомъ, и притомъ въ столь туманныхъ или непонятныхъ выраженіяхъ, что почти исключается возможность примѣнять ихъ на практикѣ. Смыслъ ихъ тѣмъ труднѣе уясняется для читателя, что *въ нашей литературѣ вовсе не-было до сихъ поръ чертежей всѣхъ возможныхъ относительныхъ положеній смѣстителя и смѣщеннаго крыла пласта (жилы)*, такъ что по двумъ тремъ приводимымъ примѣромъ сбросовъ и пересбросовъ, нужно дѣлать заключеніе общаго характера.

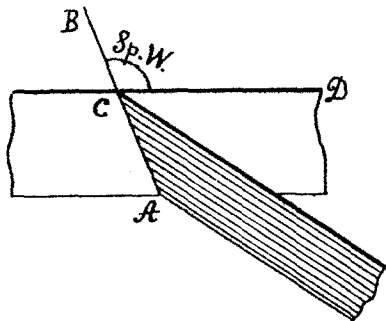
Что-бы не быть голословнымъ, мы приведемъ слѣдующія выписки:

1. Въ „Горномъ Журналѣ“ за декабрь 1887 г., стр. 369—370, горный инженеръ И. Святскій даетъ переводъ съ нѣмецкаго статьи проф. G. Köhler'a („Die Störungen der Gänge, Flötze und Lager“, Leipzig, 1886) и между прочимъ—правило von Karnall'я онъ приводитъ въ такой формулировкѣ:

„Если при проводѣ какой-либо рудничной выработки встрѣчаются висячій бокъ сбрасывателя, то послѣдній нужно пройти и искать висячій бокъ сброшенной части мѣсторожденія. Если-же нападаютъ на лежачій бокъ сбрасывателя, то послѣ прохода его нужно искать лежачій бокъ пласта.“

„При тупыхъ углахъ сброса—правило обратное.“

„Подъ угломъ сброса понимаютъ тотъ уголъ (S p. W., на черт. 96), который образованъ прямою пересѣченія АВ сброшенной части пласта съ тою частью CD линіи простиранія сбрасывателя, которая идетъ къ лежащему боку пласта“.

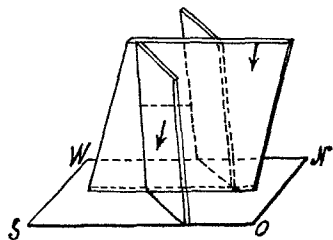


Черт. 96.

2. Эта-же формулировка буквально, безъ малѣйшаго измѣненія, повторена покойнымъ профессоромъ Мушкетовымъ въ „Физической Геологiи“, изд. 1891 г., стр. 508; но только проф. Мушкетовъ дѣлаетъ еще менѣе понятную ссылку на черт. 97-й, и больше—ни слова!

3. Лучшее изложеніе правила отыскиванія смѣщеннаго крыла пласта мы находимъ въ „Курсъ Горнаго Искусства“, изд. Горнаго Института 1891 г., стр. 11, гдѣ говорится:

„Для отысканія сброшенной части пласта по другой сторонѣ сбрасывателя, послѣдній пересекають поперекъ и направляютъ работу по его простиранію или по паденію. Во всякомъ случаѣ одно изъ четырехъ перпендикулярныхъ направленій, въ предѣлахъ простиранія или паденія, приведетъ къ висячему или лежащему боку сброшеннаго пласта. Понятно, что въ сбросѣ по простиранію развѣдка по простиранію сбрасывателя не производится.



Черт. 97.

„Въ поперечныхъ и косыхъ сбросахъ развѣдку можно вести по паденію или по простиранію; послѣдній способъ обыкновенно предпочитается.

„Для сбросовъ-же въ тѣсномъ смыслѣ слова, когда сброшенная часть пласта находится въ висячемъ боку сбрасывателя ниже, чѣмъ въ лежачемъ, служитъ слѣдующее правило:

„Если забой выработки находится въ висячемъ боку сбрасывателя, то послѣдній пересекають поперекъ и развѣдываютъ въ висячемъ боку сброшеннаго пласта, и наоборотъ, ведутъ развѣдку въ лежачемъ боку сброшеннаго пласта, если забой выработки встрѣнитъ сперва лежащій бокъ сбрасывателя.

„Для косыхъ сбросовъ съ тупымъ угломъ сброса это правило примѣняютъ въ обратномъ смыслѣ.

„Опредѣливъ простираніе и паденіе сбрасывателя и пласта и, на основаніи этихъ данныхъ, построивъ или вычисливъ положеніе линіи пересѣченія, легко опредѣлить, какой уголъ сброса имѣется въ данномъ случаѣ: острый или тупой.

„Приведенное выше правило примѣнимо только для сбросовъ, для пересбросовъ-же его примѣняютъ въ обратномъ смыслѣ“.

Къ сожалѣнію, всѣ эти слова не сопровождаются никакими дальнѣйшими поясненіями, никакими примѣрами и, что досаднѣе всего, здѣсь не дано точнаго опредѣленія „угла сброса“, такъ что остается полная неопредѣленность, въ какихъ случаяхъ его нужно считать острымъ, въ какихъ — тупымъ.

4. Еще хуже обстоитъ дѣло съ изложеніемъ на русскомъ языкѣ правила Циммерманна.

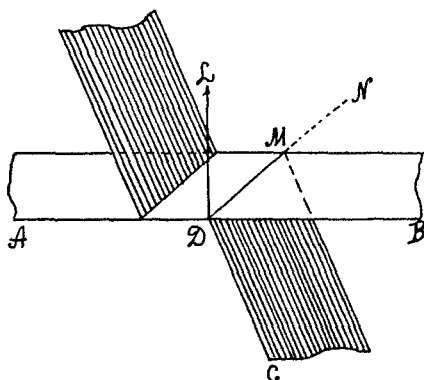
Въ цитированномъ уже переводѣ статьи проф. Köhler'a г. Святскаго по этому поводу предлагается читателю разобраться въ ниже-слѣдующихъ загадочныхъ словахъ:

„Правило берграта Циммерманна изъ Кляусталя годится также въ случай тупого угла сброса.

„Это правило выражается такъ:

„Нужно возставить въ точки

„D (черт. 98), въ которой встрѣ-
„чень работами (изъ C) сбрасы-
„ватель, къ линіи простиранія
„его AB перпендикуляръ LD (ле-
„жащій въ горизонтальной пло-
„скости) въ сторону мѣсторож-
„денія; затѣмъ опредѣляютъ по-
„ложеніе прямой DM, въ кото-
„рой пересѣкаются плоскости
„сбрасывателя и пласта, продол-
„жаютъ прямую DM въ сторону
„противоположнаго залѣганія и
„откладываютъ часть $= DN$ (!), затѣмъ наблюдаютъ, въ какую сто-
„рону сторону отклоняется перпендикуляръ DL, направленный къ
„противоположному залѣганію отъ линіи пересѣченія и, пройдя сбрасы-
„ватель, ищутъ сброшенную часть въ той-же сторонѣ, въ которую
„направленъ перпендикуляръ DL (слѣдовательно, на черт. 98—въ сто-
„рону A)“.



Черт. 98.

Засимъ слѣдуетъ легко понятное изложеніе способа опредѣленія построеніемъ линіи скрещиванія и абсолютно непонятные примѣры приложенія правила.

5. Все сказанное у г. Святскаго буквально повторено у проф. Мушкетова.

Въ другихъ руководствахъ по геологіи и горному искусству намъ также не удалось найти сколько-нибудь удовлетворительнаго изложенія ни правила Циммерманна, ни другихъ правилъ.

