

ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ

Горно-геометрический анализ карьерных полей — это совокупность методов изучения месторождения полезных ископаемых или его участка, предназначенного для разработки открытым способом, с помощью которых устанавливают закономерности изменения горно-геометрических показателей разработки по мере развития горных работ.

В процессе горно-геометрического анализа прежде всего исследуют зависимость поэтапно извлекаемых объемов вскрышных пород и полезных ископаемых от положения горных работ в карьере на отдельных этапах. Для этого устанавливают границы карьера, эскизно намечают технологию разработки месторождения и ряд возможных вариантов начального положения горных выработок (разрезной траншеи) и направлений развития работ.

Для каждого выбранного варианта развития работ строят график зависимости извлекаемых объемов от положения горных работ [для крутопадающих месторождений — $V = f(H)$; для горизонтальных —

$V = f(L)$ }. На этом графике по одной оси откладывают положение горных работ, а по другой — соответствующие ему объемы горной массы, полезного ископаемого и вскрышных пород.

Построенные для карьера графики $V = f(H)$ и $V = f(L)$ являются основой для получения исходных календарных графиков $V = f(T)$ и разработки их улучшенных вариантов.

Исходным материалом для горно-геометрического анализа в зависимости от типа и сложности месторождения служат поперечные геологические сечения, погоризонтные планы или топографические планы с нанесенными изомощностями или изолиниями поверхностей пород и полезного ископаемого, выполненные в масштабе 1:2000, 1:1000 или 1:500.

Порядок проведения горно-геометрического анализа следующий:

1. Эскизно намечают основные технологические решения открытой разработки месторождения (вскрытие, система разработки, технология, механизация работ и т.д.).

2. Ориентировочно устанавливают углы откосов бортов карьера: рабочего, нерабочего и на момент погашения. На стадии горно-геометрического анализа значения этих углов можно принимать в следующих диапазонах:

- угол откоса рабочего борта карьера — $5-20^\circ$ (в большинстве случаев $10-12^\circ$);
- угол откоса нерабочего борта карьера — $23-27^\circ$;
- угол откоса бортов карьера на момент погашения горных работ — $25-55^\circ$ в зависимости от физико-механических свойств пород, принятой технологии разработки и механизации работ.

Точные значения углов устанавливают графически после принятия основных технологических решений (см. подразд. 5.1.2).

3. Определяют глубину и контуры карьера [проектом может предусматриваться отработка карьера этапами (участками, зонами) по глубине или по простиранию с изменением по мере отработки этапов вариантов вскрытия, систем разработки, технологии и механизации работ; в этом случае углы откосов бортов можно устанавливать для каждого этапа отдельно].

4. Намечают начальные положения и возможные направления развития работ, а также определяют ширину дна разрезной траншеи.

Для каждого рассматриваемого варианта развития работ на исходных геологических разрезах (планах) наносят границы карьера, один из вариантов начального положения горных работ (дна разрезной траншеи) и ряд промежуточных положений (этапов) горных работ, соответствующих одному из возможных направлений их развития. Для этого от нижних бровок разрезных траншей на каждом горизонте наносят линии откоса рабочих бортов.

5. Определяют этапные объемы (объемы между смежными положениями границ этапа) горной массы, полезного ископаемого и вскрышных

пород, по которым по каждому геологическому профилю (плану) строят график зависимости извлекаемых объемов от положения горных работ $V = f(H)$ (для крутопадающих и наклонных месторождений) и $V = f(L)$ (для горизонтальных и пологопадающих месторождений). На этом графике по одной из осей откладывают положения (этапы) работ, а по другой — соответствующие им объемы.

6. Определяют суммарные этапные объемы горной массы, вскрыши и полезного ископаемого по всему месторождению путем раздельного сложения этих показателей для соответствующих этапов, найденных по отдельным геологическим разрезам (планам). По значениям суммарных объемов строят график, выражающий зависимость поэтапно извлекаемых объемов горной массы, вскрыши и полезного ископаемого для всего карьера.

Аналогично строят графики и исследуют соответствующие зависимости и для других вариантов начального положения горных работ и направлений их развития.

7. Определяют годовую производительность карьера по полезному ископаемому на весь срок существования карьера.

8. Строят исходные календарные графики $V = f(T)$, выражающие зависимость извлекаемых объемов горной массы, вскрыши и полезного ископаемого от времени разработки при принятом месте начала и направлении развития горных работ путем преобразования графиков $V = f(H)$ или $V = f(L)$.

9. Проводят преобразование — улучшение исходных графиков $V = f(T)$, т.е. приведение их к некоторому желательному (рациональному) виду.

10. Сравнивают календарные графики, полученные для различных направлений развития работ по некоторому принятому критерию и обосновывают выбор одного из них в качестве рационального.

При исследовании режима горных работ необходимо рассматривать не только различные варианты направления развития работ для какой-либо одной эскизно принятой технологии разработки месторождения и выполнения работ, но и варианты, отличающиеся друг от друга самими технологиями.

5.4.2. ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЫТЯНУТЫХ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ НАКЛОННОМ И КРУТОМ ПАДЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ ПО МЕТОДУ В.В. РЖЕВСКОГО

При проведении горно-геометрического анализа вытянутых карьерных полей при наклонном и крутом падении залежей, имеющих сложные конфигурацию и топографию поверхности и криволинейные или ломаные очертания бортов карьера, В.В. Ржевский предложил определять поэтапно извлекаемые объемы вскрышных пород и полезных ископаемых графическим методом осаждения трапеций.

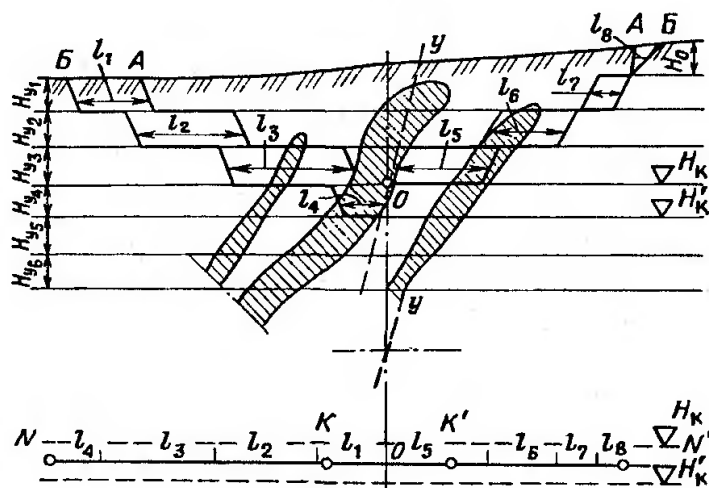


Рис. 5.42. Схема к определению объема горных работ этапа методом трапеций

Его суть сводится к тому, что при параллельных горизонтальных линиях положений площадок уступов поэтапное приращение площадей может быть найдено как сумма приращений площадей по каждому уступу, каждое из которых равно произведению горизонтального расстояния между линиями положений бортов

карьера смежных этапов на расстояние между линиями площадок по вертикали (длины средней линии трапеции на ее высоту).

Так, для профиля (рис. 5.42) приращение объемов горной массы при развитии горных пород от контура AA до контура BB равно сумме площадей трапеций, заключенных между этими линиями и линиями горизонтов, умноженной на протяженность залежи по простиранию, равную 1 м:

$$\sum S = l_1 H_{y_1} + l_2 H_{y_2} + \dots + l_7 H_{y_7} + l_8 H_0.$$

Таким образом, приращение объемов горной массы численно равно приращению площадей, измеренных по геологическому разрезу.

При одинаковом расстоянии между слоями по вертикали ($H_{y_1} = H_{y_2} = \dots = H_y$)

$$\sum S = H_y \sum_{k=1}^n l_k.$$

Таким образом, измерение площадей трапеций может быть сведено к измерению их средних линий.

В случае, когда в поуступном приращении объема содержатся различные виды горных пород, их количество может быть определено раздельно.

Измерение и суммирование средних линий трапеций с достаточной степенью точности можно выполнить измерителем. На графике (см. рис. 5.42) по вертикальной оси отложены положения высотных отметок горизонтов H_k, H'_k , соответствующие положению бортов карьера на начало и конец этапа. На средней линии от точки O поочередно в сторону разноса

левого борта отложены отрезки l_1, l_2, l_3, l_4 и отрезки l_5, l_6, l_7, l_8 , относящиеся к правому борту. Отрезок NN' является ординатой горной массы данного этапа. Аналогично находятся точки K и K' , определяющие ординату полезного ископаемого этапа.

Следует отметить, что положение оси Oy на рис. 5.42, от которой измеряют отрезки вправо и влево, соответствует направлению развития работ на этапе.

Положение оси устанавливают для каждого этапа соединением точек, означающих положение нижних бровок разрезных траншей, на смежных этапах.

Разделение объемов по бортам удобно для оценки скорости их развития. Если необходимость разделения объемов по бортам отсутствует, находят суммарные объемы.

Описанным способом могут быть найдены необходимые точки по сортам и видам полезного ископаемого и вскрышных пород.

• Построение графика зависимости извлекаемых объемов от положения горных работ осуществляют в следующей последовательности:

1. Определяют ширину дна разрезной траншеи.
2. Ориентировочно намечают начальное положение горных работ и порядок их развития (направление развития работ).
3. Устанавливают положение дна разрезной траншеи для каждого этапа (уступа) в соответствии с принятым местом начала и направлением развития работ.
4. Для каждого намечаемого положения дна карьера (этапа работ) от нижних бровок разрезных траншей на каждом горизонте проводят линии под углами откосов рабочих бортов до встречи с линией поверхности земли или конечным контуром карьера. Замена поуступного профиля борта результирующей линией откоса допустима при одинаковой ширине рабочих площадок. Профили бортов могут быть также вычерчены ломаными и криволинейными.
5. В прямоугольной системе координат (рис. 5.43) на вертикальную ось переносят отметки дна разрезных траншей по каждому этапу. По горизонтальной оси на средних линиях этапов для каждого этапа откладывают ординаты, выражающие объемы горной массы и полезного ископаемого. Измерение и суммирование отдельных ординат удобно выполнять измерителем. Например, для этапа 6 ордината горной массы представлена отрезками $aa' + bb' + cc' + dd' + ee' + ff' + gg' + hh' + kk' + mm' + nn'$. Ее откладывают на линии посередине отметок -100 и -120 , что соответствует этапу 6 (см. рис. 5.43).
- Аналогично, как сумму отрезков $pg + of + gs + tr$, определяют общую ординату полезного ископаемого.
6. Соединением найденных конечных точек ординат получают графики горной массы и полезного ископаемого.

