

Из приведенного правила видно, что Л. Д. Шевяков, обосновывая данный способ определения оптимального места заложения стволов шахт, учитывал лишь объем грузоперевозок на основных квершлагах. Длина квершлагов, транспорт закладки по вентиляционным квершлагам, транспорт материалов, затраты по вентиляции, потери ископаемого, оказывающие влияние на место заложения шахтных стволов, в рассматриваемой работе им не учитывались.

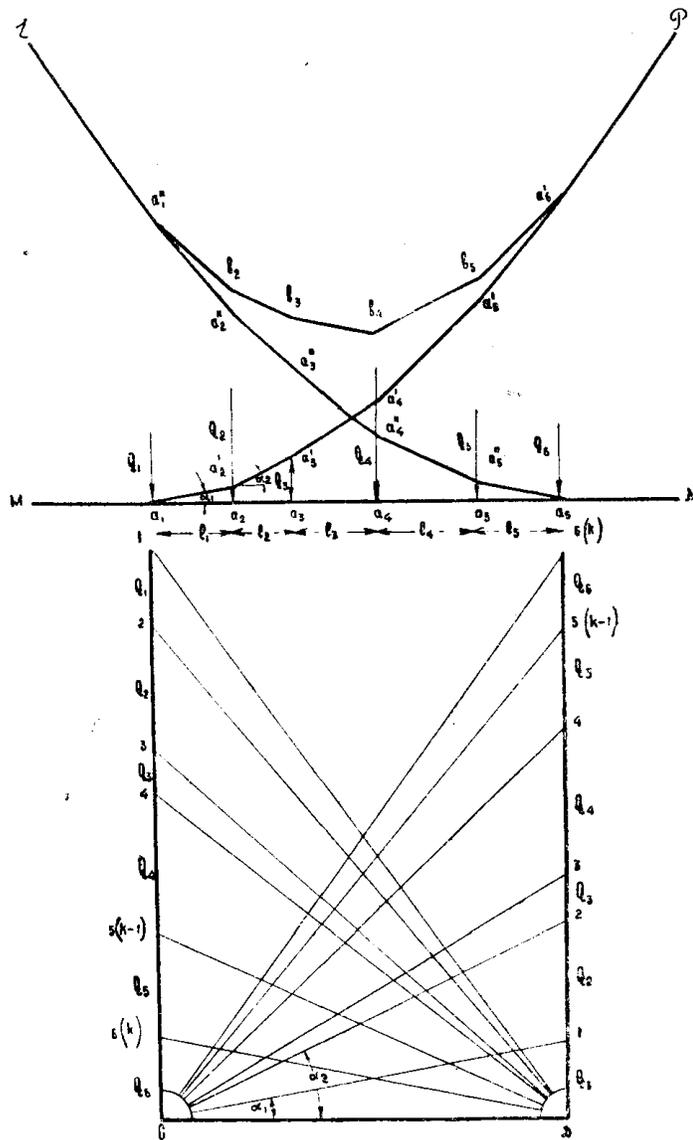


Рис. 1.

В 1926—1928 гг. профессором П. К. Соболевским и горным инженером П. И. Пановым [2] был разработан графический способ определения места заложения шахты. По этому способу, как и по способу Шевякова—Селецкого, рассмотренному выше, находится место, соответствующее минимуму работы по доставке грузов к стволу шахты. Сущность способа состоит в следующем. Положим, что на линии MN (квершлаг, штрек) расположены сосредоточенные грузы $Q_1, Q_2 \dots Q_k$ на расстояниях $l_1, l_2 \dots l_{k-1}$ (рис. 1). К прямой CD , параллельной MN , из точек C и D восстанавливаются перпендикуляры, на которых в определенном масштабе откладываются грузы $Q_1, Q_2 \dots Q_k$ от точки D в прямом порядке (слева направо) и от точки C —

в обратном порядке. Через точки $C, 1, 2 \dots k-1, k$ и точки $D, k, k-1 \dots 2, 1$ проводятся прямые, как показано на рис. 1. Затем через точки $a_1, a'_2, a''_3 \dots a'_6$ проводятся прямые, соответственно параллельные лучам $C1; C2 \dots Ck$, а через точки $a_6, a''_5 \dots a_1''$ — линии, соответственно параллельные лучам $Dk, D(k-1) \dots D2, D1$. Так как тангенсы углов $\alpha_1, \alpha_2 \dots$ (рис. 1) пропорциональны грузам $Q_1, (Q_1 + Q_2)$, то линия $a_1 a'_2 a'_3 \dots a'_6 P$ характеризует изменение работы откатки при перемещении грузов Q_i от точки a_1 к точке a_6 и за ее пределы, линия $a_6 a''_5 a''_4 a''_3 \dots L$ изменение работы при перемещении тех же грузов от точки a_6 к точке a_1 и далее.

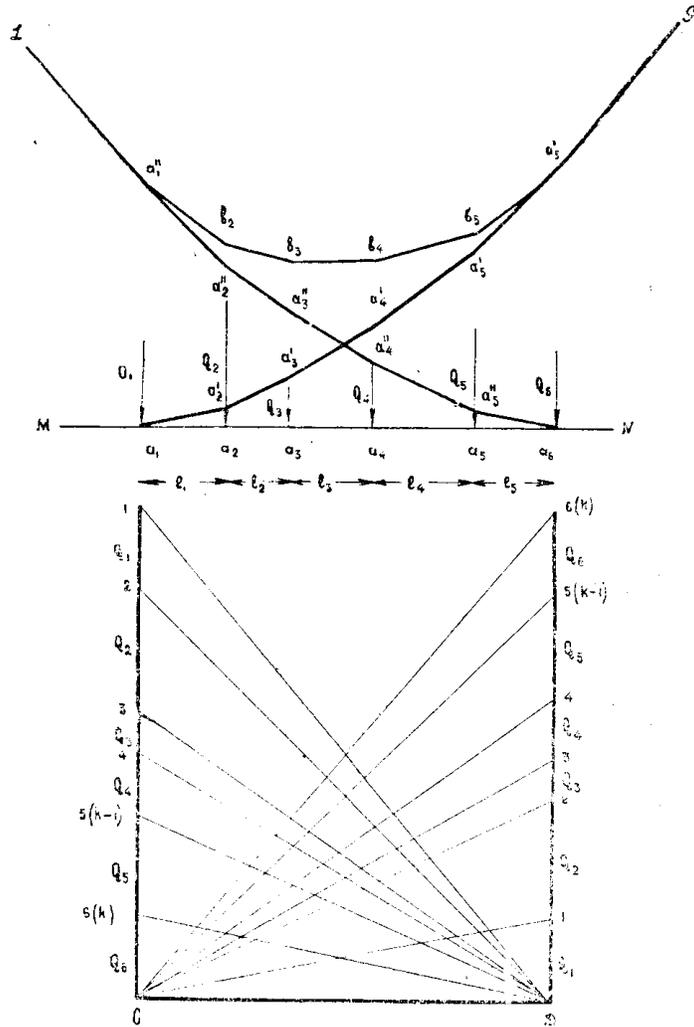


Рис. 2.