Между тѣмъ съ давнихъ поръ даже въ нѣмецкой литературѣ неоднократно появлялись статьи, въ которыхъ специалисты прямо или косвенно указываютъ на непонятность или плохую формулировку правилъ Шмидта и др.

Для примѣра мы укажемъ хотя-бы на статью B. Homann'a (Mitteilungen aus d. Markscheiderwesen, 1892, H. VI, подъ заглавіемъ: „Geschichtliche Entwicklung der Lehre von den Gebirgsstörungen“),

гдѣ (стр. 10) онъ говоритъ, что „правила Шмидта выражены отчасти неясно, отчасти неполно, отчасти неправильно“.

Второй примѣръ: *R. Hausse* въ своемъ большомъ трактатѣ о сбросахъ и сдвигахъ („Die Verwerfungen“ etc. въ „Zeitschr. f. d. Berg-Hütten u. Salinen-Wesen im Preuss. Staaten“, 1903) говоритъ, что правило Циммерманна „schwer verständlich ist und ihre Anwendung Schwierigkeiten macht“ (стр. 48), т. е., что оно трудно поддается пониманію и трудно приложимо на практикѣ.

Такъ говорятъ сами нѣмецкіе специалисты о нѣмецкихъ-же формулировкахъ этихъ правилъ.

Отсюда понятна причина тѣмъ болѣе плохихъ формулировокъ ихъ на русскомъ языкѣ.

Вотъ почему, приводя въ этой книгѣ всѣ возможные виды смѣщеній, выведенные мною независимо отъ нѣмецкихъ авторовъ, трактующихъ тотъ-же вопросъ (*Zimmermann*, *Dannenberg*, *Hausse*), я рѣшаюсь предложить свои формулировки всѣхъ до нынѣ извѣстныхъ правилъ, прибавивъ къ нимъ свое, такъ что читатель легко можетъ убѣдиться въ ихъ приложимости или неприложимости, попробовавъ каждое на любомъ видѣ смѣщенія.

Но при этомъ мы будемъ уже при формулировкѣ правилъ подразумевать введенныя нами выше условія: 1) о направленіи простиранія пласта (стр. 8), 2) о направленіи линіи скрещиванія (стр. 116) и 3) о началѣ и направленіи отсчитыванія угла смѣщенія (стр. 171).

Наконѣцъ замѣтимъ, что чрезвычайно важнымъ недостаткомъ даже нѣмецкой литературы составляетъ то обстоятельство, что авторы, давая различные виды смѣщеній, ограничиваются или перспективнымъ ихъ изображеніемъ, или изображеніемъ только въ планѣ, только въ рѣдкихъ случаяхъ приводя профили смѣщеній. Перспективное изображение, правда, передаетъ читателю довольно ясное представленіе объ относительномъ положеніи крыльевъ пласта и смѣстителя, но оно не можетъ дать *геометрически—точного* представленія. Изображеніе-же вида смѣщенія только въ планѣ (безъ профиля) не только не даетъ полного геометрическаго представленія объ относительномъ положеніи крыльевъ пласта и смѣстителя, но даже въ большинствѣ случаевъ не даетъ достаточныхъ признаковъ для отличія сброса отъ пересброса, что въ свою очередь вводитъ неизбѣжную путанницу въ примѣрахъ примѣненія правилъ отыскиванія смѣщенного крыла (ибо всегда правила имѣютъ обратный смыслъ при сбросахъ, чѣмъ при пересбросахъ). Поэтому здѣсь мы каждый видъ смѣщенія изображаемъ не только въ планѣ, но и въ профили: на профили прямо оче-

видно, опустилось, или поднялось висячее крыло пласта относительно лежащего, т. е. сразу читатель видитъ, имѣетъ-ли онъ дѣло со сбросомъ или пересбросомъ.

І. Старое правило.

Это правило принадлежитъ неизвѣстному автору, имя котораго затерялось во мракѣ протекшихъ столѣтій. Впервые въ литературѣ, „старое правило“ встрѣчается въ сочиненіи Agricolaе: „*De re metallica*“ изданномъ въ 1657 г. въ Базелѣ; его мы формулируемъ въ русскомъ переводѣ такъ:

„*При сбросѣ слѣдуетъ, пройдя сбрасыватель насквозь, вести развѣдочную выработку горизонтально въ сторону тупого угла, образуемаго пластомъ со смѣстителемъ*“.

„*При пересбросѣ—наоборотъ*“.

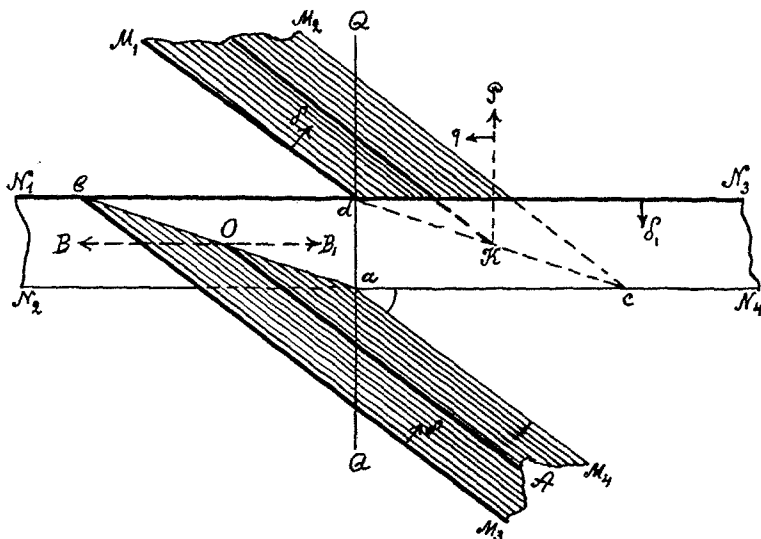
Это правило обыкновенно понимается въ томъ смыслѣ, что подъ угломъ между пластомъ и смѣстителемъ разумѣется уголъ между *простираніями* смѣстителя и висячаго крыла пласта (жилы).

Такимъ опредѣленіемъ угла между смѣстителемъ и пластомъ и объясняется неприменимость этого правила въ огромномъ большинствѣ случаевъ практики. R. Dannenberg въ своей книгѣ „*Ueber Verwerfungen*“ (Freiberg in Sachsen, 1884) говоритъ, что „старое правило не приложимо при всѣхъ остроугольныхъ сбросахъ съ несогласнымъ паденіемъ пласта и смѣстителя“; но въ дѣйствительности оно неприменимо также и во всѣхъ прямоугольныхъ (поперечныхъ сбросахъ и сдвигахъ (такъ здѣсь нѣтъ ни тупого ни острого угла) и во многихъ косоугольныхъ пересбросахъ, въ чемъ не трудно убѣдиться, пробуя прилагать это правило къ каждому изъ видовъ смѣщеній. И тогда, конечно, ясно, что старое правило, въ виду огромнаго количества исключеній, также какъ и въ виду неприменимости его къ поперечнымъ смѣщеніямъ, теряетъ всякое теоретическое значеніе; за нимъ можетъ остаться (и дѣйствительно остается) только нѣкоторое практическое значеніе для тѣхъ лишь рудничныхъ районовъ, гдѣ случайно имѣютъ дѣло лишь съ немногими видами смѣщеній, какъ разъ удовлетворяющихъ „старому правилу“.

Однако, если въ „старомъ правилѣ“, мы подъ угломъ пласта со смѣстителемъ будемъ разумѣть не уголъ между ихъ *простираніями*, а уголъ между ихъ *плоскостями*, тогда число видовъ смѣщеній, при которыхъ можно производить развѣдки по „старому правилу“ чрезвычайно расширяется, такъ что получится самое незначительное число исключеній.