При наличии в полезном ископаемом пустых пород, извлекаемых раздельно, графическое измерение их объема может быть заменено его вы-

числением по величине среднего содержания (в процентах) с последующим соответствующим уменьшением ординат полезного ископаемого этапов.

7. Ординаты вскрыши получают вычитанием ординат полезного ископаемого из ординат горной массы. По ним строят соответствующий график.

Площади, заключенные между двумя любыми ординатами, осью абсцисс и графиками горной массы, полезного ископаемого и вскрыши, выражают площади горной массы, полезного ископаемого и вскрыши при углублении горных работ между высотными отметками соответствующих ординат.

Площадь между начальными и конечными ординатами, осью и графиком соответствует в масштабе площади горной массы, вскрыши и полезного ископаемого в пределах контуров карьера.

8. Значения текущих коэффициентов вскрыши находят делением ординат вскрыши на ординаты полезного ископаемого и по этим значениям строят график изменения текущего коэффициента вскрыши в зависимости от углубления горных работ.

9. Средние коэффициенты вскрыши от начала горных работ до какого-либо их положения могут быть найдены путем деления суммарных площадей вскрыши на суммарные площади полезного ископаемого, извлекаемого из карьера от начала работ до рассматриваемого положения. По полученным значениям может быть построен соответствующий график.

Результаты измерений и расчетов удобно сводить в таблицу определенной формы (табл. 5.29).

Значения ординат (средних линий) горной массы и полезного ископаемого получают измерениями (в масштабе чертежа).

5.4.3. ЛИНЕЙНЫЙ МЕТОД ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ НАКЛОННОМ И КРУТОМ ПАДЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ

Линейный метод горно-геометрического анализа карьерных полей на поперечных геологических сечениях, разработанный проф. В.С. Хохряковым, во многом аналогичен графическому методу горно-геометрического анализа В.В. Ржевского. Меньшая трудоемкость и достаточная для сравнения вариантов точность позволяют использовать линейный метод для учебных и приближенных расчетов.

Исходным материалом для горно-геометрического анализа этим методом служат поперечные геологические сечения в масштабе 1:500, 1:1000, 1:2000. На них наносят конечные контуры карьера и линии горизонтов.

Направление развития горных работ задают точками середины дна разрезных траншей на горизонтах (рис. 5.45, точки d , k , e , $ж$, $з$) и проходящей через них линией. От этих точек под углами откосов левого и правого бортов карьера (α_l и α_n) проводят линии откосов.

Площади горной массы, вскрыши и полезного ископаемого для каждого этапа определяют отдельно со стороны левого и правого бортов как площади трапеций.

Рассмотрим пятый этап, выделенный на рис. 5.45, на котором центр разрезной траншеи обозначен точкой k .

Площадь горной массы для этапа со стороны правого борта

$$S_n = lh_c,$$

где l — длина средней линии слоя со стороны правого борта, численно равная длине отрезка между точками k и $в$; h_c — толщина этого наклонного слоя.

Длину отрезка $вк$ находят измерением по чертежу. Толщина слоя h_c также может быть определена графически или более точно аналитически по формуле

$$h_c = h \sin (\alpha \pm \alpha_n) / \sin \alpha,$$

где h — высота этапа (уступа); α — угол направления углубки; α_n — угол наклона рабочего борта (правого).

При определении площади вскрыши или полезного ископаемого в слое должны быть измерены отрезки ga и ak . Аналогичным образом определяют площади горной массы, вскрыши и полезного ископаемого в слое левого борта и других слоев.

Толщина слоя в общем случае

$$h_c = h \frac{\sin (\alpha \pm \alpha_p)}{\sin \alpha} = h \Delta.$$

Если угол между линиями направления углубки и откоса рабочего борта больше 90° , то в формуле принимают плюс, в противном случае — минус.

Значения коэффициента поправок Δ , выражающего соотношение синусов углов, приведены в табл. 5.30.

С учетом коэффициента поправок Δ площадь горной массы (вскрыши, полезного ископаемого)

$$S_{г.м(в, и)} = l_{г.м(в, и)} h \Delta,$$

где $l_{г.м(в, и)}$ — длина средней линии слоя соответственно по горной массе, вскрыше, полезному ископаемому.

Для удобства вычислений результаты измерений и расчетов заносят в табл. 5.31, которую можно дополнить различными показателями — коэффициентами вскрыши, значениями площадей (нарастающим итогом), данными по разным сортам полезного ископаемого и видам вскрыши.

5.4.4. ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ПОЛОГИХ ЗАЛЕЖАХ

При горизонтальных и пологих залежах горно-геометрический анализ, как правило, проводят по топографическим планам с нанесенными линиями изомощностей вскрыши и полезного ископаемого. Для определения поэтапно извлекаемых объемов при различных вариантах развития работ намечают соответствующие каждому варианту начальное, ряд промежуточных и конечное положения фронта горных работ.

Для каждого из отмеченных положений определяют извлекаемые объемы вскрыши и полезного ископаемого при подвигании фронта на единицу длины, т.е. находят элементарные приращения объемов, по которым строят график горно-геометрического анализа $V = f(L)$.

Порядок построения графика следующий.

Намечают место начала и направление развития работ. На исходный топографический план наносят соответствующее положение оси разрезной траншеи и серию параллельных линий, которые фиксируют этапы работ. При параллельном подвигании фронта и простых условиях залегания принимают 6–8 промежуточных положений фронта, при сложных условиях — 10–15.

Линии проводят с одинаковыми интервалами. Каждую линию разбивают на отрезки равной длины (рис. 5.46). В зависимости от масштаба

чертежа и сложности планов изомощностей вскрыши и полезного ископаемого отрезки могут быть длиной 10, 20, 50 мм. В середине каждого отрезка, пользуясь отметками изомощностей, проставляют значения мощностей вскрыши и полезного ископаемого.

Для каждого этапа эти значения соответственно суммируют, умножают на длину отрезка и линейный масштаб. Полученные значения объемов откладывают в качестве ординат полезного ископаемого и вскрышных пород на графике $V = f(L)$, по оси абсцисс которого откладывают этапы подвигания фронта работ (см. рис. 5.46), расстояние между которыми составляет соответственно $l_1, l_2, \dots, l_7$.

Площадь, заключенная между графиком полезного ископаемого (вскрыши), осью абсцисс и любой парой ординат, показывает объем полезного ископаемого (вскрыши), извлекаемый при подвигании фронта работ в пределах рассматриваемого этапа.

Делением средних значений ординат вскрыши на соответствующие значения ординат полезного ископаемого для каждого этапа могут быть получены значения текущего коэффициента вскрыши.

По оси ординат могут быть отложены также значения текущего коэффициента вскрыши и протяженности фронта работ для каждого положения последнего.

При вычислении объемов вскрышных пород в сложных условиях залегания, при значительных колебаниях мощности вскрыши, отметок кровли залежи и дневной поверхности необходимо учитывать истинные размеры рабочей зоны карьера. Для этого на каждой линии фронта горных работ (см. рис. 5.46, этапы I, II, III, ...) вычисляют значения средних отметок кровли залежи и дневной поверхности. По этим данным строят профиль карьера по направлению подвигания фронта работ (рис. 5.47), на котором для каждого его положения проводят линии под углом откоса рабочего борта.

Объем вскрышных пород, м^3 , заключенный между положениями I и II фронта:

$$V = 0,5 (F'_{p.з} + F''_{p.з}) h,$$

где $F'_{p.з}$ и $F''_{p.з}$ — площади вскрышной рабочей зоны для этапов I и II, м^2 ,

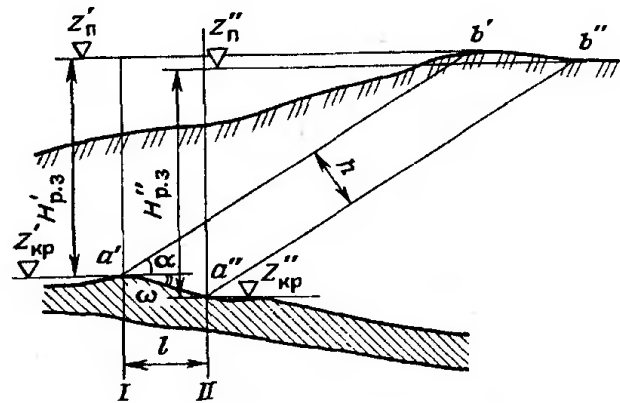


Рис. 5.47. Схема к расчету текущих объемов горных работ при разработке пологих залежей

$$F_{p.з}' = 0,5 (L_{п}' + L_{кр}') a'b';$$

$$F_{p.з}'' = 0,5 (L_{п}'' + L_{кр}'') a''b'';$$

$L_{п}', L_{п}'', L_{кр}', L_{кр}''$ — протяженности фронта работ по поверхности и кровле залежи для этапов I и II соответственно.

Значения высоты рабочей зоны $H_{p.з}', H_{p.з}''$ при положениях фронта I и II, вычисляются как разности средних отметок верхней и нижней бровок борта карьера, м:

$$H_{p.з}' = Z_{п}' - Z_{кр}'; \quad H_{p.з}'' = Z_{п}'' - Z_{кр}''.$$

Угол падения кровли залежи ω для данного этапа, вычисляется по разности отметок кровли залежи на границах этапа,

$$\operatorname{tg} \omega = (Z_{кр}' - Z_{кр}'') / l.$$

При расчетах следует также учитывать угол наклона поверхности в пределах конкретных этапов.

При веерном, смешанном и криволинейном перемещении фронта работ из-за различных скоростей подвигания его отдельных элементов построение графика зависимости $V = f(L)$ по описанной методике невозможно.

В этих случаях обычно намечают 6–15 промежуточных положений фронта горных работ и одним из методов измерения площадей и объемов находят поэтапные объемы вскрышных пород и полезного ископаемого.