Точки $a_1, a_2 \dots a_6$ — соответственно пункты сосредоточения грузов $Q_1, Q_2 \dots Q_6$. Величина работы по доставке грузов к любому пункту между точками a_1, a_6 и за их пределы определяется ординатами ломаной линии $La_1'' b_2 b_3 b_4 b_5 a_6' P$, где $a_2 b_2 = a_2 a_2'' + a_2 a_2'$; $a_3 b_3 = a_3 a_3'' + a_3 a_3'$; $a_4 b_4 = a_4 a_4'' + a_4 a_4'$ и $a_5 b_5 = a_5 a_5'' + a_5 a_5'$.

Масштаб ($тм/мм$), необходимый для определения величины работы, легко найти, разделив $Q_1 l_1$ на $a_2 a_2'$ или $Q_6 l_5$ на $a_5 a_5''$.

Минимальная работа откатки, как видно из графика (рис. 1), получается в точке a_4 , где сосредоточивается груз Q_4 , на рисунке 2 — между точками a_3 и a_4 . Такие же результаты получаются при решении этой задачи и способом Шевякова—Селецкого. Все же графический метод имеет

то преимущество, что он является наглядным и позволяет прямо по чертежу судить о размерах дополнительной работы по транспорту ископаемых к стволу шахты, которая может возникнуть, если ствол будет заложен в другом месте (не в точке a_4 — рис. 1). К сожалению, собственно методом Соболевского—Панова, как и по способу Шевякова—Селецкого, место заложения ствола шахты находится лишь из условия откатки грузов на основных квершлагах. Это является главным недостатком данного способа, ограничивающим применение его на практике.

Весьма интересный графический способ определения места заложения шахты при вскрытии месторождений капитальными или этажными квершлагами был предложен А. М. Цейтлиным и А. Е. Локшиным [3].

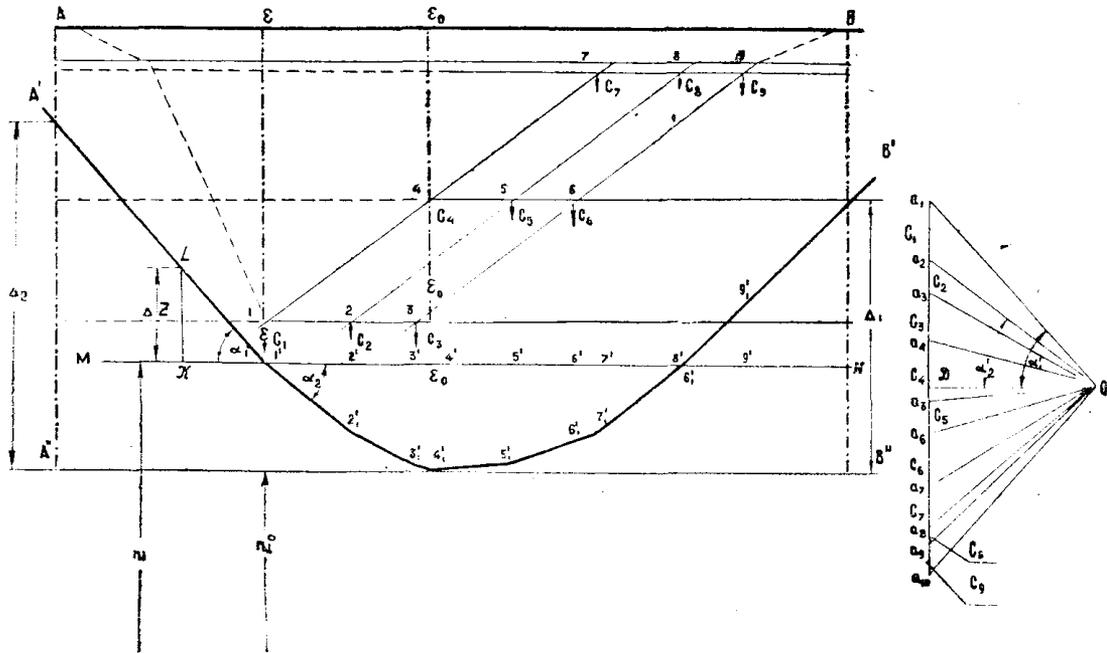


Рис. 3.

При определении места заложения шахты этим способом учитываются затраты по транспорту полезных ископаемых, добываемой пустой породы, закладки, подаваемой в шахту через подъемный ствол, по проведению квершлагов, вентиляции шахты, по перевозке на квершлагах людей, материалов и оборудования. Для этого авторы настоящего способа предложили сосредоточивать в точках пересечения квершлагов с жилами или пластами (точки 1, 2...9 — рис. 3) не грузы, подлежащие перемещению по квершлагам, как это рекомендовалось Л. Д. Шевяковым, а затраты $C_1, C_2, C_3 \dots C_9$, приходящиеся на один м, по перевозке грузов, проведению квершлагов, вентиляции и т. д. На величинах $C_1, C_2 \dots C_n$, взятых в определенном масштабе, строится „силовой треугольник“ с полюсом в точке O , лежащей на перпендикуляре, восстановленном из середины прямой $a_1 a_{10} = \Sigma C_i$. Полюсное расстояние DO , условно принимаемое равным 0,5 рубля, берется любой величины (по усмотрению строящего график). Через точку $1'$, проекцию точки 1 на горизонтальную прямую MN , проводится прямая $A'1'$, параллельная лучу $a_1 O$ „силового треугольника“, и прямая $1'2'_1$, параллельная лучу $a_2 O$. Через точки $2'_1; 3'_1; 4'_1 \dots 9'_1$ — соответственно прямые $2'_1 3'_1; 3'_1 4'_1; 4'_1 5'_1 \dots 9'_1 B'$, параллельные лучам $a_3 O, a_4 O, a_5 O \dots a_{10} O$ (рис. 3).