Примѣръ 2.

Черт. 100-й представляетъ планъ смѣщенія, принадлежащаго къ типу № 50, т. е. это есть сбросъ съ несогласнымъ паденіемъ пласта и смѣстителя, причемъ уголъ δ приблизительно равенъ δ_1 .



Черт. 100.

Здѣсь уголъ, образуемый линіями простиранія смѣстителя и висячаго крыла пласта, т. е. уголъ M_3bN_3 острый, поэтому, согласно обычной формулировкѣ „старого правила“, если выработкой AO въ висячемъ крылѣ пласта мы дошли до смѣстителя, то отсюда должны-бы, пройдя смѣститель, повести развѣдку въ сторону OB , въ каковомъ направленіи сброшеннаго крыла пласта не найдемъ, т. е. правило неприменимо.

Но если, согласно нашему предложенію, мы будемъ ориентироваться по углу между плоскостями, то развѣдку должны вести въ сторону OB_1 , и если двугранный уголъ M_3abN_3 тупой, то по этому направленію дѣйствительно встрѣтимъ второе крыло dcM_1M_2 , т. е. „старое правило“ окажется справедливымъ.

II. Правило Schmidt'a.

Это правило изложено въ сочиненіи Schmidt'a: „*Theorie der Verschiebungen älterer Gänge*“, изданномъ въ 1810 г. во Франкфуртѣ.

По замѣчанію дортмундскаго маркшейдера В. Homann'a, правила Шмидта неясны, неполны и имѣютъ исключенія.

Преподаватель горнаго искусства въ Королевской Саарбрюкен-

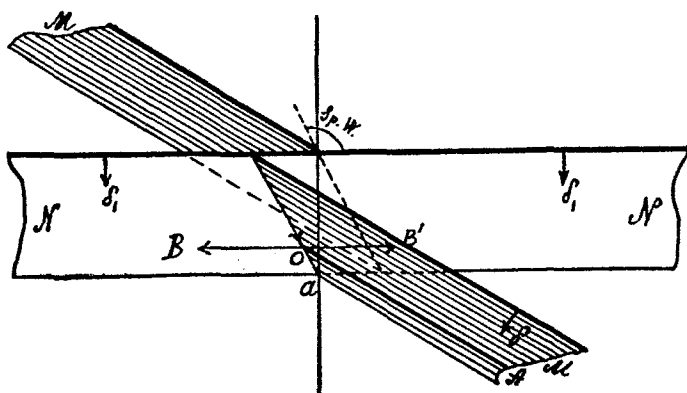
Примѣръ 3.

Наоборотъ, если-бы выработкой $A'd$ по пласту M' (т. е. по лежащему крылу его,—ибо эта часть его прилегасть къ лежащему боку сбрасывателя) мы встрѣтили пересбросъ въ d , то отсюда, согласно правилу Шмидта, нужно повести развѣдочную выработку db въ сторону породъ висячаго бока пласта $M'dc$, ибо въ этомъ случаѣ паденіе сбрасывателя NN направлено **отъ** выработки $A'd$.

Примѣръ 4.

Теперь мы приведемъ примѣръ неприменимости правила Шмидта.

Пусть въ случаѣ смѣщенія (черт. 102), представляющаго видъ № 52, т. е. сбросъ съ согласнымъ паденіемъ при $\delta > \delta_1$, мы встрѣтили сбрасыватель въ O выработкой AO въ висячемъ крылѣ пласта, причемъ, какъ видно изъ чертежа, паденіе сбрасывателя направлено **къ** выработкѣ.



Черт. 102.

По правилу Шмидта здѣсь, пройдя сбрасыватель, слѣдовало-бы повести развѣдку OB въ сторону породъ, составляющихъ висячій бокъ пласта; въ дѣйствительности-же въ данномъ случаѣ, идя въ этомъ направленіи, смѣщеннаго крыла пласта мы не встрѣтимъ.

Правило Шмидта неприменимо вообще при всѣхъ сбросахъ и пересбросахъ съ согласнымъ паденіемъ, если паденіе пласта δ больше паденія смѣстителя δ_1 (см. виды №№ 31, 38, 52 и 55), также и въ видахъ №№ 39, 56, 57 (гдѣ $\delta = 90^\circ$) и въ видахъ №№ 66, 67, 68 (гдѣ $\delta_1 = 90^\circ$), т. е. вообще тамъ, гдѣ или пласть или смѣститель вертикальны.

III. Правило Zimmermann'a.

Это правило опубликовано авторомъ въ книгѣ: „Die Wiederausrichtung verborgener Gänge“ etc., изданной въ 1827 г. въ Лейпцигѣ.

Дословный (и потому абсолютно непонятный) русскій переводъ съ нѣмецкаго правила Циммерманна мы привели уже выше; но нужно сказать, что даже и въ нѣмецкомъ подлинникѣ правило это выражено столь неясно и неопредѣленно, что R. Hausse считаетъ необходимымъ истолковать его совершенно по своему, а именно:

„При сбросахъ:

„Если выработкой въ висячемъ крылѣ пласта встрѣтили сбрасыватель, то строятъ линію скрещиванія*) опустившагося крыла, черезъ точку встрѣчи со сбрасывателемъ опускаютъ перпендикуляръ къ линіи его простиранія въ сторону породъ лежачаго бока пласта, если сбросъ съ согласнымъ паденіемъ (и въ сторону породъ висячаго бока— если паденія несогласныя) и ведутъ развѣдку въ ту сторону, въ которую отклоняется перпендикуляръ отъ линіи скрещиванія.

„Если-же сбрасыватель встрѣченъ выработкой въ лежащемъ крылѣ пласта то, построивъ линію скрещиванія лежачаго крыла, опускаютъ перпендикуляръ черезъ точку встрѣчи со сбрасывателемъ въ сторону породъ лежачаго или висячаго бока пласта, смотря по тому, согласно или не согласно падаютъ пластъ и сбрасыватель, и ведутъ развѣдку въ ту сторону, въ которую уклоняется перпендикуляръ отъ линіи скрещиванія.

„При пересбросахъ—правило обратное“.

Примѣръ 1 (черт. 99).

Положимъ, что выработкой M_3b въ висячемъ крылѣ пласта достигли сбрасывателя въ b ; тогда, въ случаѣ согласнаго паденія (какъ здѣсь), построивъ линію скрещиванія abE и проведя перпендикуляръ bP въ сторону породъ лежачаго бока, видимъ, что этотъ перпендикуляръ отклоняется отъ линіи скрещиванія въ направленіи стрѣлки q ; слѣдовательно и развѣдку смѣщеннаго крыла нужно вести въ томъ-же направленіи, т. е. по bd .