Графики $V = f(L)$ и $V = f(H)$, построенные по погоризонтным планам и планам изомощностей, фактически являются сводными графиками по карьеру.

5.4.5. ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ КРУТОПАДАЮЩИХ И НАКЛОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СО СЛОЖНЫМИ УСЛОВИЯМИ ЗАЛЕГАНИЯ ПО МЕТОДУ А.И. АРСЕНТЬЕВА*

Горно-геометрический анализ карьерных полей для крутопадающих и наклонных сложноструктурных многокомпонентных месторождений целесообразно проводить не по вертикальным геологическим сечениям, а по погоризонтным планам. Это позволяет обеспечить необходимую точность расчетов.

На погоризонтные планы должны быть нанесены геологические данные и контуры карьера.

В соответствии с методикой горно-геометрического анализа намечают возможные варианты развития работ. Для каждого варианта на каждом погоризонтном плане наносят: контуры дна въездной и разрезной траншей и линии последовательных положений фронта горных работ (все контуры задают положением нижней бровки откоса). Положение въездных траншей выбирают, исходя из принятой схемы вскрытия, а разрезных траншей и уступов, исходя из направления развития работ, обеспечивающего быстрейший доступ к залежи. При этом линии фронта работ следует наносить таким образом, чтобы обеспечить возможность вскрытия и подготовки смежного нижележащего уступа при сохранении ширины рабочих площадок не меньше минимальной.

По положениям линий фронтов работ, соответствующих их определенным этапам, на каждом погоризонтном плане устанавливают контуры и измеряют поэтапно отрабатываемые площади вскрыши и полезного ископаемого. По ним рассчитывают поэтапные объемы и строят графики $V = f(H)$.

Работу выполняют последовательно, начиная с нижнего рассматриваемого горизонта карьера. Для неглубоких карьеров с небольшим сроком службы анализ начинают с дна карьера. Для глубоких карьеров анализируют лишь верхние горизонты, отрабатываемые в пределах 10–15-летнего срока, так как высокая точность расчетов в этом случае не оправдывается при большом сроке службы карьера.

Технически работу выполняют следующим образом.

На поперечном сечении карьера (рис. 5.48) наносят текущие контуры горных работ, которые определяют объемы работ по подготовке новых горизонтов.

Линии фронта работ удобно обозначать числами, первое из которых означает горизонт горных работ, а второе — горизонт подготовки. Например, на горизонте –60 м линия фронта (след линии фронта на рис. 5.48 вырождается в точку), обеспечивающая подготовку этого горизонта, обозначена 60/60, а линия фронта работ на этом горизонте, обеспечивающая подготовку нижнего горизонта (–75 м), — 60/75 и т.д.

Подготовка самого нижнего горизонта –75 м заканчивается проведением на него въездной и далее — разрезной траншей. Исходя из этого, на план горизонта –75 м наносят контуры въездной и разрезной траншей (рис. 5.49, а). Таким образом, линия первоначального фронта работ на данном горизонте будет изображена линией ABC (75/75), а объем работ будет равен объему въездной и разрезной траншей.

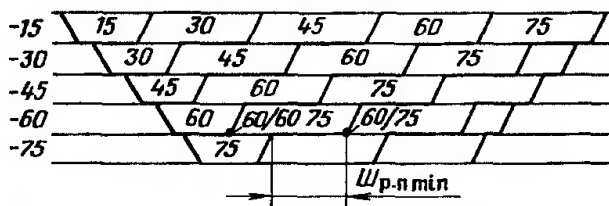


Рис. 5.48. Поперечное сечение карьера с текущими контурами горных работ

5.4.6. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГРАФИКОВ ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

Календарный график горных работ $V = f(T)$ получают путем преобразования (трансформации) графиков горно-геометрического анализа $V = f(H)$ и $V = f(L)$. Его построение основано на определении периодов отработки этапов (объемов между двумя смежными положениями бортов карьера).

Период отработки этапа t_x (годы) определяется как частное от деления объема полезного ископаемого данного этапа V_n (найденного при горно-геометрическом анализе) на производительность карьера по полезному ископаемому в рассматриваемый период Q_x , которая считается заданной:

$$t_x = V_n / Q_x$$

или

$$t_x = Y_{cp} \Delta / Q_x = \Delta / Y_r,$$

где $Y_r = Q_x / Y_{cp}$ — углубление работ для данного этапа при углубочных системах разработки, м/год; Δ — интервал между смежными этапами горных работ, м.

Аналогично при разработке горизонтальных и наклонных месторождений скорость подвигания фронта работ, м/год,

$$v_{\phi} = Q_x / Y_{cp} \text{ и } t_x = l / v_{\phi},$$

где l — расстояние между смежными положениями фронта работ, м.

По найденным для всех этапов срокам их отработки строят календарный график горных работ (рис. 5.50), на котором ординатой полезного ископаемого в каждый момент является годовая производительность карьера.

Для установления момента начала добычных работ и календарного распределения вскрышных работ на период эксплуатации в графике объемов вскрышных работ должны быть учтены периоды строительства, эксплуатации и свертывания работ.

Продолжительность периода строительства определяется объемом горно-строительных работ и производительностью комплексов оборудования, используемого для их выполнения, технологией и организацией работ. Объем горно-строительных работ складывается из объема вскрывающих выработок, обеспечивающих грузотранспортную связь рабочих уступов с поверхностью и формирующих первоначальный фронт горных работ, и объема вскрышных работ по созданию установленного количества вскрытых запасов. Эти объемы определяют по графикам горно-гео-

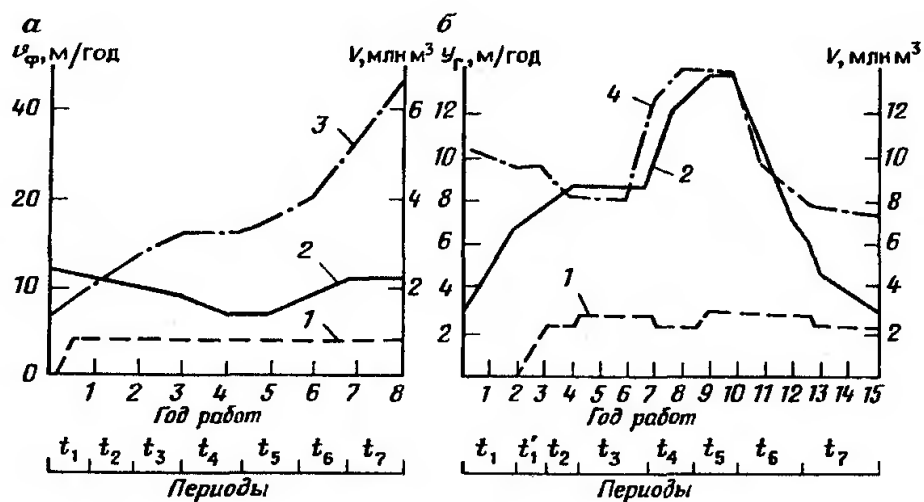


Рис. 5.50. Календарный график горных работ при разработке горизонтальной (а) и крутопадающей (б) залежи: 1 и 2 — объемы добычных и вскрышных работ; 3 и 4 — скорость подвигания фронта и темп углубления горных работ

метрического анализа карьерного поля и рассчитывают по топографическим планам.

По названным условиям находят продолжительность периода строительства до сдачи карьера в эксплуатацию и освоения проектной мощности, а также объемы попутно добываемого полезного ископаемого и вскрыши. Все найденные величины откладывают от начала координат по соответствующим осям на календарном графике.

Для периода эксплуатации годовые объемы вскрышных работ определяют делением этапных объемов вскрыши на срок отработки этапа t_x . Эти годовые объемы откладывают на календарном графике в виде ординат в середине периода отработки данного этапа. Ординаты производительности карьера по вскрыше могут быть найдены умножением ординат производительности карьера по полезному ископаемому на величину текущего коэффициента вскрыши для каждого периода t_x , определенного по сводным графикам режима. Более точно годовые объемы вскрышных работ следует устанавливать с учетом наличия необходимого объема вскрытых запасов. Для этого по сводному графику режима (например, разработки пологой залежи) вычисляют поэтапные и нарастающим итогом объемы полезного ископаемого и вскрышных пород, которые заносят в табл. 5.33.

Объемы нарастающим итогом откладывают на графике (рис. 5.51): по левой вертикальной шкале — объемы полезного ископаемого, а по правой — объемы вскрыши. По горизонтальной оси откладывают положение фронта горных работ L . Следовательно, график показывает для каждого этапа извлекаемые объемы полезного ископаемого и вскрыши с начала разработки.

ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ. ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ

3.1. Задачи преподавателя:

- ознакомить обучающихся с постановкой задачи и порядком ее решения;
- контролировать подготовку исходных данных;
- организовать индивидуально-групповое решение задачи;
- контролировать ход диалога студентов с ЭВМ;
- принять отчет по работе.

3.2. Содержание работы

3.2.1. Назначение работы:

а) предназначена для создания объемной математической модели месторождения на одном поперечном разрезе;

б) предназначена для выбора направления понижения горных работ в заданных контурах карьера с постоянными параметрами рабочей зоны. В качестве критерия оптимальности принят минимум среднего с начала разработки коэффициента вскрыши;

в) предназначена для исследования режима открытых горных работ в заданных контурах карьера при различных направлениях углубки горных работ;

г) результаты расчетов могут быть использованы для решения ряда задач проектирования и реконструкции карьеров, например:

- выбор направления понижения горных работ и порядка отработки месторождения;
- выделение этапов открытой разработки, обеспечивающих наилучшее календарное распределение вынимаемых объемов руды и вскрышных пород;
- обоснование производственной мощности карьера по добыче полезного ископаемого;

- обоснование ряда параметров системы разработки: высоты уступов, ширины рабочих площадок, количества одновременно отрабатываемых горизонтов, среднегодового понижения горных работ и пр.;
- выбор способа и схемы вскрытия карьерного поля и др.

3.3. Исходные материалы и чертежные принадлежности

Для подготовки исходной информации необходимы следующие материалы:

1. Светокопии (синьки) геологических разрезов (поперечных профилей) месторождения с выделением на них видами горной массы (сортами полезного ископаемого, типами вмещающих пород), которые при анализе должны быть подвергнуты раздельному расчету. На разрезе должны быть нанесены контуры существующего положения горных работ.