Горизонтальная прямая MN располагается на расстоянии Z от условного уровня, где величина Z выражает в принятом масштабе суммарные

затраты по учитываемым статьям, если ствол шахты будет проходить через точку 1 (положение $\epsilon \epsilon$). Горизонтальная прямая $A'' B''$ определяется положением точки (точка $4_1'$ — рис. 3), соответствующей минимуму затрат Z_0 , подсчитанных по тем же статьям, какие учитывались при определении величины Z .

Точка пересечения квершлагов с пластами или жилами (точки 1, 2, 3... n — рис. 3) нумеруются в такой последовательности, в какой они проектируются на линию MN .

Ломаная линия $A' 1' 2_1' 3_1' 4_1' 5_1' 6_1' 7_1' 8_1' 9_1' B'$ характеризует изменение затрат (по учтенным факторам), возникающих с изменением места заложения шахты. Что это так, в этом можно легко убедиться. Чтобы прямая $1'A'$ действительно определяла изменение затрат, возникающих от перемещения ствола шахты влево от точки $1'$, ее угловой коэффициент $tg \alpha_1$ должен численно равняться ΣC_i , так как с перемещением шахты от точки $1'$ влево затраты с каждым метром увеличиваются на ΣC_i . Прямая $1'A'$ параллельна прямой $a_1 O$ по построению. Следовательно, угловой коэффициент ее $tg \alpha_1$ равен $tg \alpha_1'$ — угловому коэффициенту прямой $a_1 O$. Но, как видно из чертежа (рис. 3), $tg \alpha_1' = \frac{0,5 \Sigma C_i}{DO} = \frac{0,5 \Sigma C_i}{0,5} = \Sigma C_i$. Отсюда и $tg \alpha_1 = tg \alpha_1' = \Sigma C_i$. Что и надо было доказать.

Если переместить шахту на один m вправо от точки $1'$, то затраты уменьшатся на $(\Sigma C_i - 2 C_1)$. Тогда $tg \alpha_2$ — угловой коэффициент прямой $1'2_1'$, если она выражает изменение затрат при перемещении шахты между точками $1' - 2_1'$, должен равняться $\Sigma C_i - 2 C_1$. Так как прямая $1'2_1'$ по построению параллельна прямой $a_2 O$, то $tg \alpha_2 = tg \alpha_2' =$

$$= \frac{0,5 \Sigma C_i - C_1}{DO} = \frac{0,5 \Sigma C_i - C_1}{0,5} = \Sigma C_i - 2 C_1.$$

Полученные результаты показывают, что прямые $A' 1'$ и $1'2_1'$ действительно выражают изменение учитываемых затрат при перемещении шахты между точками $2_1'$, A' и далее. Аналогичным образом можно доказать, что и другие элементы ($2_1' 3_1'$; $3_1' 4_1'$... $9_1' B'$) ломаной $A' 1' 2_1' 3_1'$... $8_1' 9_1' B'$, построенные указанным выше способом, обладают теми же свойствами, как и элементы $A' 1'$ и $1'2_1'$.

Если прямую $A'' B''$ принять за ось абсцисс, то ордината любой точки линии $A' 1' 2_1' 3_1'$... $8_1' 9_1' B'$ будет в определенном масштабе представлять приращение затрат (ΔZ_0), которое возникает, если ствол шахты из положения $\epsilon_0 \epsilon_0$, соответствующего минимуму затрат, перенести в другую точку.

Масштаб приращений (ΔZ_0) зависит от линейного масштаба поперечного разреза вскрываемой свиты, от масштаба, принятого для величин (C_i) при построении „силового треугольника“, и от размеров полюсного расстояния (DO). Чтобы найти этот масштаб, достаточно на прямой MN отложить от точки $1'$ отрезок $1'K$ любой величины (лучше 100; 200; 50 m — в масштабе), определить для точки K длину ординаты $\Delta Z = KL$ и разделить на неё произведение $1'K \Sigma C_i$. Тогда искомый масштаб

$$m_{\Delta Z_0} = \frac{1 K \Sigma C_i}{\Delta' Z} \left(\frac{m. руб/м}{мм} = руб/мм \right).$$

Как видно из графика (рис. 3), затраты, связанные с местом расположения ствола шахты, получают минимальное значение, если шахтный ствол пройдет через точку 4. При перемещении ствола вправо или влево от этой точки, затраты увеличиваются по закону линии $A' 1' 2_1' 3_1'$... $8_1' 9_1' B'$. Если ствол заложить в лежащем (точка B) или висячем (точка A) боку

(за пределами зоны сдвижения пород), то приращение затрат для первого случая составит Δ_1 , для второго — Δ_2 .

Чтобы построить график $A' 1' 2' 3' \dots 8' 9' B'$, сначала подсчитывают затраты $C_1, C_2 \dots C_n$ и строят „силовой треугольник“ (в определенном масштабе). Далее построение графика ведут так, как было указано выше. Подсчет величин $C_1, C_2 \dots C_n$ производят, как показано в таблице 1. Эта таблица составлена применительно к случаю, когда при определении места заложения шахты учитываются затраты по транспорту ископаемых на основных квершлагах, транспорту закладки и материалов на вентиляционных квершлагах, проведению квершлагов и по вентиляции шахты. При составлении данной таблицы через c_0 и c_0' обозначена стоимость единицы работы чистой откатки на основных (c_0) и вентиляционных (c_0') квершлагах, через $c_{кв}$ — стоимость пог. м. квершлагов в рублях. Остальные принятые здесь буквенные обозначения понятны из пояснений, данных в самой таблице. При составлении таблицы расходы по вентиляции (на один пог. м квершлага) подсчитываются в зависимости от количества воздуха, подаваемого к точкам 1, 2...9, депрессии, срока существования этажей и стоимости электроэнергии. Затраты по проведению квершлагов включаются в таблицу для точек, находящихся на пересечении этажных квершлагов с крайними пластами (или жилами) вскрываемой свиты (точки 1; 3; 4; 6; 7; 9—рис. 3). В каждой такой точке квершлага учитываются в размере стоимости половины погонного метра их [3].