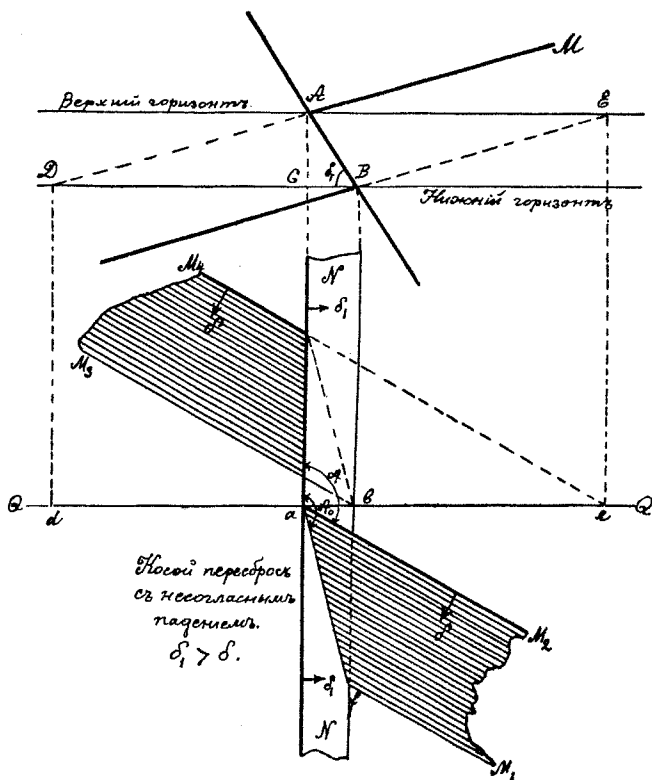
Примѣръ 2 (черт. 99).

Если-бы выработкою M_1d въ лежащемъ крылѣ пласта встрѣтили сбрасыватель въ d , то согласно правилу, отсюда нужно повести развѣдку въ сторону db .

*) Причемъ направленіе ея считается вверхъ (а не внизъ, какъ мы принимаемъ).

Примѣръ 3 (черт. 103).

Въ случаѣ пересброса съ несогласнымъ паденіемъ, если смѣститель встрѣченъ въ a выработкой M_2a въ висячемъ крылѣ, то изъ a нужно повести развѣдку въ направленіи ac .



Черт. 103.

Вмѣсто приведенной формулировки R. Hausse, мы предложили бы такое изложеніе Циммерманновскаго правила:

„Въ случаѣ сброса съ согласнымъ паденіемъ, въ томъ пунктѣ, гдѣ „выработкой въ висячемъ боку пласта встрѣченъ сбрасыватель, нужно „провести линію возстанія его и линію скрещиванія*) и вести развѣдку „въ ту сторону, въ которую отклоняется линія возстанія отъ линіи „скрещиванія.

„При несогласномъ паденіи вмѣсто линіи возстанія нужно про- водить линію паденія.

„При пересбросахъ—правило обратное“.

*) Считая ея направленіе вверхъ.

Примѣръ 4 (черт. 99).

Пусть выработкой M_4a по висячему крылу пласта мы достигли въ a сброса съ согласнымъ паденіемъ пласта и трещины. Тогда, что-бы опредѣлить то направленіе, въ которомъ слѣдуетъ искать сброшенное крыло пласта послѣ прохода сквозь сбрасыватель, мы строимъ линію скрещиванія ab и линію возстанія сбрасывателя ad , которая уклоняется въ сторону ac отъ ab ; слѣдовательно по ac мы и должны вести развѣдку.

Понятно, что если-бы выработка, достигшая сброса, была не M_4a , а M_3b , то линія возстанія сбрасывателя была-бы bP , а линія скрещиванія— bE , и искать сброшенное нужно искать въ ту-же сторону, какъ и прежде, т. е. по bd .

IV. Правило von-Carnall'я.

Правило фонъ-Карналля изложено имъ въ сочиненіи: „Die Sprünge in Steinkohlengebirge“, изданномъ въ 1835 г. въ Берлинѣ.

Его правило формулируется такъ:

„Если имѣетъ мѣсто сбросъ съ острымъ угломъ сброса *) и встрѣ-
„ченный сбрасыватель имѣетъ паденіе къ выработкѣ, то, пройдя сбрасыватель, нужно вести развѣдку въ породахъ, составляющихъ кровлю
„пласта; если-же паденіе сбрасывателя направлено отъ выработки, то
„въ породахъ, составляющихъ его почву (т. е. въ породахъ лежащего
„бока пласта)“.

„При сбросахъ съ тупымъ угломъ сброса—наоборотъ.

„При пересбросахъ—все наоборотъ“.

Это правило исключеній не имѣетъ.

Примѣръ 1 (черт. 99).

Пусть выработкой AO мы встрѣтили въ O сбросъ съ острымъ угломъ сброса *), причемъ паденіе сбрасывателя направлено къ выработкѣ. Построивъ линію скрещиванія abE и получивъ уголъ сброса $Sp.W.=EbN_2$, видимъ что онъ острый; слѣдовательно, пройдя сбрасыватель насквозь, должно искать сброшенное крыло въ сторону породъ, составляющихъ кровлю пласта M_3M_4ab , т. е. въ направленіи bd .

*) Подъ угломъ сброса фонъ-Карналль разумѣетъ уголъ между линіей простиранія сбрасывателя и линіей скрещиванія, направленіе которой считаетъ онъ вверхъ, а не внизъ, какъ мы поэтому на черт. 99 по ф.-Карналлю уголъ сброса $Sp.W.=EbN_2$ —острый, по нашему-же счету здѣсь уголъ сброса есть N_2ba —тупой.

Примѣръ 2 (черт. 102).

Пусть въ случаѣ сброса съ тупымъ *) угломъ сброса выработкой AO въисячемъ крылѣ пласта мы встрѣтили въ O сбрасыватель, паденіе котораго направлено къ выработкѣ.

Тогда, по правилу фонъ-Карналля, для отысканія сброшеннаго крыла пласта нужно, пройдя сбрасыватель насквозь, повести развѣдочную выработку въ направленіи породъ, составляющихъ почву пласта, т. е. въ направленіи OB' , которое дѣйствительно и приведетъ къ желаемому результату.

V. Правило R. Hausse.

Германскій горный инженеръ *R. Hasse* помѣстилъ въ „*Zeitschrift für das Berg-Hütten-und Salinen-wesen im Preussische Staate*“, 1903 г., В. 51, Н. 1—2, свой трудъ: „*Die Verwerfungen, insbesondere ihre Konstruktion, Berechnung und Ausrichtung*“, въ которомъ подробно изслѣдуетъ математически и графически соотношенія между различными величинами, характеризующими различные виды смѣшеній. Для каждаго отдѣльнаго типа смѣшенія онъ даетъ особое правило отысканія. Но, основываясь на томъ, что для всѣхъ видовъ сбросовъ и пересбросовъ всѣ возможные направленія развѣдочныхъ выработокъ (отъ мѣста встрѣчи со смѣстителемъ до разыскиваемаго крыла пласта) лежатъ въ тупомъ углу, образованномъ линіей скрещиванія съ линіей простиранія смѣстителя, онъ даетъ и общую формулировку всѣхъ отдѣльныхъ частныхъ правилъ въ слѣдующихъ выраженіяхъ:

„*Построивъ линію скрещиванія того крыла, выработкой въ которой встрѣченъ смѣститель, черезъ точку встрѣчи проводятъ линію паденія смѣстителя въ сторону другого крыла и развѣдку ведутъ между линіей паденія смѣстителя и той частью линіи его простирания, съ которой линія скрещиванія образуетъ тупой уголъ*“.

Выраженное въ такой формѣ правило *Hausse* приложимо ко всѣмъ видамъ сбросовъ и пересбросовъ, какъ согласно, такъ и несогласно падающихъ. Но только нужно обратить вниманіе, что въ словахъ этого правила: „въ сторону другого крыла“ и заключается различіе приложимости его при сбросахъ и пересбросахъ, ибо оно требуетъ, чтобы напередъ извѣстно было, опустилось-ли другое крыло внизъ по паденію смѣстителя, или поднялось вверхъ по возстанію его, что, какъ извѣстно, и служитъ единственнымъ отличіемъ сброса отъ пересброса.

*) По обозначенію ф.-Карналля.

Примѣръ 3 (черт. 103).