2. Эскизно намечают основные технологические решения открытой разработки месторождения (вскрытие, система разработки, технология, механизация работ и т.д.).

3. Ориентировочно устанавливают углы откосов бортов карьера: рабочего, нерабочего и на момент погашения. На стадии горно-геометрического анализа значения этих углов можно принять в следующих диапазонах:

- угол откоса рабочего борта карьера – $5 - 20^{\circ}$ (в большинстве случаев $10 - 12^{\circ}$);
- угол откоса нерабочего борта карьера – $23 - 27^{\circ}$;
- угол откоса бортов карьера на момент погашения горных работ – $25 - 55^{\circ}$ в зависимости от физико-механических свойств пород, принятой технологии разработки и механизации работ.

4. Определяют глубину и контуры карьера [проектом может предусматриваться отработка карьера этапами (участками, зонами) по глубине или по простиранию с изменением по мере отработки этапов вариантов

вскрытия, систем разработки, технологии и механизации работ; в этом случае углы откосов бортов можно устанавливать для каждого этапа отдельно].

5. Намечают начальные положения и возможные направления развития работ, а также определяют ширину разрезной траншеи.

3.4. Методические основы выполнения задания

3.4.1. Съём и кодирование геологической информации

Каждый студент готовит информацию по одному геологическому профилю в изложенном ниже порядке.

1. На геологическом профиле (рис. 3.1) наносится начальная граница – вертикальная линия OZ. Максимальная длина чертежа – 999 мм. Линия OZ выбирается с таким расчетом, чтобы расстояние от нее до центра профиля составляло 500 мм. На профиль накладывается палетка таким образом, чтобы ее начальная граница (вертикальная линия) совпала с линией OZ на профиле, а также совпали параллельные линии палетки с линиями горизонтов на профиле.

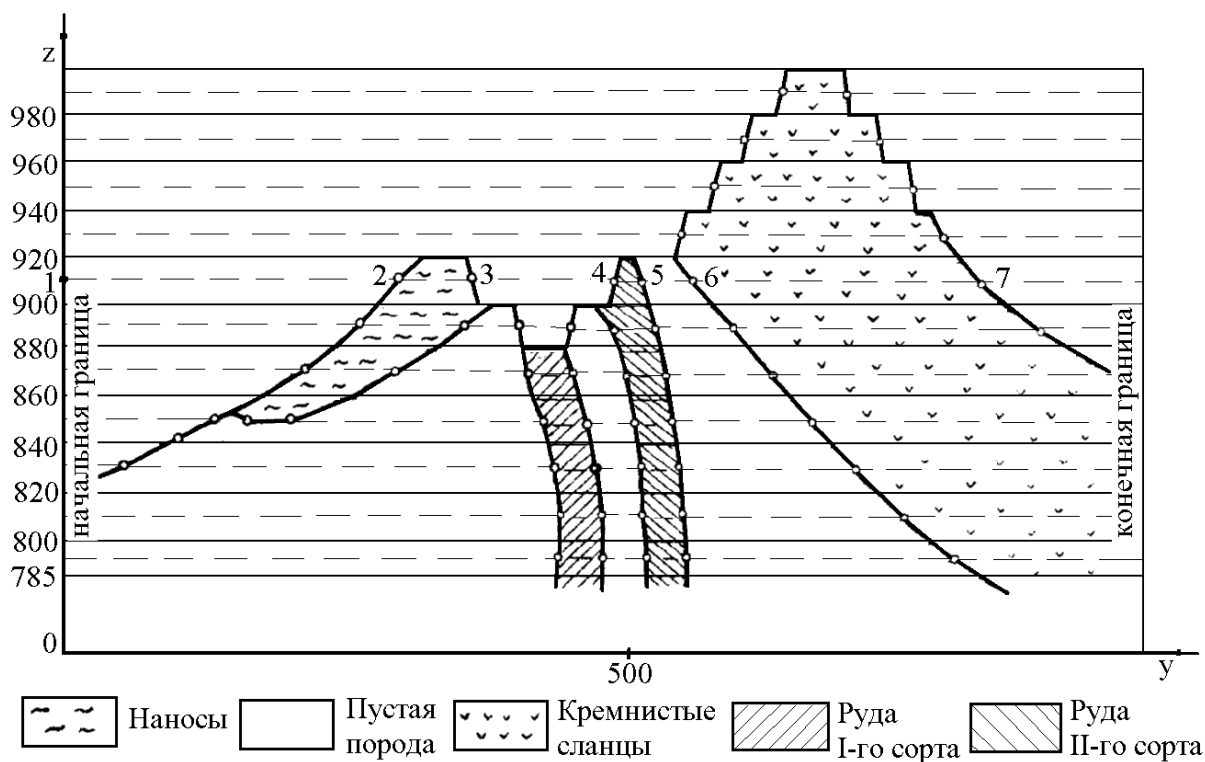


Рис. 3.1. Схема съема геологической информации

2. По средней линии каждого уступа снимаются размеры в миллиметрах от начальной границы до контактов различных видов горной массы. Например, для уступа горизонта 900 (рис. 1) снимаются размеры 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7 по средней линии между горизонтами 920 – 900.

Результаты измерений записываются в бланк исходной геологической информации (табл. 3.1). Для исследуемого профиля заполняется отдельный бланк с одновременным кодированием каждого вида горной массы.

Таблица 3.1

Образец заполнения бланка с геологической информацией

Отметка горизонта	Признак	Ордината	Длина блока	Признак вне блока	Признак	Ордината	Длина блока	Признак вне блока	Признак	Ордината	Длина блока	Признак вне блока
980	10	640	2000	10	3	690			10	999	2000	10
960	10	605	2000	10	3	720			10	999	2000	10
940	10	570	2000	10	3	755			10	999	2000	10
920	10	535	2000	10	3	770			10	999	2000	10
900	10	290	2000	10	1	360			10	485	80	2
	5	510	90	2	2	545			3	780		
880	10	245	2000	10	1	395			2	415		
	10	450	80	2	2	470			5	515	90	2
	2	570			3	999						
860	10	260	2000	10	1	380			2	425		
	4	450	90	2	2	480			5	520	80	2
	2	595			3	999						
840	10	245	2000	10	2	260			1	355		
	2	440			4	465	90	2	2	490		
	5	530	80	2	2	620			3	999		

820	10	230	2000	2	2	455			4	475	80	2
	2	490			5	530	90	2	2	650		
	3	999										
800	2	460			4	480	80	2	2	495		
	5	535	80	2	2	680			3	999		
785	2	465			4	490	90	2	2	490		
	5	540	80	2	2	710			3	999		

3. Правила кодирования исходной геологической информации и записи ее в бланк состоят в следующем.

Записи качественных признаков в наибольшей степени отвечает блочно-мнемоническое кодирование, позволяющее создать компактную и достаточно простую для визуальной интерпретации модель. Параметры и показатели в этом случае располагаются группами знаков, каждая из которых характеризует объект с определенной стороны (технологической, экологической и т.д.). Учитывая большие возможности для кодирования сортовых свойств горной массы применено цифровое кодирование.

Для кодирования видов горной массы могут быть использованы последовательные числа от 1 до 9. Код воздуха (выработанного пространства) всегда 10. Виды вскрыши кодируются от 1 до n (где n – количество видов вскрышных пород), сорта руды кодируются числами от $n+1$ до m (где m – количество сортов руды). Например, признаки блоков горной массы в соответствии с рисунком 1: 1 – наносы (рыхлая вскрыша), 2 – пустая порода, 3 – кремнистые сланцы, 4 – руда 1-го сорта, 5 – руда 2-го сорта, 10 – выработанное пространство.

4. Значение ординаты 999 в конце каждой строки означает, что данный (последний) вид горной массы распространен до конечной границы профиля (в данном примере – кремнистые сланцы со стороны лежащего борта залежи).

Кроме этого, ордината 999 показывает на конец ввода информации по горизонту.

5. Рудные блоки и выработанное пространство не может распространяться на всю зону влияния разреза (см.рис. 3.1). Для этих блоков задаются еще два показателя: длина блока и признак вне блока. Длина блока соответствует длине рудного тела на данном горизонте, а признак вне блока характеризует окружающую рудное тело пустую породу. Для остальных блоков эти данные не нужны и длина блока автоматически принимается равной зоне влияния разреза.

6. После заполнения таблицы осуществляется визуальный контроль правильности заполнения бланков, который предусматривает выполнение следующих требований:

- значения ординат блоков горной массы для одного горизонта должны возрастать слева направо;
- каждая строка должна заканчиваться ординатой, равной 999 мм;
- значение признака любого блока должно находиться в пределах от 1 до 10;
- для рудных блоков и выработанного пространства (признак 10) дополнительно должны быть записаны еще два числа: длина блока и признак горной массы вне этого блока;
- признаки двух рядом расположенных блоков горной массы на одном горизонте не должны совпадать;
- отметки горизонтов убывают сверху вниз.

7. Заполнение дополнительной информации в бланке должно осуществляться в той же последовательности, как и в табл. 1. При этом следует руководствоваться следующими правилами:

а) РАЗРЕЗ – соответствует номеру поперечного профиля, который может состоять не более чем из двух цифр (≤ 99);

б) МАСШТАБ – величина, на которую необходимо умножить размеры в мм для того, чтобы результаты получились в м, например:

Масштаб разреза	Значение
1:1000	1
1:2000	2
1:5000	5
1:10000	10

в) ЧИСЛО ГОРИЗОНТОВ В МОДЕЛИ – соответствует количеству горизонтов, по которым снимается геологическая информация. Минимальное количество горизонтов в модели 6;

г) КОЛИЧЕСТВО ПРИЗНАКОВ – соответствует числу кодов горной массы и равно $n+m$, причем эта величина не должна превышать 9. Признак выработанного пространства (10) не входит в это число;

д) НАЧАЛЬНЫЙ ПРИЗНАК РУДЫ – соответствует первому порядковому номер признака полезного ископаемого, т.е. равно $n+1$;

е) ЗОНА ВЛИЯНИЯ РАЗРЕЗА – показывает на какую величину распространяется геологическая информация поперечного профиля по простиранию месторождения (рис. 3.2). Главное требование зоны влияния заключается в том, что она должна быть больше возможной максимальной длины карьера по поверхности.