Достоинством способа Цейтлина—Локшина является простота, наглядность и достаточная точность. Этим способом учитываются все основные факторы, оказывающие влияние на затраты, связанные с местом заложения шахты (помимо рельефа местности и транспорта руды или угля на поверхности). Правда, Р. А. Селецкий позднее в своей работе [4] показал, что, пользуясь неравенствами (1) и (2) — $\Sigma Q_{прав} + Q_n > \Sigma Q_{лев}$ и $\Sigma Q_{лев} + Q_n > \Sigma Q_{прав}$, можно находить оптимальное место заложения шахты, учитывая не только объем грузоперевозок на основных квершлагах. Для этого, как и в графическом способе Цейтлина—Локшина, достаточно для точек 1; 2; 3... 9 (рис. 3) найти значения $C_1, C_2 \dots C_9$ и в неравенства (1), (2) подставить вместо значений Q_i значения C_i , находимые, как показано в табл. 1. Тогда оптимальное место заложения шахты будет приходиться в такой точке, в которой соблюдаются неравенства:

$$\Sigma C_{прав} + C_n > \Sigma C_{лев}, \quad (3)$$

$$\Sigma C_{лев} + C_n > \Sigma C_{прав}. \quad (4)$$

Место, соответствующее минимуму затрат, определенное таким способом, совпадает с тем, какое было найдено графически на рис. 3. Однако, если не требуется вычерчивать графика изменения затрат или работы по откатке грузов, а надо найти лишь точку (место расположения ствола), соответствующую минимуму этих величин, то вовсе не требуется подбирать значения C_i или Q_i , чтобы составить неравенства (1) и (2) или (3) и (4). Для этого достаточно значения C_i или Q_i нанести в любом масштабе на прямую линию, как это сделано на „силовом треугольнике“ (рис. 3), найти на ней точку D — середину этой прямой, равной ΣC_i или ΣQ_i , и установить порядковый номер первого отрезка, выражающего C или Q , который переходит точку D в направлении точки a_{10} . Совершенно очевидно, номер этого отрезка будет соответствовать номеру искомой точки, определяющей оптимальное положение ствола по учтенным элементам (по C или по Q). Если середина прямой $a_1 a_{10}$ (рис. 3) совпадает с границей двух отрезков, определяющих величины C или Q , то очевидно оптимальное место заложения шахты будет приходиться в любом месте

Таблица I

№ точек	Объем грузоперевозок на основных квершлагах в m	Затраты по перевозке грузов Q на расстояние в один m в рублях	Объем грузоперевозок на вентиляционных квершлагах в m	Затраты по перевозке грузов Q' на расстояние в один m в рублях	Затраты по проведению квершлагов в рублях	Затраты по вентиляции на один m квершлага	Суммарные затраты в рублях
1	Q_1	$s_1 = c_0 Q_1$	—	—	$s''_1 = 0,5 \text{ руб}$	s_1'''	$C_1 = s_1 + s''_1 + s_1'''$
2	Q_2	$s_2 = c_0 Q_2$	—	—	—	s_2'''	$C_2 = s_2 + s_2'''$
3	Q_3	$s_3 = c_0 Q_3$	—	—	$s''_3 = 0,5 \text{ руб}$	s_3'''	$C_3 = s_3 + s''_3 + s_3'''$
4	Q_4	$s_4 = c_0 Q_4$	Q'_4	$s'_4 = c'_0 Q'_4$	—	s_4'''	$C_4 = s_4 + s'_4 + s_4'''$
5	Q_5	$s_5 = c_0 Q_5$	Q'_5	$s'_5 = c'_0 Q'_5$	$s''_5 = 0,5 \text{ руб}$	s_5'''	$C_5 = s_5 + s'_5 + s''_5 + s_5'''$
6	Q_6	$s_6 = c_0 Q_6$	Q'_6	$s'_6 = c'_0 Q'_6$	$s''_6 = 0,5 \text{ руб}$	s_6'''	$C_6 = s_6 + s'_6 + s''_6 + s_6'''$
7	—	—	Q'_7	$s'_7 = c'_0 Q'_7$	$s''_7 = 0,5 \text{ руб}$	s_7'''	$C_7 = s'_7 + s''_7 + s_7'''$
8	—	—	Q'_8	$s'_8 = c'_0 Q'_8$	—	s_8'''	$C_8 = s'_8 + s_8'''$
9	—	—	Q'_9	$s'_9 = c'_0 Q'_9$	$s''_9 = 0,5 \text{ руб}$	s_9'''	$C_9 = s'_9 + s''_9 + s_9'''$
•	ΣQ_i	Σs_i	$\Sigma Q'_i$	$\Sigma s'_i$	$\Sigma s''_i$	$\Sigma s'''_i$	ΣC_i

между точками, в которых сосредоточиваются эти S или Q . Как видно, такой метод решения задачи гораздо проще, чем подбор точек, в которых соблюдались бы неравенства (1) (2) или (3), (4).

Для практических целей гораздо важнее иметь график изменения затрат, связанных с перемещением ствола шахты. Наличие такого графика значительно облегчает задачу отыскания действительно оптимального места для ствола шахты. В этом и состоит преимущество рассмотренного графического способа.

Методами Локшина—Цейтлина [3] и Селецкого [4] учитываются почти все основные факторы, оказывающие влияние на затраты, связанные с местом заложения капитальной шахты. Однако ни в одном из них, как и в других рассмотренных способах, совершенно не учитывается влияние места заложения шахт на потери полезных ископаемых. Даже наоборот, место заложения шахты, находимое по элементам, какие учитывались Шевяковым, Пановым и Селецким, Цейтлиным и Локшиным, в большинстве случаев приходится вблизи наибольшего скопления полезного ископаемого. При расположении шахты в таком месте возникает необходимость оставлять большое количество полезного ископаемого в охранных целиках. Поскольку такие целики при ликвидации шахты вынимаются лишь на 50—65%, то наличие у шахты больших охранных целиков вызывает большие потери полезных ископаемых (уголь, руда, другие). В ряде случаев это наносит серьезный экономический ущерб нашему государству. Поэтому при выборе места заложения шахт нельзя не учитывать этот весьма важный фактор. Предлагавшиеся ранее методы определения оптимального места заложения шахт данное обстоятельство не учитывали. Это является серьезным недостатком их. В ряде случаев место заложения шахты, находимое одним из рассмотренных выше способов как оптимальное, в действительности не только не является оптимальным, а наоборот, часто оказывается самым невыгодным из-за больших потерь полезных ископаемых в околоствольных целиках.