Въ случаѣ пересброса съ несогласнымъ паденіемъ, если смѣститель встрѣченъ въ *a* выработкой *M_{2a}* въ висячемъ крылѣ пласта, то, проведя линію *паденія ab* смѣстителя (ибо при пересбросѣ лежащее крыло должно быть ниже по паденію смѣстителя, чѣмъ висячее), видимъ, что тупой уголъ съ линіей скрещиванія *af* составляетъ часть *aC* линіи простиранія смѣстителя; слѣдовательно развѣдку здѣсь нужно вести въ сторону угла *baC*.

VI. Предлагаемое мною правило.

Выводъ своего правила мы обосновываемъ на самомъ опредѣленіи понятій о „сбросахъ“ и „пересбросахъ“. *Сбросами* мы условились называть такіе смѣщенія, при которыхъ висячее крыло пласта оказывается опустившимся внизъ по смѣстителю (по какому-нибудь направленію въ плоскости смѣстителя), а *пересбросами*—такіе, при которыхъ висячее крыло пласта оказывается приподнятымъ относительно лежачаго. Слѣдовательно:

1) При сбросахъ линія скрещиванія висячаго крыла пласта находится всегда ниже (считая по направленію *линіи паденія смѣстителя*), чѣмъ линія скрещиванія лежачаго крыла пласта, и

2. При пересбросахъ—наоборотъ: линія скрещиванія висячаго крыла пласта всегда выше (считая по направленію линіи возстанія смѣстителя), чѣмъ линія скрещиванія лежачаго крыла пласта.

А такъ какъ отысканіе смѣщенного крыла въ сущности сводится къ отысканію второй линіи скрещиванія, то слѣдовательно положеніе линіи скрещиванія въ мѣстѣ встрѣчи выработки со смѣстителемъ и должно служить руководящимъ признакомъ для опредѣленія направленія, по которому нужно искать второе крыло пласта. Дѣйствительно, просматривая внимательно прилагаемые при семъ чертежи въ краскахъ всѣхъ видовъ косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній, легко замѣтить, что:

1. При всѣхъ сбросахъ лежащее крыло пласта находится относительно висячаго въ ту сторону, *считая по простиранію смѣстителя*, въ которую направлена *) линія скрещиванія висячаго крыла пласта.

2. При всѣхъ сбросахъ висящее крыло пласта находится относительно лежачаго въ сторону (считая по простиранію смѣстителя)

*) Причемъ за направленіе линіи скрещиванія мы принимаемъ ея направленіе внизъ, что и обозначено на чертежахъ стрѣлкою на самой линіи скрещиванія.

обратную той, въ которую направлена линія скрещиванія лежачаго крыла.

3. При всѣхъ пересбросахъ лежащее крыло пласта находится относительно висячаго въ сторону (считая по простиранію смѣстителя) обратную той, въ которую направлена линія скрещиванія висячаго крыла.

4. При всѣхъ пересбросахъ висящее крыло пласта находится относительно лежачаго въ ту сторону (считая по простиранію смѣстителя), въ которую направлена линія скрещиванія лежачаго крыла.

Соединяя эти 4 пункта въ одну общую формулу, мы и предлагаемъ слѣдующее правило:

„Встрѣтивъ сбросъ въ висячемъ крылѣ, или пересбросъ—въ лежащемъ крылѣ пласта, ведемъ развѣдку въ сторону (считая по простиранію смѣстителя) паденія линіи скрещиванія; встрѣтивъ-же сбросъ въ лежащемъ крылѣ, или пересбросъ—въ висячемъ, ведемъ развѣдку въ сторону возстанія линіи скрещиванія“.

Правило это исключеній не имѣетъ.

[Въ своей статьѣ: *„Правила отыскиванія сброшенныхъ и пересброшенныхъ частей пластовыхъ залежей“*, помѣщенной въ „Сборникѣ техническихъ статей Горнозаводскаго Листка“, 1906 г. № 2—3, мы предлагаемъ выводъ своего правила, принимая во вниманіе направленіе силъ, производящихъ смѣщеніе пласта].

Преимущество своего правила мы полагаемъ въ его простотѣ и общности.

Примѣненіе его на практикѣ не можетъ встрѣтить никакихъ затрудненій, ибо, измѣривъ въ рудникѣ простиранія и паденія пласта и смѣстителя мы легко вычислимъ по формулѣ I (стр. 176) уголъ сброса A_0 и опредѣлимъ такимъ образомъ положеніе линіи скрещиванія, или-же не менѣе легко можемъ опредѣлить эту линію построениемъ, какъ указано на стр. 118, послѣ чего останется только приложить вышеформулированное правило наше.

Примѣръ 1 (черт. 99).

Для случая сброса, изображеннаго на этомъ чертежѣ, если сбрасыватель встрѣченъ въ a выработкой M_4a въ висячемъ крылѣ, то развѣдку нужно вести въ сторону паденія линіи скрещиванія ba , т. е. въ сторону ac (по простиранію смѣстителя).

Примѣръ 2 (черт. 100).

Для этого сброса, если сбрасыватель встрѣченъ въ O выработкой AO въ висячемъ крылѣ, развѣдку нужно вести въ сторону паденія линіи скрещиванія ba , т. е. въ сторону OB_1 .

Примѣръ 3 (черт. 101).

При этомъ пересбросѣ, если смѣститель встрѣченъ въ O выработкой AO въ висячемъ крылѣ, развѣдку другого крыла нужно повести въ направленіи обратномъ направленію паденія линіи скрещивающаго ba , т. е. въ направленіи OB (по простираію смѣстителя).

Примѣръ 4.

Для случая пересброса (черт. 103), если смѣститель встрѣченъ въ a выработкой M_2a въ висячемъ крылѣ пласта, то, построивъ линію скрещиванія af и видя, что она имѣетъ паданіе отъ a къ f , мы должны разыскивать другое крыло въ обратномъ направленіи (по простиранію смѣстителя), т. е. въ направленіи aC .

Примѣръ 5 (черт. 103).

Для случая того-же пересброса, но встрѣченнаго выработкой M_3b въ лежащемъ крылѣ, мы должны повести развѣдку въ сторону паденія линіи скрещиванія, т. е. въ направленіи bf .

Примѣръ 6 (черт. 102).

Для этого сброса, если выработкой AO встрѣченъ сбрасыватель въ O , развѣдку нужно повести въ томъ-же направленіи по простиранію сбрасывателя, куда направлена линія скрещиванія, т. е. въ направленіи OB' .

Екатеринославъ
1906 г.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ.

А. Русской.

- Гехтъ. (Перев. съ нѣм.) *Простой способъ опредѣлить крестовую линію двухъ жилъ.* „Горный Журналъ“. 1827, X, стр. 69.
- Н. Коврайскій. *Приложеніе формулы Хопкинса къ опредѣленію угла паденія и направленія линіи паденія пласта по тремъ даннымъ точкамъ не на одной прямой.* „Горный Журналъ“. 1864, IV, стр. 377.
- Н. Коврайскій. *Приложеніе формулы Понсона къ опредѣленію угла паденія и линіи паденія пласта по двумъ косвеннымъ паденіямъ въ плоскости пласта.* „Горный Журналъ“. 1864, IV, стр. 382.
- Кочержинскій. *По тремъ даннымъ точкамъ не на одной прямой опредѣлить линію простиранія и паденія пласта, а также и уголъ паденія.* „Горный Журналъ“. 1870, II, 5, стр. 188.
- Г. А. Тиме. *Маркшейдерскія задачи, рѣшенныя аналитическою геометріею.* „Горный Журналъ“. 1871, IV, 10, стр. 57.
- Гр. Майеръ. *О свѣтахъ и соединеніи выработками прерванныхъ ими частей мѣсторожденія.* „Горный Журналъ“. 1872, стр. 1—28.
- И. Н. Урбановичъ. *О точномъ опредѣленіи паденія.* „Горный Журналъ“. 1873, IV, 12, стр. 273.
- Ф. Позепни. *Разсужденія о жильныхъ щеляхъ.* „Горный Журналъ“. 1874, III, 8, стр. 182.
- Бенеке. *О замѣчательныхъ соотношеніяхъ въ залеганіи породъ и о значительныхъ дислокаціяхъ.* „Горный Журналъ“. 1882, 4—5, стр. 67.