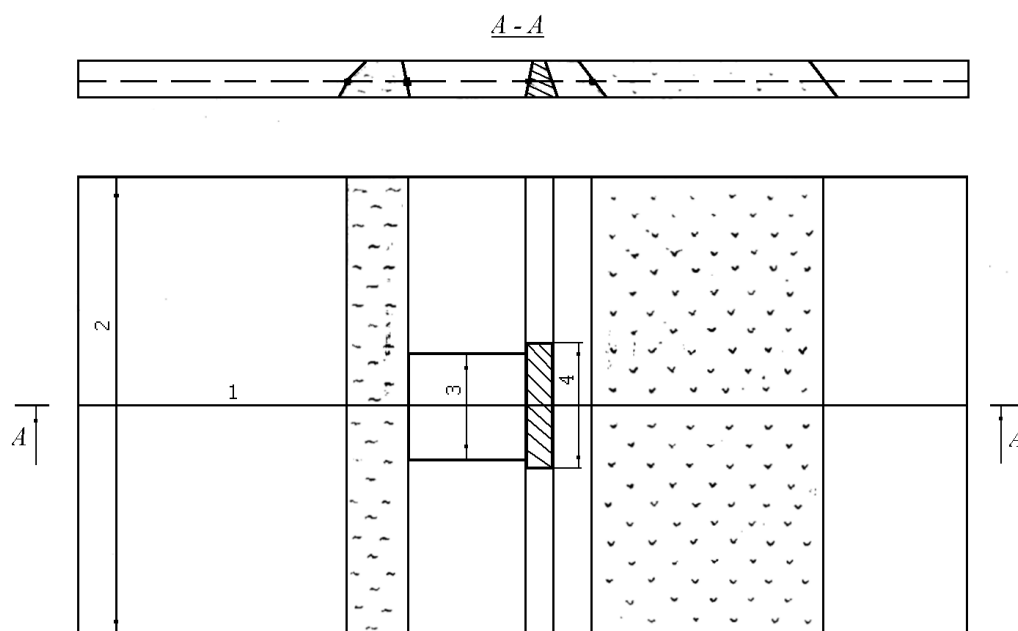


Рис. 3.2. Задание длины блока и зоны влияния разреза. 1 – линия профиля; 2 – зона влияния; 3 – длина выработанного пространства; 4 – длина рудного тела.

На этом подготовка информации для создания математической модели месторождения заканчивается.

3.4.2. Подготовка контурной информации

Выбор направления понижения горных работ и исследование режима открытых горных работ осуществляется в заданных конечных контурах карьера, которые могут быть нанесены на геологический разрез или представлены планом карьера на конец отработки в зависимости от представленной информации съем контуров карьера осуществляется следующими способами:

1. Конечные контуры нанесены на геологический разрез.

1.1. Палетка накладывается на геологический профиль точно так же, как при съеме геологической информации.

1.2. По средней линии каждого уступа измеряются в миллиметрах расстояния от начальной границы до левого (ближнего к линии отсчета) и правого (дальнего) контура карьера. Результаты измерений записываются в таблицу контурной информации в зависимости от решаемой задачи (табл. 3.2)

Таблица 3.2

Образец заполнения бланка для проведения горно-геометрического анализа карьерных полей

Отметка горизонта	Контур, мм		Длина, м	Углубка, мм
	левый	правый		
980	310	740	350	430
960	310	740	320	430
940	310	740	290	430
920	310	730	260	430

полуокружности, описывающей торец карьера на горизонте, расположен на расстоянии $0,2 \times R$ от заданной границы карьера в продольном разрезе (рис. 3.3б), где R – половина ширины карьера на этом горизонте.

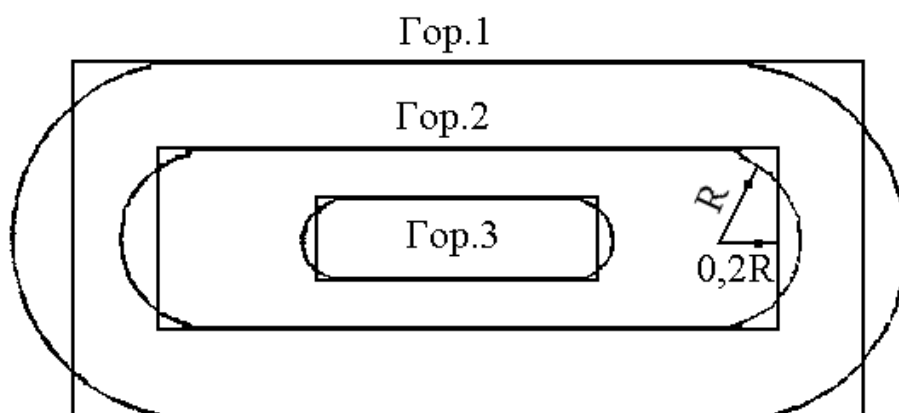


Рис. 3.3б. Построение контуров карьера по средней линии горизонтов с торцами, описанными полуокружностями

Это условие получено из требования точности подсчета площадей, т.е. площадь полукруга с радиусом R должна быть равна площади прямоугольника с шириной, равной ширине карьера, а и некоторой длиной:

$$\frac{\pi \times R^2}{2} = 2 \times R \times (R - x), \text{ откуда } x \approx 0,2 \times R.$$

2. В качестве исходной информации используется план карьера на конец отработки.

Для каждого рассматриваемого варианта развития работ на исходных геологических разрезах (планах) нанося границы карьера, один из вариантов начального положения горных работ (для разрезной траншеи) и ряд промежуточных положений (этапов) горных работ, соответствующих одному из возможных направлений их развития. Для этого от нижних бровок разрезных траншей на каждом горизонте наносят линии откоса рабочих бортов.

2.1. Желательно, чтобы план карьера на конец отработки был нарисован в масштабе геологического профиля. На план карьера наносится линия

геологического разреза и начальная линия отсчета, проходящая через линию ОУ на профиле (рис. 3.4).

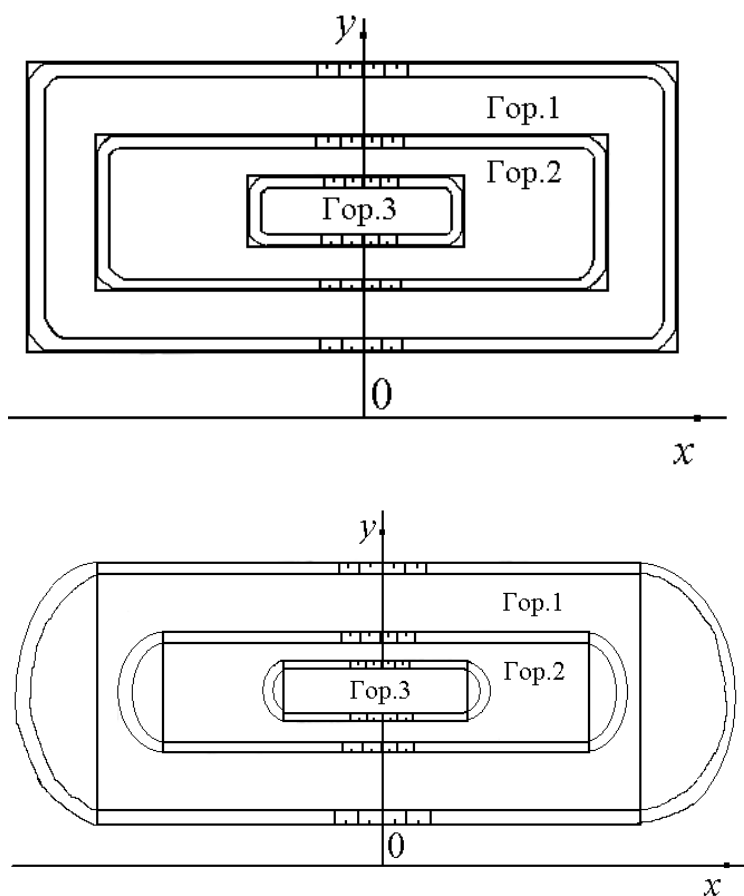


Рис. 3.4. Подготовка контурной информации с плана карьера на конец отработки

2.2. По линии геологического профиля на каждом уступе замеряются расстояния от начальной границы до середины откоса уступа левого (ближнего к линии отсчета) и правого (дальнего) контура карьера. Результаты измерений приводятся в соответствие с масштабом геологического разреза и записываются в таблицу контурной информации в зависимости от решаемой задачи (табл. 3.2).

Пример 1. Масштабы профиля и плана совпадают. Для горизонта 860 – 840 расстояния $A = 350$ и $B = 640$ записываются в бланк.

Пример 2. Масштабы профиля (1:2000) и плана (1:5000) различны. Для горизонта 860 – 840 замеряются в миллиметрах расстояния $A = 140$ и $B = 260$. Затем полученные значения переводятся в масштаб профиля путем умножения

на величину $\frac{5}{2} = 2,5$, округляются до целого в меньшую сторону и записываются в бланк.

2.3. Длина карьера на каждом горизонте определяется в зависимости от конфигурации карьера. Так, для прямоугольного карьера (см.рис. 3.3а) для получения длины снимается расстояние между торцами карьера по средней линии в миллиметрах, полученное значение переводится в метры и записывается в соответствующую строку бланка (табл. 3.2). Для карьера с торцами, описанными полуокружностями, необходимо провести дополнительные построения (см.рис. 3.3б). Определяются диаметры (D) полуокружностей, описывающих торец карьера по средней линии горизонта. На расстоянии $0,4 \times D$ от диаметров проводятся хорды. Длина карьера на данном горизонте будет равна расстоянию между этими ходами, которое снимается в метрах и записывается в бланк (табл. 3.2).

3. После заполнения таблицы контурной информации осуществляется визуальный контроль правильности заполнения бланка, который предусматривает выполнение следующих требований:

- ордината левого контура должна возрастать по мере увеличения глубины;
- ордината правого контура должна убывать;
- значения длины карьера должны уменьшаться с глубиной и не превосходят зону влияния разреза.

3.4.3. Подготовка информации о направлении углубки горных работ

Горно-геометрический анализ карьерных полей – это совокупность методов изучения месторождения полезных ископаемых или его участка, предназначенного для разработки открытым способом, с помощью которых устанавливают зависимости изменения горно-геометрических показателей разработки по мере развития горных работ.