Оптимальное место заложения шахты, учитывая, наряду с прочими факторами, также потери угля или руды в охранных целиках, можно находить таким образом. Построив график изменения затрат $A'1' 2_1' 3_1' \dots 8_1' 9_1' B'$, как сделано на рис. 3, надо ниже прямой $A'' B''$ построить график, показывающий, как будет изменяться экономический ущерб от оставления, охранных целиков, если ствол шахты будет перемещаться из положения AA'' в положение BB'' (через положения $\epsilon_1, \epsilon_0, \epsilon_0$ и т. д.). При построении этого графика необходимо руководствоваться следующим. Если ствол шахты закладывается в точке A , расположенной за пределами зоны сдвижения пород висячего бока (положение ствола шахты AA''), или в точке B —за пределами зоны сдвижения пород лежащего бока (положение ствола шахты BB''), то охранные целики около стволов шахт не оставляются. Следовательно, при расположении шахтных стволов в точке A или B экономический ущерб от потери ископаемых в околоствольных целиках будет равняться нулю, и крайние точки графика, показывающего изменение экономического ущерба (рис. 4 a и b), будут совпадать с линией $A'' B''$ в точках A'' и B'' .

В других точках ($m_1''; n_1'' \dots 1_1''; 2_1''$ и т. д.) ординаты графика $A'' m_1'' n_1'' o_1'' 1_1'' 2_1'' \dots 8_1'' B''$ относительно оси абсцисс $A'' B''$ определяются ценностью ископаемого, запасами его в охранных целиках и условиями выемки этих запасов при погашении целиков. На рис. 4 a и b видно, что если ствол шахты располагается на линии ϵ_0, ϵ_0 , то ордината, выражающая в определенном масштабе экономический ущерб от потерь ископаемого в целиках, равняется отрезку $4_1' 4_1''$; если ствол проходит через n или точку 8 , то ордината будет $n'' n_1''$ или $8'' 8_1''$. Ординаты графика $A'' m_1'' n_1'' o_1'' 1_1'' 2_1'' \dots 8_1'' B''$ берутся в том же масштабе, в каком при построении по-

лучились ординаты графика $A' m' n' 1' 2' \dots 8_1' B'$. Как определяется этот масштаб, указывалось при рассмотрении метода Локшина—Цейтлина (рис. 3). Построив таким образом в одном масштабе графики $A' m' n' \dots 1' 2' \dots 8_1' B'$ и $A'' m'' n'' o'' 1'' 2'' \dots 8_1'' B''$, получим наглядное представление о том, как будут меняться затраты с изменением места шахты и как при этом будет изменяться экономический ущерб от потери полезного ископаемого в охранных целиках. Отсюда можно легко найти, где находится действительно оптимальное место для подъемного ствола шахты. Такое место приходится там, где имеется наименьшее расстояние между линиями $A' 1' 2' \dots 8_1' B'$ и $A'' 1'' 2'' \dots 8_1'' B''$ (рис. 4 а и б). Для случая, показанного на рис. 4а, наименьшее расстояние между указанными линиями приходится на участок $8_1' 8_1''$. Такая абсолютная сумма ординат точек $8_1'$ и $8_1''$ (относительно $A'' B''$) получилась бы, если бы ствол шахты проходил через точку 8, хотя здесь пришлось бы, как видно из рисунка, на нижней залежи иметь охранный целик около ствола шахты.

На рис. 4 б графики построены для залежей с такими же запасами и такими же элементами залегания, но имеющими более ценное ископаемое, чем для случая, рассмотренного выше. Если в первом случае рентабельность промышленного использования ископаемого (d) принята в 3 руб/т, то во втором она взята равной 12 руб/т. Для этого случая наименьшая сумма ординат равняется отрезкам $B' B''$ и $8_1' 8_1''$, которые получились бы, если бы ствол шахты был заложен в точке В (за пределами зоны сдвига пород лежачего бока) или проходил бы он через точку 8. При закладке ствола в точке В необходимость в устройстве охранных целика около ствола шахты исключается; если он будет проходить через точку 8, то, как отмечалось выше, надо будет оставлять целик на нижней залежи. В экономическом отношении оба положения ствола шахты являются почти равноценными. Даже больше, в этом случае весь участок от $8_1' 8_1''$ до $B' B''$ имеет почти одинаковые абсолютные суммы ординат графиков $A' \dots 1' 2' \dots B'$ и $A'' \dots 1'' 2'' \dots B''$. Следовательно, при данных размерах месторождения, его элементах залегания и ценности ископаемого, при принятых размерах охранных целиков и условиях выемки их, все пункты расположения ствола между точками 8 и В в экономическом отношении являются почти равноценными.

На рисунке 5 (а и б) даны исследуемые графики для тех же залежей, переставленных местами (нижняя залежь более мощная — $m_2 = 2$ м.). Для случая, когда $d = 3$ руб/т, равноценные участки в отношении расположе-

Мощность верхней залежи $m_1 = 2$ м., нижней $m_2 = 1$ м.
длина шахтного поля $L = 950$ м.