- Ф. Зандбергеръ.** *Изслѣдованіе рудныхъ жилъ.* Горный Журналъ“. 1882, 6, стр. 483.
- Данчичъ.** *По тремъ даннымъ точкамъ, не лежащимъ на одной прямой, опредѣлить линіи простиранія и паденія пласта, а также и уголъ паденія.* „Горный Журналъ“. 1884, 11, стр. 179.
- П. Д. Сергѣевъ.** (Маркшейдерская задача). „Горный Журналъ“. 1884, 11.
- Г. Келлеръ.** (Пер. съ нѣм. горн. инж. Святскаго). *Нарушенія въ залежаніи жилъ, пластовъ и штокообразныхъ залежей.* „Горный Журналъ“. 1887, 12, стр. 359—382.
- В. А. Кратъ.** *Теорія вѣрныхъ сдвиговъ* (и т. д.) „Горный Журналъ“. 1891, 3, стр. 381.
- В. А. Кратъ.** *Изслѣдованіе жилъ, трещинъ* (и т. д.) „Горный Журналъ“. 1892, I, 1, стр. 1; 1892, II, 4—5, стр. 1.
- Уваровъ.** *Маркшейдерская задача.* „Горный Журналъ“. 1892, II, 6, стр. 287.
- Курсъ Горнаго Искусства.** Изданіе Горнаго Института. 1890.
- Мушкетовъ.** *Физическая Геологія.* 1891.
- С. Войславъ.** *Развѣдки полезныхъ ископаемыхъ.* 1899.
- В. Кратъ.** *Маркшейдерская практика на Адапъ.*
- В. И. Бауманъ.** *Курсъ Маркшейдерскаго Искусства.*
- Деманэ.** (Перев. съ франц. Кондратовича). *Курсъ разработки каменноугольныхъ мѣсторожденій* (пер. съ фр. Пальчинскаго и Федоровича).
- П. Паутовъ.** „Горное Искусство“. 1904.

В. Иностранной.

- Agricola:** „*De re metallica*“ Basel, 1657.
- Rössler:** „*Hellpolirter Bergbauspiegel*“, Dresden, 1700.
- Oppel:** „*Bericht vom Bergbau*“, Leipzig, 1772.
- Werner:** „*Neue Theorie vonden Entstehung der Gänge*“ Freiberg, 1791.
- Schmidt:** *Theorie der Verschiebungen älterer Gänge*“, Frankfurt, 1810.
- Zimmermann:** „*Die Wiederausrichtung verborgener Gänge, Lager und Flötze*“, Leipzig, 1828.

- Von-Carnall:** „*Die Sprünge in Steinkohlengebirge*“, Berlin, 1835.
(Karsten's Archiv, B. IX s. 61).
- Tunner:** „*Notizen zur Wiederausrichtung verlorener Lagerstätten*“
„Berg-und Hüttenmännisches Jahrbuch der Bergakademien zu
Leoben und Pribram 1851, (I B.), s. 196—218.
- W. Fuchs:** „*Beiträge zur Lehre von den Erzlagerstätten*“, Wien,
1856, s. 78—80.
- Lottner:** *Geognostische Skizze des westfälischen Steinkohlengebirges*.
Jserlohn, 1868.
- Posepny:** *Geologische Betrachtungen über die Gangsspalten*, „Berg-
und Hüttenmännisches Jahrbuch der Bergakademien zu Leoben
und Pribram“. 1874, B. 23, s. 232—262.
- Suess:** „*Die Entstehung der Alpen*“, Wien, 1875.
- A. Heim:** „*Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgs-
bildung*“, Basel, 1878.
- Von Groddek:** „*Die Lehre von den Erzlagerstätten*“ Leipzig, 1879.
- Köhler:** *Ueber die Störungen im Westfälischen Steinkohlengebirge
und deren Entstehung*. Zeitschr. f. d. B.—H.—u.
S.—wesen“, B. 28, Berlin, 1880.
- H. Höfer:** „*Die Ausrichtung der Verwerfungen*“. „Oesterr. Zeitschr.
f. B.—u. H.—wesen“, 1881.
- H. Höfer:** „*La théorie des derangements géologiques*“. „Revue uni-
verselle des mines“, 2-e série, T. X, 1881, p. 149—160.
„*Berg—u. Hüttenm. Zeitung*“, 1881, s. 434 (критич. отзыв о
трудѣ Höfer'a).
- Suess:** „*Das Anlitz der Erde*“, Prag und Leipzig, 1883 и 1885.
- Dannenberg:** *Ueber Verwerfungen*“, Freiberg, 1883 и Braunschweig,
1884.
- Köhler:** *Lehrbuch der Bergbaukunde*“, 1884.
- Dannenberg:** „*Ueber das Verhältniss der seitlichen Vercshiebung
zur Sprunghöhe bei Spaltenverwerfungen*“. „Zeitschr f. d.
B.-H. u. s.-wesen im Preuss. Staaten“, 1886, **34**, 35.
- Köhler:** „*Die Störungen im Rammelsberger Erzlager bei Goslar*“
„Zeitschr. f. d. B.-H. u. s.-wesen im Preuss. Staaten“, **30**,
31. Nachtrag dazu: **30**, 278.

- Köhler:** „*Verschiebungen von Lagerstätten und Gesteinschichten*“. Zeitschr. f. d. B.-H. u. S.-wesen im Preuss. Staaten“, 1885, 33, 87—98.
- A. v. Groddek:** „*Bemerkungen zur Classification der Erzlagerstätten*“. „Berg-u. Hutten. Zeitung“, 1885, s. 217, 229.
- A. v. Groddek:** „*Ueber Lagergänge*“, ibidem, 1885, s. 282, 293.
- H. Höfer:** „*Ueber Verwerfungen*“, Oesterr. Zeitschr. f. B. u. H.-wesen“. 1886 s. 349.
- Köhler:** „*Die Störungen der Gänge, Flotze und Lager*“, Leipzig. 1886.
- Heim und Margerie:** „*Die Dislokation der Erdrinde*“, Zürich, 1888.
- L. Babu:** „*Notes sur l'étude géométrique des croisements de filons*“. „Annales des Mines“, 1887, XII, p. 352—360.
- H. Höfer:** „*Note sur les rejettements*“. Revue universelle des mines“. 1888, III, p. 249—269.
- L. Babu:** „*Annales des mines*“, 1888, VIII, 12, p. 352.
- Homman:** „*Geschichtliche Entwicklung der Lehre von den Gebirgsstörungen*“.
- Gretzmacher:** „*Ueber Verwerfungen in Schemnitzer Ganggebiet*“, „Berg—u. Huttenm. Jahrbuch d. Bergakad. zu Leoben u. Pibram“, 1889, B. 37, s. 207—229.
- S. Emmons:** „*Relations structurales des gites métallifères*“, (Traduit d'anglais). „Revue univers. des mines“, 1890, X. p. 130—170.
- „*Über seigere sprunghöhe und Niveau-Verwurthöhe bei Spalten-Verwerfungen*“. „Glückauf“, 1890, s. 9.
- F. Beuther:** „*Ueber Gangbildungen*“, „Berg-u.-Hüttenm.-Zeitung“, 1891, № 18.
- Walls:** (Verwerfungen der Schichten in Kohlenflötzen). „Colliery Manager“, 1892, s. 44.
- A. Kötz** „*Die Störungen in den Schichten des Steinkohlengebirges*“, „Naturwissenschaftl. Wochenschrift“, 1892, 7, s. 327, 361.
- S. Emmous:** (Die Verwerfungen der Flötze). „Engin. a. Min J.“, 53, s. 548, 1892.
- F. T. Freeland:** „*Fault—rules*“ (Verwerfungs—Regeln). „Colliery Engineer“, 1893, XIII, s. 80.