В процессе горно-геометрического анализа прежде всего исследуют зависимость поэтапно извлекаемых объемов вскрышных пород и полезных ископаемых от положения горных работ в карьере на отдельных этапах. Для этого устанавливают границы карьера, эскизно намечают технологию разработки месторождения и ряд возможных вариантов начального положения горных выработок (разрезной траншеи) и направлений развития работ.

Для каждого выбранного варианта развития работ строят график зависимости извлекаемых объемов от положения горных работ [для крутопадающих месторождений – $V=f(H)$; для горизонтальных – $V=f(L)$]. На этом графике по одной оси откладывают положение горных работ, а по другой – соответствующие ему объемы горной массы, полезного ископаемого и вскрышных пород.

Построенные для карьера графики $V=f(H)$ и $V=f(L)$ являются основой для получения исходных календарных графиков $V=f(T)$ и разработки их улучшенных вариантов.

1. Горно-геометрический анализ карьерных полей проводится по заданному направлению углубки, линия которой на поперечном разрезе задается преподавателем или выбирается студентом самостоятельно. Эта линия наносится на профиль, затем на него накладывается палетка точно так же, как при съеме геологической информации.

2. По средней линии каждого уступа измеряются в миллиметрах расстояние от начальной границы (линии отсчета) до линии направления углубки. Результаты измерений записываются в таблицу 3.2.

3. При записи информации необходимо следить за тем, чтобы направление углубки находилось в контуре карьера, т.е. ордината углубки была больше ординаты левого контура карьера, но меньше правого.

4. В методику расчета положены следующие основные положения:

- длина, объем экскаваторных блоков, высота уступа одинаковы;

- к началу расширения разрезной траншеи, необходимо, чтобы на смежном с подготавливаемым вышележащем горизонте была образована рабочая площадка не меньше ширины, принятой проектом на разработку;
- минимальная длина разрезной траншеи должна быть равной сумме минимальной длины экскаваторного блока и длины участка опережения, обеспечивающего возможность одновременной разности и дальнейшей проходки разрезной траншеи;
- минимальная длина котлована должна быть не меньше двух радиусов разворота автосамосвала;
- при железнодорожном транспорте вследствие обменно-транспортных операций на одном уступе допускается не более двух экскаваторных блоков, при автомобильном транспорте не более четырех-пяти блоков;
- максимально возможное число экскаваторов на расширение траншеи определяется из условия, что скорость проходки траншеи должна быть более или равна скорости ее расширения;
- расчетное время подготовки нового горизонта и эксплуатации определяется без учета времени совмещения работ экскаватором проходящим вскрывающую выработку и ее расширяющим.

Для расчета скорости углубки заложены два определяющих схему признака: способ вскрытия и форма вскрывающей выработки при подготовке нового горизонта к эксплуатации.

Расчетные схемы показаны в табл. 3.3

Таблица 3.3

Способ вскрытия. Форма вскрывающей выработки	Постоянные внутренние траншеи		Временные съезды	
	поступатель- ный	тупиковый	поступатель- ный	тупиковый
Разрезная траншея	Схема А	Схема В	Схема Е	Схема F
Котлован	-	-	Схема С	Схема D

1. Схема А

Обобщенный график $L=f(T)$ организации работ по вскрытию и подготовке нового горизонта к эксплуатации внутренними поступательными траншеями, расположенными на нерабочем борту карьера показаны на рис. 3.5.

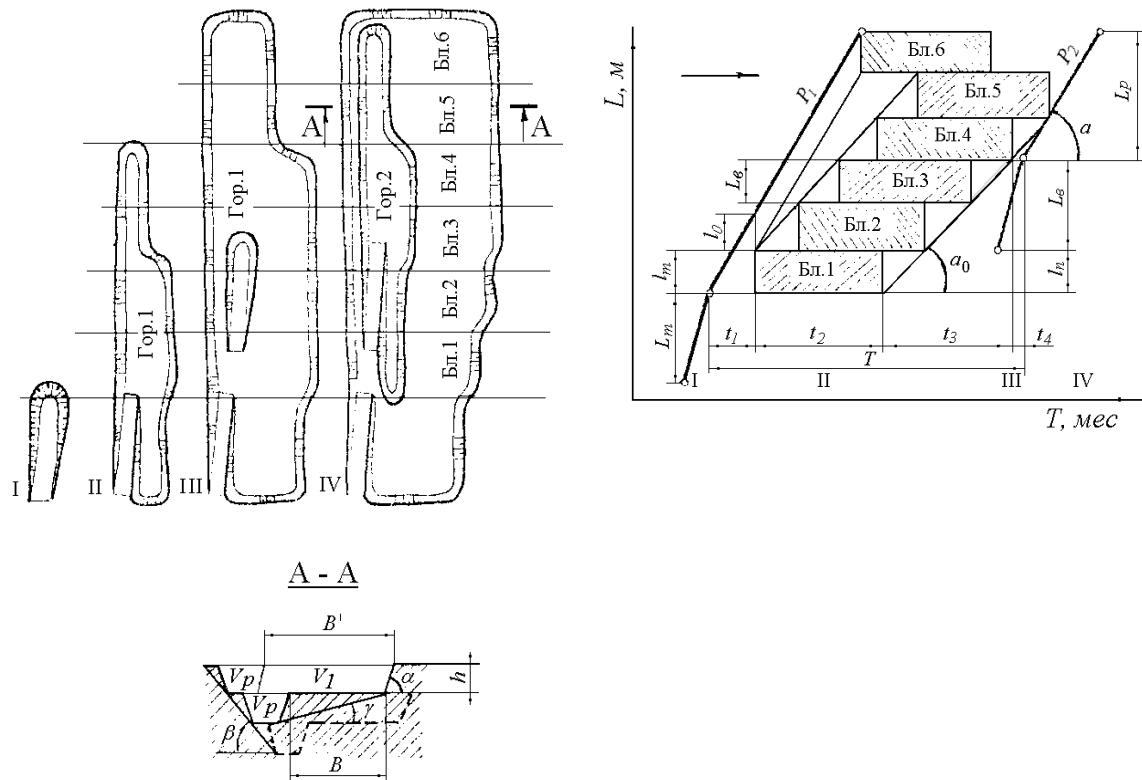


Рис. 3.5. Обобщенный график схемы А

Интервал времени между началом подготовки смежных уступов

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (3.1)$$

Из графика видно, что время ввода первого экскаватора на расширении вскрывающей выработки (разрезной траншеи)

$$t_1 = \frac{L_0 + l_0}{V_t}, \quad (3.2)$$

Время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину экскаваторного блока

$$t_2 = \frac{H_y^2 \times L_0 \times (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \beta)}{Q}, \quad (3.3)$$

Время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину необходимую для проходки въездной траншеи на нижележащем горизонте

$$t_3 = \frac{L_{\epsilon} + l_n}{V_0}, \quad (3.4)$$

Время начала проходки разрезной траншеи на нижележащем (подготавливаемом) горизонте

$$t_4 = \frac{k \times L_{\delta} - (L_{\epsilon} + l_n)}{V_0} - \frac{k \times L_{\delta} - (L_{\epsilon} + l_n)}{V_t}, \quad (3.5)$$

Из поперечного разреза (рис. 1) можно установить, что:

$$V_t = \frac{n \times Q_{mp}}{H_y \times (b + H_y \times \operatorname{ctg} \alpha)}, \quad (3.6)$$

$$V_0 = \frac{m \times Q}{H_y^2 \times (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \beta)}, \quad (3.7)$$

Число экскаваторных блоков, необходимых для расширения траншеи

$$k = \frac{L_{mp} + L_{\epsilon} + l_n}{L_{\delta}}, \quad (3.8)$$

Длина въездной траншеи

$$L_{\epsilon} = \frac{H_y}{i}, \quad (3.9)$$

где L_{δ} – длина экскаваторного блока, м;

l_0 – допустимое минимальное расстояние между экскаватором, проходящим траншею и экскаватором, расширяющим ее, м;

l_n – длина площадки примыкания путей, м;

H_y – высота уступа, м;

φ – угол откоса рабочего борта, град.;

β – угол направления углубки вкост простирания, град.;

α – угол откоса уступа, град.;

b – ширина дна разрезной траншеи, м;

V_t – скорость проходки разрезной траншеи, м/мес;

V_0 – скорость расширения разрезной траншеи, м/сек;

Q_{mp} – производительность экскаватора при проходке траншеи, м³/мес;
 Q – производительность экскаватора при расширении разрезной траншеи, м³/мес;
 L_{mp} – длина разрезной траншеи, м;
 i – уклон въездной траншеи, в тысячных;
 n – число экскаваторов, работающих на проходке траншеи, единиц;
 m – число экскаваторов, работающих на расширении разрезной траншеи (на считая траншейных экскаваторов), единиц.

Решение задачи производится в диалоговом режиме, причем, первым ограничивающим условием является выполнение неравенства $V_t \geq V_0$ или

$$m \leq \frac{Q_{mp} \times H_y \times (ctg \varphi + ctg \beta) \times n}{Q \times (b + H_y \times ctg \alpha)}. \quad (3.10)$$

Схема В

На рис. 3.6 изображен обобщенный график $L=f(T)$ организации работ при вскрытии и подготовке нового горизонта к эксплуатации внутренними тупиковыми съездами, расположенными на нерабочем борту карьера.