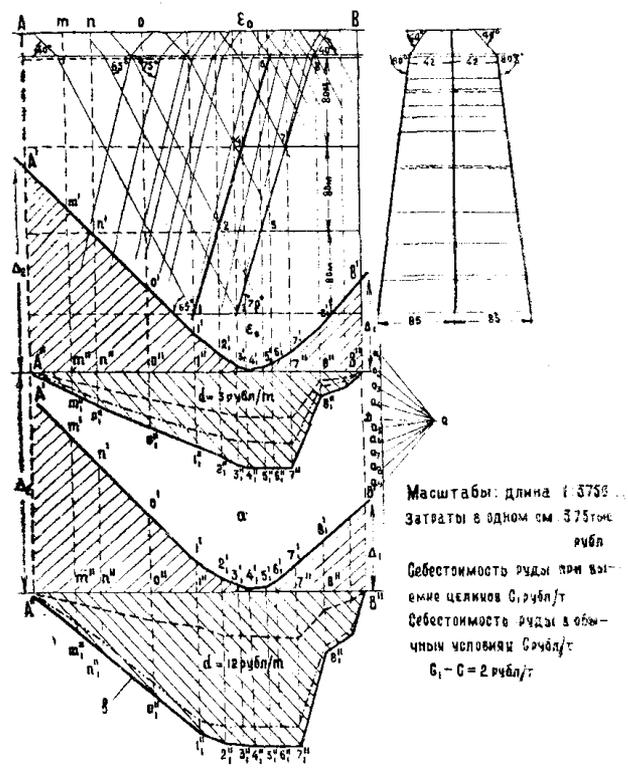
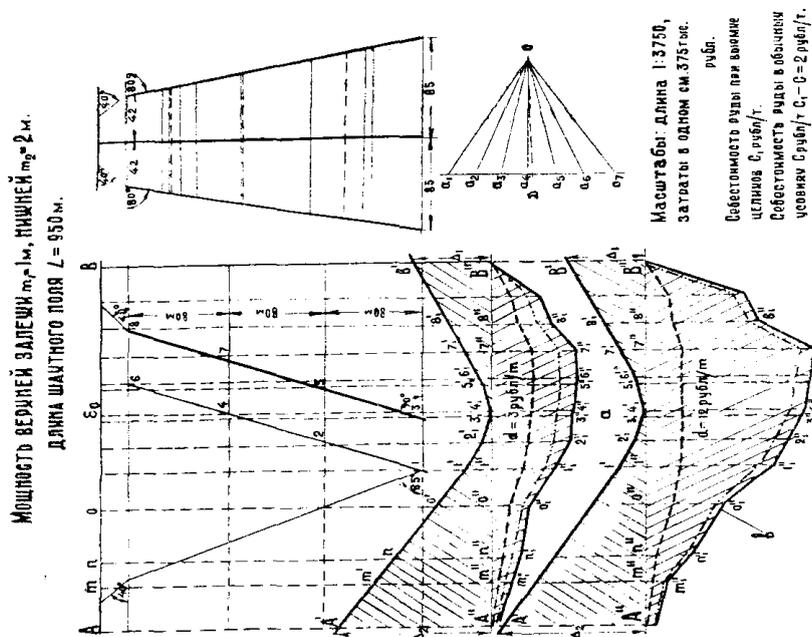


Рис. 4 а и б.

Рисунки 4—7 уменьшены в два раза, соответственно этому изменились масштабы: длина 1:7500, затраты—в одном см. 750 тыс. рублей.

ния стволов шахты находятся между точками 1—4 и в точке *B*. Если $d=12$ руб/т (рис. 5 *b*), то при прочих одинаковых условиях единственным выгодным местом для ствола шахты является точка *B*, находящаяся в лежащем боку свиты.

Если так же расположенные залежи, как на рис. 5 *a* и 6 *a*, имеют удвоенные мощности ($m_1=2$ м, $m_2=4$ м), то при одинаковой ценности



лены свиты, падающие под углом 70° . На этом рисунке, как и на рисунках 4—6, вычерчено две диаграммы $A'1'2' \dots 8'_1 B' B'' 8'' \dots 2'' 1'' A''$. Верхняя для случая, когда $d = 3 \text{ руб/т}$, и нижняя для $d = 12 \text{ руб/т}$. В обоих случаях, как видно из этих диаграмм, оптимальное место заложения шахты приходится на линии $33_1''$ (высота диаграммы $3'_1 3_1''$). Место, соответствующее минимуму затрат, определяемых графиком $A'1'2' \dots 8'_1 B'$, приходится в точке 4 (положение ствола $\epsilon_0 \epsilon_0$). Однако ординаты центральной части верхней диаграммы (рис. 7 а) очень мало отличаются одна от другой. Поэтому все положения шахтных стволов от точки 2 до точки 5 практически являются равноценными. Если характер полезного ископаемого соответствует условиям нижней диаграммы (рис. 7 б), то равноценные участки находятся между точками 2—3 и 6—7.

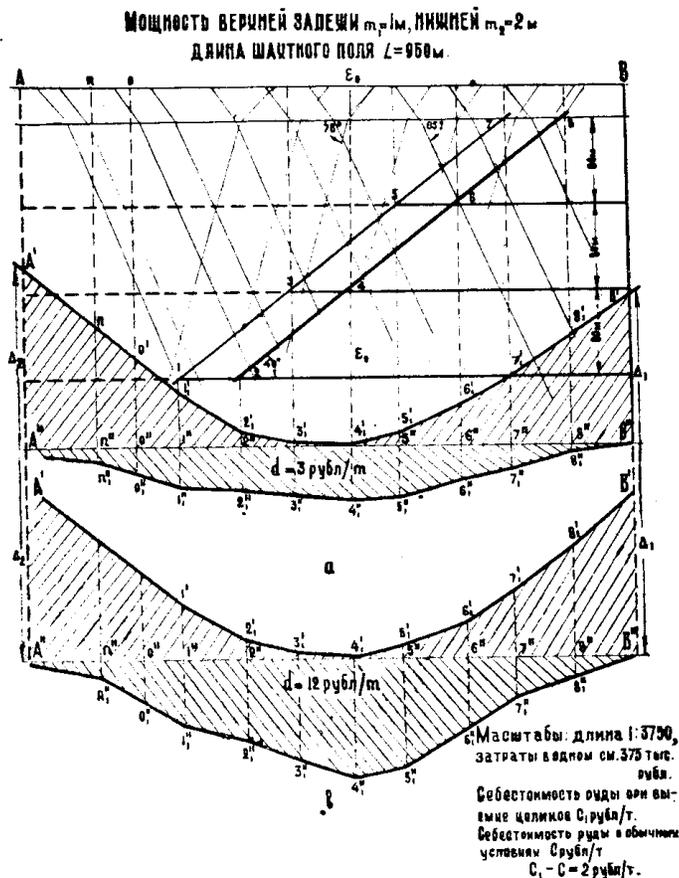


Рис. 7 а и б.