- A. Lakes:** (Theorie über dem Ursprung der Erzlagerstätten). „Colliery Engineer“. 1893, XIII, s. 188.
- J. A. Church:** (Die Ursachen der Verwerfungen). „Transact. Amer. Inst. Min. Eng“, 1893.
- O. H. Landrath:** (Bestimmung des Einfallens und Streichens von Flötzen oder Gängen). „Engin. a. Min. I“, 56, s. 573.
- L. Cremer:** „*Die Ueberschiebungen des Westfälischen Steinkohlengebirges*“. „Glückauf“, 1894, № 62—65 u 1897.
- A. Rothpletz:** „*Geotektonische Probleme*“. Stuttgart, 1894.
- Fr. Buttgenbach:** „*Die Gebirgsstörungen im Steinkohlengebite des Wurmreviers*“. „Glückauf“, 1894, № 86—87.
- G. Köhler:** „*Die Cremer'sche Theorie betr. die Ueberschiebungen des Westfälischen Steinkohlengebirges*“. „Glückauf“, 1894, № 90, 92.
- F. Buttgenbach:** „*Ueber Verschiebungen und Sprünge im Wurmrevier*“. „Zeitschr. f. prakt. Geologie“, 1895, H. 3, S. 133—137.
- L. Cremer:** „*Les failles inverses de la formation houillère de la Wesffalie*“.
- F. Buttgenbach:** „*Les perturbations de la formation houillère du bassin de la Wurm*“.
- G. Köhler:** „*La theorie de Cremer, relative aux failles inverses de la formation houillère de Westfalie*“.
- F. Buttgenbach:** „*Sur les failles inverses et normales du bassin de la Wurm*“.
- R. Helmhacker:** „*Ueber Störungen in Kohlenflötzen*“. „Kohleninteressant“, 1896, s. 107, 115, 123, 131, 141.
- A. Williams:** (Ueber Verwertungen). „Colliery Engineer“, 1898, 68, s. 298.
- Schaper:** „*Störungen der Flötze*“. „Bergbau“, 13, № 24, s. 17; № 25, s. 7; № 26, s. 7.
- W. E. Gordon:** (Markscheide Probleme). „Mines a. Minerals“, 21, s. 559.
- E. Schaper:** „*Die Anleitung zum Erkennen und Ausrichten der Sprünge und Wechsel*“. Gelsenkirchen, 1900.
- J. Smeysters:** „*Etude sur la construction de la partie orientale du bassin houillère du Hainaut*“. Brüssel. 1900.

„Revue universelle des mines“,
1897, 40. p.
235—243, p.
333—340.

- Marcel Bertrand:** „*Ueber Verschiebungen (charriages), besonders im Steinnohengebirge*“. „Oesterr. Zeitschr, f. d. Berg u. Huttenwesen“, 1900, 507, (supplement de l' „Echo des Mines“, № 1276).
- A. Lanes:** (Verwerfungen in Metallgruben, verschiedene Typen und deren Erscheinungen, ihr Einfluss auf die Erzablagerung). „Mines. a. Minerals“, 1902, 22, s. 541.
- R. Hausse:** „*Die Verwerfungen, insbesondere ihre Konstruktion, Berechnung und Ausrichtung*“. „Zeitschr. f. d. B.-H. u. S.-Wesen im Preuss. Staate“, 1903, B. 51, H. 1—2.
- Jacob:** „*Die östlichen Hauptstörungen im Aachener Becken mit besonderer Berücksichtigung ihres Alters*“. „Zeitschr. f. prakt. Geologie“, 1902, s. 321.
- Serlo:** „*Leitfaden Zur Bergbaununde*“. 1884, Berlin.
- Cambessédès:** „*Cours théorique et pratique d'exploitation des mines*“, 1886.
- Evrard:** „*Traité pratique de l'exploitation des mines*“, 1890.
- Hatton de la Goupilière:** „*Cours d'exploitation des mines*“, Paris, 1896.
- Dorient:** „*Exploitation des mines*“, 1893.
- Kondratowicz:** „*Górnictwo*“, т. 1, Warszawa, 1903.
-

О Г Л А В Л Е Н І Е.

ГЛАВА 1. Предварительныя замѣчанія.

	СТРАН.
§ 1. Опредѣленія.	7
§ 2. Элементы залеганія пластовъ	7
§ 3. Способы опредѣленія элементовъ залеганія пласта.	9
§ 4. Типы и число данныхъ, опредѣляющихъ положеніе плоскости.	10
§ 5. Уравненіе плоскости по заданіямъ 1-го типа	11
§ 6. Уравненіе плоскости по заданіямъ 2-го типа.	12
§ 7. Уравненіе плоскости по заданіямъ 3-го типа.	14

ГЛАВА 2. Опредѣленіе простиранія и паденія пластовъ.

§ 1. Пластовая залежь развѣдана тремя буровыми скважинами.	16
§ 2. Залежь встрѣчена буровой скважиной и извѣстно одно мѣсто выхода ея на дневную поверхность.	23
§ 3. Залежь развѣдана ломанной выработкой	26
§ 4. Пластъ развѣданъ по висячему боку выработкой, въ концѣ которой опредѣлено нѣкоторое новое направленіе по пласту	29
§ 5. Пластъ развѣданъ одной буровой скважиной и одной выработкой, у которой извѣстны направленіе и одна точка.	34
§ 6. Опредѣлить паденіе и простираніе пласта по обнаженіямъ его въ стѣнкахъ шурфа прямоугольнаго сѣченія.	38
§ 7. Та-же задача. 2-й случай: одно обнаженіе направлено внизъ, другое—вверхъ.	43
§ 8. Та-же задача. 3-й случай: оба обнаженія направлены вверхъ.	45
§ 9. Найти паденіе и простираніе пласта по обнаженіямъ его въ горизонтальной выработкѣ прямоугольнаго сѣченія 1-й случай.	45
§ 10. Пластъ даетъ обнаженія въ стѣнкѣ и почвѣ горизонтальной выработки. 2-й случай.	49
§ 11. Опредѣлить паденіе и простираніе пласта по обнаженіямъ его бока въ стѣнкѣ и почвѣ наклонной выработки.	50
§ 12. Общій способъ опредѣленія паденія и простиранія при заданіяхъ любого типа.	55

§ 13. Простираніе и паденіе на большемъ протяженіи пластовой залежи.	56
--	----

ГЛАВА 3. Опредѣленіе длинъ выработокъ до пласта и по пласту.