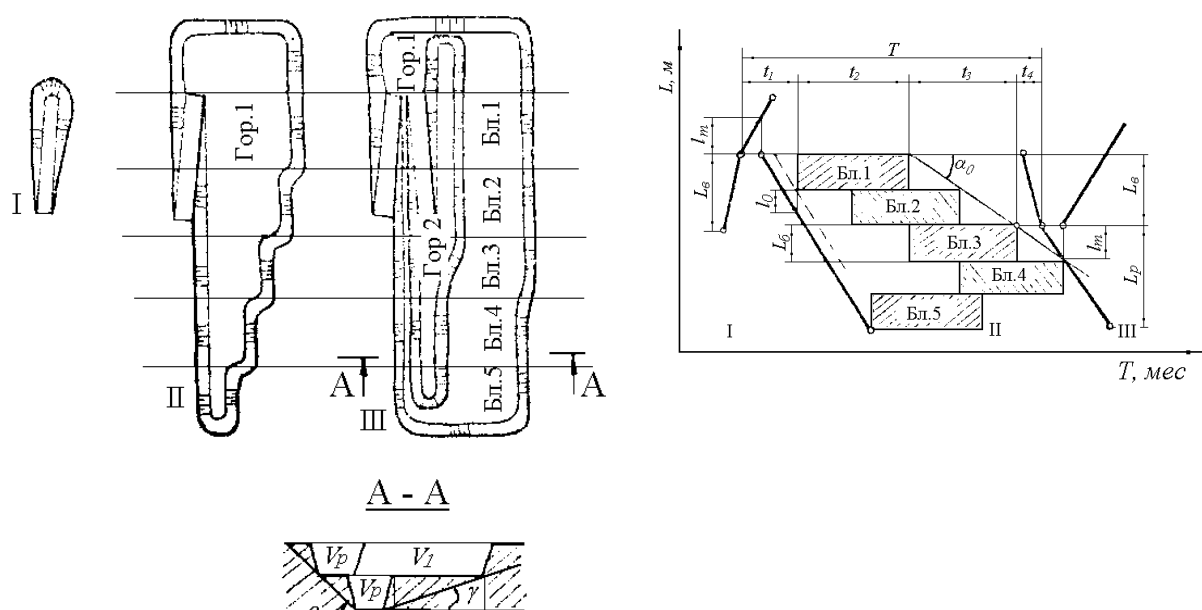


Рис. 3.6. Обобщенный график схемы В

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \quad (3.11)$$

Из схемы рис. 3.6 можно найти, что

$$t_1 = \frac{L_{\delta} + l_t + l_0}{V_t} \quad (3.12)$$

где l_t – длина тупикового разъезда при железнодорожном транспорте или же петлевого заезда при автомобильном транспорте, м.

$$t_2 = \frac{H_y^2 \times L_{\delta} \times (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \beta)}{Q}. \quad (3.13)$$

$$t_3 = \frac{L_{\epsilon}}{V_0}. \quad (3.14)$$

$$t_4 = \frac{k \times L_{\delta} - L_{\epsilon}}{V_0} - \frac{k \times L_{\delta} - L_{\epsilon}}{V_t}. \quad (3.15)$$

$$k = \frac{L_{mp} + L_{\epsilon}}{L_{\delta}}. \quad (3.16)$$

Схема С

При вскрытии нового горизонта временными поступательными автомобильными съездами и поперечной подготовке горизонта время подготовки нового горизонта к эксплуатации (рис. 3.7)

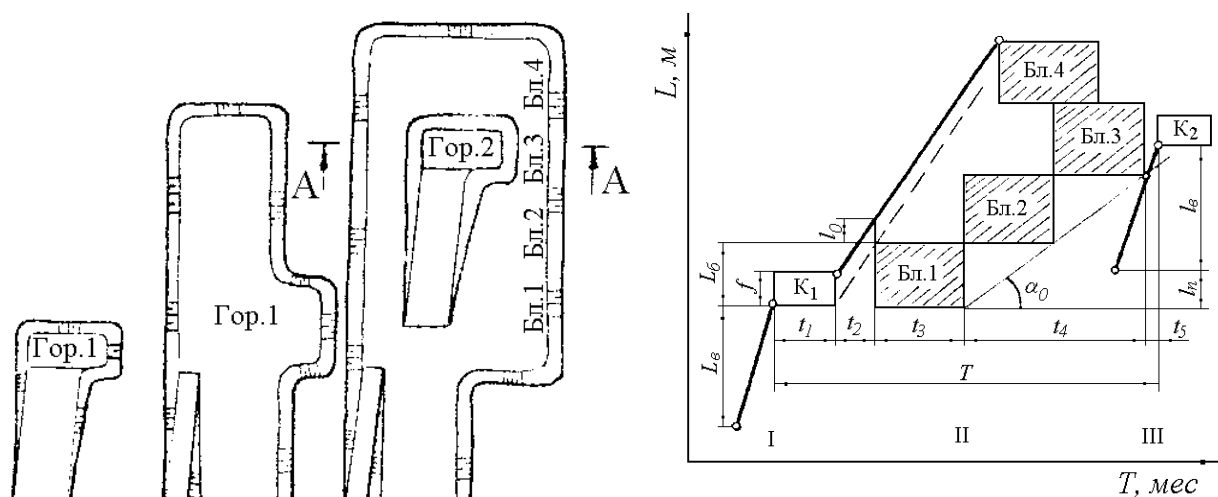


Рис. 3.7. Обобщенный график схемы С

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5. \quad (3.17)$$

При вскрытии поступательными съездами (см.рис. 3.7)

Время проходки котлована

$$t_1 = \frac{f \times H_y \times b}{Q_{mp}}, \quad (3.18)$$

где f – длина котлована по простиранию, м;

b – ширина котлована в период простирания (длина поперечной заходки), м.

Время ввода первого экскаватора на расширении вскрывающей выработки (котлована)

$$t_2 = \frac{L_{\sigma} + l_0 - f}{V_t}. \quad (3.19)$$

Время расширения вскрывающей выработки (котлована) на длину экскаваторного блока

$$t_3 = \frac{H_y^2 \times L_{\sigma} \times (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \beta)}{Q}. \quad (3.20)$$

Время расширения вскрывающей выработки (котлована) на длину необходимую для проходки въездной траншеи на нижележащем горизонте

$$t_4 = \frac{L_{\sigma} + l_n}{V_0}. \quad (3.21)$$

Время начала проходки котлована на нижележащем (подготавливаемом) горизонте

$$t_5 = \frac{f}{V_0} - \frac{f}{V_t}. \quad (3.22)$$

Схема D

При вскрытии нового горизонта временными тупиковыми съездами (рис. 3.8).

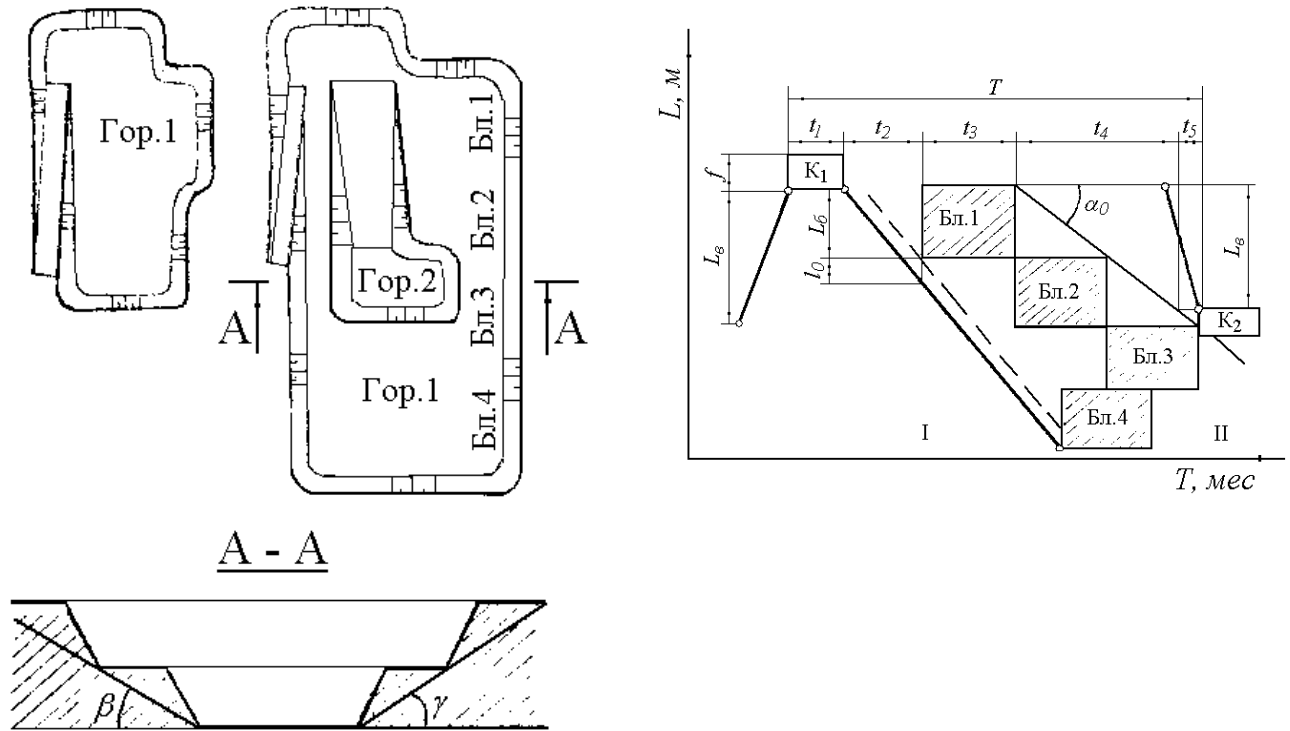


Рис. 3.8. Обобщенный график схемы D

$$t_1 = \frac{H_y \times f \times b}{Q_{mp}}. \quad (3.23)$$

$$t_2 = \frac{L_6 + l_0}{V_t}. \quad (3.24)$$

$$t_3 = \frac{H_y^2 \times L_6 \times (\operatorname{ctg} \varphi + \operatorname{ctg} \beta)}{Q}. \quad (3.25)$$

$$t_4 = \frac{L_6}{V_0}. \quad (3.26)$$

$$t_5 = \frac{f}{V_0} - \frac{f}{V_t}. \quad (3.27)$$

При двустороннем развитии работ в карьере и вскрытии горизонтов временными съездами (рис. 3.8) расчет времени подготовки ведется аналогично случаям вскрытия внутренними поступательными и тупиковыми траншеями, расположенными на нерабочем борту карьера. Для учета организации работ со стороны лежачего бока залежи в график $L=f(T)$ дополнительно определяется время ввода первого экскаватора на расширение разрезной траншеи со стороны лежачего бока залежи (t_5) и время обработки экскаваторного блока, также со стороны лежачего бока залежи (t_6).