Рассмотренные примеры (рис. 4—7) показывают, что чем ценнее ископаемое, добыча которого проектируется, и чем больше мощность залежей его, тем менее выгодной является шахта, пересекающая свиту жил или пластов. Здесь часто бывает выгоднее ствол шахты полностью располагать в боковых породах, особенно в породах лежачего бока (рис. 4 б и 5 б). Шахты, пересекающие свиты, более целесообразно применять при разработке тонких залежей менее ценных ископаемых. Однако и в этом случае, как легко убедиться из приведенных рисунков (4 а и 5 а), наиболее выгодное расположение ствола редко совпадает с местом, где получают минимальные затраты по графику $A'1'2' \dots 8'_1 B'$ (в точке, совпадающей с прямой $A'' B''$). Однако это все зависит от сочетания целого ряда горно-геологических и технико-экономических факторов: мощности залежей, условий их разработки, ценности ископаемого, стоимости кварцшлагов и откатки добываемого минерального сырья, затрат по вентиляции вырабо-

ток и т. д. При построении диаграммы $A'1'2' \dots 8_1' B' B'' 8_1'' \dots 2'' 1'' A''$ все эти факторы учитываются, и это дает возможность в конкретных условиях по такой диаграмме находить действительно оптимальное место для ствола шахты.

При наклонном и пологом падении залежей случаи выгодного применения стволов, пересекающих свиту, встречаются гораздо чаще, чем при крутом падении. Это хорошо видно даже из чертежа (рис. 7). Здесь на обеих диаграммах (при $d = 3$ руб/т и $d = 12$ руб/т) более низкие участки их располагаются непосредственно под залежами. Это является признаком выгоды стволов, пересекающих свиту и проходящих через точки, под которыми диаграммы имеют наименьшие высоты.

Место заложения шахты, находимое по методу Л. Д. Шевякова [1] или П. К. Соболевского [2], всегда приходится в пункте наибольшего сосредоточения полезного ископаемого. Оно обычно получается вблизи наиболее мощных залежей. Поэтому, принимая найденное так место для заложения шахты, надо оставлять много полезного ископаемого в охранных целиках. Чтобы этого избежать, надо заново пересматривать вопрос о расположении подъемного ствола и методом вариантов отыскивать для него наиболее выгодное место. Поэтому в таких случаях нет необходимости искать место для ствола шахты по условиям откатки грузов, как это делается по неравенствам (1) и (2) или по графику (рис. 1, 2).

Место заложения ствола шахты, определяемое рассмотренным выше методом Локшина—Цейтлина [3] или методом Р. А. Селецкого [4], хотя несколько и отклоняется от положения, соответствующего минимуму работы откатки грузов на квершлагах (в связи с учетом затрат по проходке квершлагов), но все же получается от него довольно близко (точка 4—рисунки 4—7). При расположении ствола шахты в этом месте также возникает необходимость оставлять большое количество руды или угля в околоствольных целиках. Насколько это целесообразно—надо рассматривать другие варианты, предусматривающие либо полное исключение целиков, либо некоторое сокращение их размеров. Потому и эти методы определения места шахты не дают исчерпывающего решения рассматриваемой задачи. Они не учитывают экономический ущерб от потерь полезных ископаемых, возникающих от неполноты выемки охранных целиков.

Предлагаемый здесь метод предусматривает построение графика, показывающего изменение затрат с перемещением места заложения шахты ($A'1'2' \dots 8_1' B'$ — рис. 4—7) и графика экономического ущерба от потерь ископаемого в охранных целиках при различных положениях подъемного шахтного ствола ($A'' 1'' 2'' \dots 8_1'' B''$). Совокупность этих двух графиков образует диаграмму $A' 1_1' 2_1' 8_1' B' B'' 8_1'' \dots 2'' 1'' A''$ (рисунки 4—7), характеризующую степень экономичности различных пунктов, где может быть расположен ствол шахты, в поперечном сечении свиты от точки A до точки B (в пределах зоны сдвижения пород в висячем и лежащем боках свиты — с резервом в размере предохранительной бермы). Построив такую диаграмму, можно легко найти место для ствола шахты, которое во всех отношениях будет являться наиболее выгодным.

При построении графика $A'' 1'' 2'' \dots 8_1'' B''$ экономический ущерб от оставления охранных целиков полезного ископаемого можно подсчитывать, как рекомендуется в книге П. И. Городецкого „Проектирование горнорудных предприятий“ [5, 376] или в Справочнике по горнорудному делу [6, 148 и 149].

В частности, в книге П. И. Городецкого абсолютная величина экономического ущерба подсчитывается по трем элементам:

1) от увеличения стоимости добычи ископаемого при выемке целиков

$$S_1 = (c_1 - c) k_{ц} Q_{ц}; \quad (5)$$

2) от увеличения амортизации основных средств в связи с уменьшением извлекаемых запасов ископаемого

$$S_2 = K \frac{(k - k_u) Q_u}{k Q} \quad (6)$$

3) от снижения экономической эффективности разработки месторождения (или шахтного поля)

$$S_3 = d(k - k_u) Q_u \quad (7)$$

Итого

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (8)$$

В уравнениях (5—7) приняты обозначения:

Q_u — запасы ископаемого в охранном целике;

k — коэффициент извлечения ископаемого при обычных условиях разработки;

k_u — коэффициент извлечения ископаемого при выемке целика;

c — стоимость добычи ископаемого в обычных условиях, руб/т;

c_1 — стоимость добычи ископаемого из целика, руб/т;

K — капитальные затраты на объекты, погашаемые за срок существования шахты, руб.;

d — показатель рентабельности промышленного использования ископаемого, руб/т и

Q — балансовые запасы месторождения или шахтного поля, т.