§ 1. Предварительныя замѣчанія	57
§ 2. Нормальное уравненіе бока пласта	57
§ 3. Опредѣлить отвѣсную глубину проектируемой въ данномъ мѣстѣ шахты или буровой скважины до пласта.	59
§ 4. Опредѣленіе горизонтальнаго разстоянія до пласта вкрестъ простиранія (напр., длина проектируемой штольни, квершлага и т. п.)	62
§ 5. Опредѣленіе горизонтальнаго разстоянія до пласта не вкрестъ простиранію	67
§ 6. Опредѣленіе длины наклонной выработки до пласта	69
§ 7. Опредѣленіе длины, направленія и уклона выработки между двумя данными пунктами	74
§ 8. Найти уклонъ выработки по пласту, если задано ея направленіе (простираніе)	76
§ 9. Найти простираніе выработки, которая должна быть съ даннымъ уклономъ поведена по пласту.	78

ГЛАВА 4. Опредѣленіе мощности пластовыхъ залежей.

§ 1. Залежь развѣдана вертикальною шахтою, буровой скважиной или шурфомъ	81
§ 2. Залежь развѣдана горизонтальною выработкою вкрестъ простиранія.	82
§ 3. Залежь развѣдана горизонтальною выработкою не вкрестъ простиранія.	83
§ 4. Залежь разсѣчена наклонною выработкою по какому-угодно направленію	85
§ 5. Изслѣдованіе общей формулы для опредѣленія мощности.	89

ГЛАВА 5. Опредѣленіе выхода выработки и пласта на дневную поверхность.

§ 1. Предварительныя замѣчанія	91
§ 2. Опредѣленіе точки выхода выработки на горизонтальную дневную поверхность (или если направленіе паденія дневной поверхности перпендикулярно простиранію выработки.	92
§ 3. Выходъ (и длина) выработки на дневную поверхность, имѣющую уклонъ въ обратномъ направленіи, чѣмъ выработка, или если направленіе паденія дневной поверхности перпендикулярно простиранію выработки	94

§ 4. Выходъ (и длина) выработки на дневную поверхность, имѣющую уклонъ въ томъ-же направленіи, какъ и выработка.	97
§ 5. Опредѣленіе линіи выхода пласта въ случаѣ горизонтальной дневной поверхности	99
§ 6. Опредѣленіе линіи выхода пласта, если дневная поверхность имѣетъ наибольшій уклонъ въ обратномъ направленіи, чѣмъ паденіе пласта.	101
§ 7. Опредѣленіе линіи выхода пласта, если дневная поверхность имѣетъ наибольшій уклонъ въ томъ-же направленіи, какъ и паденіе пласта.	101
§ 8. Опредѣленіе линіи выхода пласта, если дневная поверхность имѣетъ паденіе въ направленіи, перпендикулярномъ къ простиранію пласта	101
§ 9. О построеніи въ планѣ линіи пересѣченія двухъ плоскостей	104
§ 9. Опредѣленіе линіи выхода пласта въ общемъ случаѣ, когда наибольшій уклонъ дневной поверхности какъ угодно направленъ.	107
§ 10. Второй методъ опредѣленія линіи выхода пласта—по отдѣльнымъ точкамъ.	110
§ 11. Примѣръ опредѣленія линіи выхода пласта по точкамъ, когда рельефъ поверхности данъ горизонталями	113

ГЛАВА 6. Скрещиваніе пластовъ.

§ 1. Линія скрещиванія и ея первая основная формула (азимуть ея)	116
§ 2. Вторая формула линіи скрещиванія (наклонъ къ горизонту)	120
§ 3. Третья формула скрещиванія (уголъ между скрещивающимися плоскостями	123
§ 4. Изслѣдованіе первой (основной) формулы	123
§ 5. Изслѣдованіе второй формулы скрещиванія	131
§ 6. Изслѣдованіе третьей формулы—величины угла между скрещивающимися плоскостями	132
§ 7. Главные классы скрещиваній	133
§ 8. Продольныя скрещиванія (или скрещиванія по простиранію)	134
§ 9. Прямоугольныя (поперечныя, прямыя) скрещиванія	136
§ 10. Косоугольныя (косыя) скрещиванія	137
§ 11. Теоретическое опредѣленіе числа всѣхъ возможныхъ разновидностей прямоугольнаго (поперечнаго) скрещиванія . .	137
§ 12. Теоретическое опредѣленіе числа всѣхъ возможныхъ разновидностей косоугольнаго скрещиванія	138
§ 13. Общее число всѣхъ разновидностей скрещиванія	139

§ 14. Графическій способъ полученія всѣхъ видовъ поперечныхъ и косыхъ скрещиваній.	139
А. <i>Виды пробольныхъ скрещиваній</i> (чертежи въ краскахъ).	145—156
В. <i>Виды косоугольныхъ и прямоугольныхъ скрещиваній</i> (чертежи въ краскахъ)	157—170

ГЛАВА 7. Сбросы, пересбросы, сдвиги и пересдвиги пластовъ.

§ 1. Понятіе о смѣщеніи пластовъ	171
§ 2. Типы смѣщенія пластовъ	172
§ 3. Группировка смѣщеній по разности направленій простираній и паденій пласта и смѣстителя	173
§ 4. Общія формулы смѣщеній. Уголъ смѣщенія	176
§ 5. <i>Продольныя смѣщенія</i> . Изображеніе продольныхъ смѣщеній въ профили и планѣ	176
§ 6. Выводъ всѣхъ возможныхъ видовъ продольныхъ смѣщеній	177
§ 7. Элементы и треугольники продольныхъ смѣщеній	180
§ 8. Зависимость между элементами продольныхъ смѣщеній. Длины развѣдочныхъ выработокъ	182
А. <i>Виды продольныхъ смѣщеній</i> (чертежи въ краскахъ)	185—206
§ 9. <i>Косоугольныя и прямоугольныя смѣщенія</i> . 1-й способъ полученія косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній (изъ соответствующихъ видовъ скрещиванія)	207
§ 10. Способъ изображенія на чертежахъ косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній	213
§ 11. Второй способъ полученія косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній	216
§ 12. Треугольникъ, элементы косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній и направленія развѣдочныхъ выработокъ	218
§ 13. Зависимости между элементами смѣщеній	220
§ 14. Направленія и длины развѣдочныхъ выработокъ	222
В. <i>Виды косоугольныхъ и прямоугольныхъ смѣщеній</i> (чертежи въ краскахъ)	223—250
§ 15. Правила отыскиванія смѣщенного крыла пласта	251
<i>Литература</i>	267

Замѣченныя опечатки.

Стр.	Строка.	Напечатано.	Должно быть.
23	Заглавіе § 2	скважиной и из- вѣстно	скважиной и штоль- ней и извѣстно
25	1 и 10 сверху	b	b'
34	3 св.	$42^{\circ} 58',5$	$42^{\circ} 38',5$
36	3 св.	AGA	AGA''
48	Черт. 31	α_1	α_2
48	1 и 3 сн.	α_1	α_2
67	11 сн.	A_2	A_1
92	1 сн.	δ	δ_o
115	17 св.	$E_2 b_2$	$E_2 b'_2$
120	9 и 12 сн.	въ формулахъ нужно переставить δ на мѣсто δ_1 и наоборотъ.	
126	8 сн.	$A_o < 135^{\circ}$	$A_o > 135^{\circ}$
131	2 св.	$A < 90$	$A > 90$
133	13 сн.	α	α_1
133	8 сн.	A_o	B_o
134	13 сн.	Π	Π'
138	15 сн.	40	38
141	3 сн.	$A < O$	$A > O$
144	4 сн.	26 видовъ изъ	виды
184	10 сн.	$r = s$	$r > s$
210	5 св.	направленія	направленіи смѣще- нія
218	8 св.	56 и 57'	56 и 56'