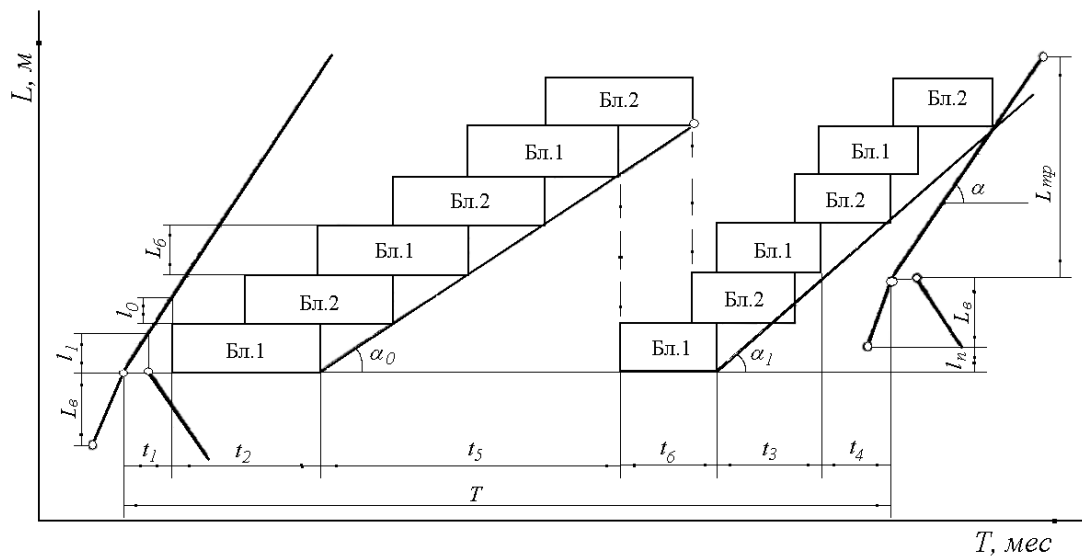


Рис. 3.9. Обобщенный график схемы E

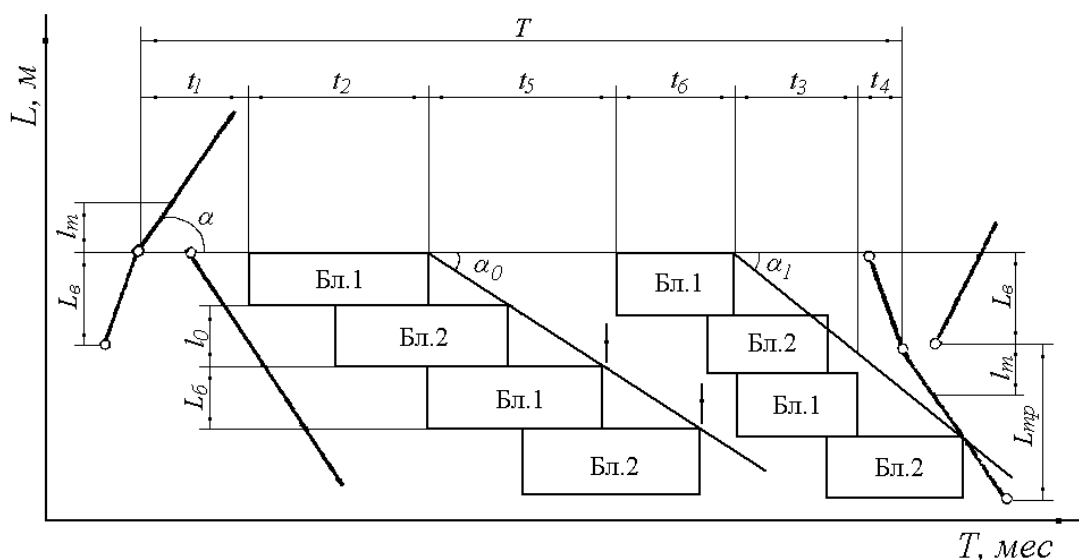


Рис. 3.10. Обобщенный график схемы F

Скорость расширения вскрывающей выработки со стороны лежачего бока залежи определяется по формуле:

$$V_0' = \frac{m \times Q}{H_y^2 \times (\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \beta)}. \quad (3.28)$$

Из схем Е и F на рис. 3.9 и 3.10 можно найти, что

$$t_5 = \frac{(k - m + 1) \times L_6}{V_0}, \quad (3.29)$$

$$t_6 = \frac{H_y^2 \times L_6 \times (\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \beta)}{Q}. \quad (3.30)$$

Возможная скорость углубки горных работ в карьере для всех вариантов и подготовки новых горизонтов к эксплуатации определяется по формуле:

$$V_z = \frac{12 \times H_y}{T}. \quad (3.31)$$

3.4.4. Подготовка дополнительной информации

Дополнительная информация приведена в таблицах приложения Г.

РАЗРЕЗ – соответствует номеру поперечного профиля, для которого построена математическая модель месторождения.

ШИРИНА ТРАНШЕИ, мм – ширина разрезной траншеи по средней линии горизонта в миллиметрах, которая равна $\left[b + \frac{H \times \operatorname{ctg} \alpha}{M} \right]$, где b – ширина траншеи по дну, мм; H – высота уступа, м; α – угол откоса уступа; M – масштаб разреза (1, 2, 5, 10 и т.п.); $[]$ – целая часть числа.

ДЛИНА ТРАНШЕИ, м – длина разрезной траншеи по средней линии горизонта в метрах, которая равна $[L + H \times \operatorname{ctg} \alpha]$, где L – длина траншеи по дну, м.

ШИРИНА ПЛОЩАДКИ ПО ЛЕВОМУ БОРТУ, мм – ширина рабочей площадки по средней линии горизонта со стороны лежачего (ближнего к

линии отсчета) борта карьера в миллиметрах, которая равна $B + \frac{H \times \operatorname{ctg} \alpha}{M}$, где B – ширина рабочей площадки по горизонту, мм.

ШИРИНА ПЛОЩАДКИ ПО ПРАВОМУ БОРТУ, мм – величина, аналогичная предыдущему, но со стороны правого (дальнего от линии отсчета) борта карьера.

ШИРИНА ПЛОЩАДКИ В ТОРЦАХ, мм – величина, аналогичная предыдущему, но в торцах рабочей зоны.

Значения задают параметры рабочей зоны карьера.

КОЛИЧЕСТВО ГОРИЗОНТОВ В КАРЬЕРЕ – глубина карьера, которая задается числом горизонтов (уступов) и равна количеству заполненных строк в таблице параметров карьера. Следует помнить, что число горизонтов в карьере не должно превышать количества горизонтов в математической модели и должно быть полное соответствие отметок горизонтов.

ОБЪЕМ КАРЬЕРА, м^3 – рассчитывается по формуле $\frac{1}{3} \times (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2}) \times n \times \frac{H}{M}$, где S_1, S_2 – площади карьера по поверхности и по дну, которые могут быть определены из первой и последней строки таблицы параметров карьера (табл. 3.2) с помощью выражения $S = (П - Л) \times Д \times М$, где $П$ – правый и $Л$ – левый контуры карьера, $Д$ – длина карьера, $М$ – масштаб разреза; n – количество горизонтов в карьере, H – наибольшая высота уступа.

ОТМЕТКА ПЕРВОГО РУДНОГО ГОРИЗОНТА – задается только при решении задачи выбора оптимального направления понижения горных работ в карьере. Соответствует отметке горизонта, начиная с которого производится выбор направления углубки. Обязательное условие – наличие полезного ископаемого на данном горизонте.

ЦЕНТР – координата центра карьера на момент сдачи его в эксплуатацию. Если объем горнокапитальных работ не известен, то задается значение 0, что означает выбор рационального заложения карьера на данном горизонте в пределах рудного тела по среднему с начала отработки

коэффициенту вскрыши. Эта координата распространяется на все вышележащие горизонты.

3.4.5. Результаты расчета

1. Определяют этапные объемы (объемы между смежными положениями границ этапа) горной массы, полезного ископаемого и вскрышных пород, по которым по каждому геологическому профилю (плану) строят график зависимости извлекаемых объемов от положения горных работ $V=f(H)$ (для крутопадающих и наклонных месторождений) и $V=f(L)$ (для горизонтальных и пологопадающих месторождений). На этом графике по одной из осей откладывают положения (этапы) работ, а по другой – соответствующие их объемы.

2. Определяют суммарные этапные объемы горной массы, вскрыши и полезного ископаемого по всему месторождению путем раздельного сложения этих показателей для соответствующих этапов, найденных по отдельным геологическим разрезам (планам). По значениям суммарных объемов строят график, выражающий зависимость поэтапно извлекаемых объемов горной массы, вскрыши и полезного ископаемого для всего карьера.

Результатами расчетов при определении оптимального направления понижения горных работ и проведении горно-геометрического анализа является таблица (табл. 3.4).

3. Определяют годовую производительность карьера по полезному ископаемому на весь срок существования карьера.

При исследовании режима горных работ необходимо рассматривать не только различные варианты направления развития работ для какой-либо одной эскизно принятой технологии разработки месторождения и выполнения работ, но и варианты, отличающиеся друг от друга самими технологиями.

Таблица 3.4

Таблица погоризонтных и общих объемов карьера

Отметка горизонта	Горная масса	Вскрыша				Руда			Коэффициент вскрыши
		Всего	1	2	3	Всего	1	2	
980	72,8	72,8	0,0	0,0	72,8	0,0	0,0	0,0	
960	143,4	143,4	0,0	0,0	143,4	0,0	0,0	0,0	
940	197,2	197,2	0,0	0,0	197,2	0,0	0,0	0,0	
920	199,7	199,7	0,0	0,0	199,7	0,0	0,0	0,0	
900	333,8	325,6	49,7	119,5	136,4	8,3	0,0	8,3	39,319
880	292,2	275,6	60,0	111,6	104,0	16,6	0,0	16,6	16,643
860	238,0	214,6	29,9	123,4	61,2	23,4	9,4	14,1	9,154
840	180,3	158,6	3,4	127,2	28,0	21,8	8,6	13,1	7,287
820	129,4	107,2	0,0	102,4	4,8	22,2	7,0	15,1	4,838
800	85,1	64,3	0,0	64,3	0,0	20,8	7,0	13,8	3,092
ВСЕГО	1871,8	1738,8	143,0	648,4	967,5	113,0	32,1	80,9	15,565