Если охранный целик не вынимается совсем (полностью оставляется при погашении шахты), то коэффициент $k_u = 0$ и величина $S_1 = 0$. Тогда экономический ущерб от оставления такого целика

$$S = S_2 + S_3 = \frac{K Q_u}{Q} + d k Q_u \quad (9)$$

Показанные на рис 4—7 диаграммы $A' 1' 2_1' \dots 8_1' B' B'' 8_1'' \dots 2_1'' 1'' A''$ составлены для залежей длиной 950 м при вертикальной высоте их 240 м, горизонтальной мощности 1—2 и 2—4 м (указано на рисунках), объемном весе ископаемого 3 т/м³, углах падения жил 70 и 40°. Подсчеты для построения диаграмм произведены при высоте шахтных этажей в 80 м; $k = 0,9$, разности $k - k_u = 0,3$; разности $c_1 - c = 2$ руб/т; $K = 3,5 - 5$ млн/руб.; разубоживании ископаемого при разработке жил в 5%; стоимости чистой откатки на основных квершлагах в 1 руб/квт, на вентиляционных квершлагах — 1,1 руб/квт; стоимости квершлагов в 1800 руб/пог. м, шахтных стволов (подъемных и вентиляционных) — 5 и 4 тыс. руб/пог. м, околоствольных дворов 350 тыс. руб/двор (для принятых условий разработки). Объемы охранных целиков находились в соответствии с принятыми углами сдвижения пород, показанными на рис. 4—7 (более полно на рис. 4). Графики $A'' 1'' 2_1'' \dots 8_1'' B''$ строились в том же масштабе, в каком были построены графики $A' 1' 2_1' \dots 8_1' B'$. График $A' 1' 2_1' \dots 8_1' B'$ на рис. 4 построен при $\Sigma C_i = 10650$ руб/м (предусмотрен транспорт закладки на вентиляционных квершлагах), на рис. 5—7 — при $\Sigma C_i = 7400$ и на рис. 6 б — при $\Sigma C_i = 9300$ (в двух последних случаях без закладки).

Графики $A' 1' 2_1' \dots 8_1' B'$, представленные на рисунках 4—7, не выражают абсолютных затрат, изменяющихся с перемещением столов шахт. Они показывают лишь приращения затрат по сравнению с теми, какие были бы, если бы ствол шахты находился в положении ϵ_0 , ϵ_0 и проходил через точку 4. Чтобы судить о степени экономичности отдельных вариантов, иногда бывает важно знать абсолютную сумму затрат по этим вариантам. Для этого достаточно вычислить величину Z_0 (рис. 3), опустить на нее абсциссу $A'' B''$ (рис. 4) и относительно этой абсциссы построить график $A'' 1'' 2_1'' \dots 8_1'' B''$. На рисунке 8 вычерчена диаграмма $A' 1' 2_1' \dots 8_1' B' B'' \dots$

...1" A", ординаты которой показывают абсолютную сумму затрат и размеры экономического ущерба от оставленных целиков в зависимости от места заложения ствола шахты. Диаграмма построена при тех же условиях, какие принимались для построения диаграммы, изображенной на рис. 4b. Величина Z_0 определена подсчетом в 500 тыс. руб. (по данным, показанным выше). Из этой диаграммы видно, что характер рассматриваемых зависимостей здесь остался тот же, как и на диаграмме 4b.

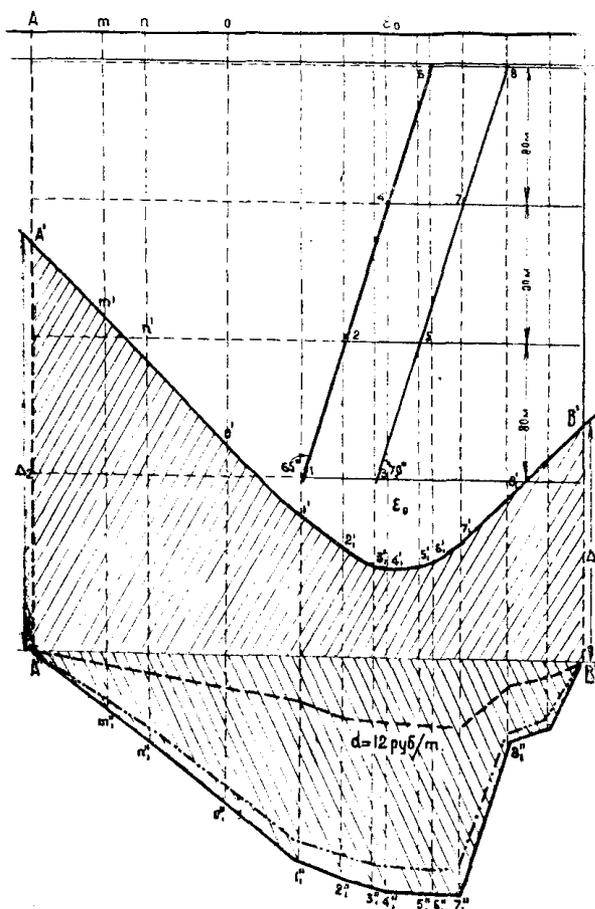


Рис. 8.

Если на протяжении от точки A до точки B (рис. 4—8) рельеф поверхности претерпевает существенные изменения, то с перемещением шахтного ствола между данными точками будут изменяться еще затраты на проведение самого ствола, на подъем ископаемых и водоотлив. Построив на диаграмме A' 1' 2' . . 8' B' B_1'' 8_1'' . . 2_1'' 1'' A'' линию, показывающую приращения (положительные или отрицательные) затрат по этим элементам, получим диаграмму, дающую полное представление об экономичности различных пунктов (между A и B), где может быть пройден капитальный ствол для вскрытия показанной на рисунках свиты залежей. При построении этой линии можно учесть и затраты по транспорту ископаемого на поверхности, если они могут иметь существенное значение.

Рассмотренный в настоящей работе способ определения места заложения подъемных стволов шахты с учетом влияния потерь полезных ископаемых в охранных целиках, по нашему мнению, является достаточно

простым, наглядным и правильным. Такая постановка вопроса при выборе места заложения шахт имеет большое государственное значение, так как обеспечивает возможность более рационально разрабатывать месторождения полезных ископаемых, имеющих важное значение для народного хозяйства Советского Союза,

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевяков Л. Д. К вопросу о выборе места заложения шахты. Сборник статей по горному искусству, издание Союзгтя, 1930.
2. Оглоблин Д. И. Выбор места заложения шахты, ОНТИ, 1935.
3. Цейтлин А. М., Локшин А. Е. К выбору места заложения шахты при вскрытии месторождений капитальными или этажными квершлагами. Труды первой конференции по рационализации каменноугольной промышленности, 1930.
4. Селецкий Р. А. Метод рационального выбора места заложения шахты при вскрытии свиты пластов центральной шахтой и этажными квершлагами. Труды первой конференции по рационализации каменноугольной промышленности, 1930.
5. Городецкий П. И. Проектирование горнорудных предприятий, Metallurgizdat, 1949.
6. Справочник по горнорудному делу, книга 1, Metallurgizdat, 1952.
7. Шевяков Л. Д. Определение места заложения подъемного ствола шахты, Углетехиздат, 1947.