

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



Кафедра Разработка месторождений полезных ископаемых

Допущены

к проведению занятий в 2016-2017 уч.году

Заведующий кафедрой

Профессор В.П. Зубов

«\_\_\_\_\_» 2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**  
для проведения практических занятий по учебной дисциплине

**«ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»**

**Специальность (направление подготовки): 21.05.04 «Горное дело»**

**Специализация (профиль): Открытые горные работы**

**Разработал: доцент Семенов А.С.**

*Обсуждены и одобрены на заседании кафедры  
Протокол №1 от 30 августа 2016 г.*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
**2016**

## ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей дисциплины является ознакомление студентов с составом и содержанием работ при проектировании открытой разработки месторождений полезных ископаемых; ознакомление с методами и привитие навыков решения проектных задач.

Результатами освоения дисциплины являются знание методов и умение ими пользоваться при выборе рациональной схемы разработки пород для заданных условий и расчета основных технологических параметров открытой разработки пород, рациональной схемы расположения оборудования, расчет основных технологических параметров выемочно-погрузочного оборудования, расчет и обоснование основных показателей открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Общие сведения о проектировании карьеров.

Темы практических занятий:

- Определение границ карьера при разработке месторождения
- Проектирование вскрытия месторождения
- Горно-геометрический анализ карьерного поля
- Определение максимальной производительности карьера по полезному ископаемому
- Календарный план горных работ
- Определение объемов потерь полезного ископаемого и примешиваемой породы

Для выполнения заданий исходные данные предоставляются преподавателем.

Над темой курса следует работать в соответствии с программой и методическими указаниями и рекомендованной литературой.

Исходные данные представляются в следующем виде:

4 разведочные линии, 24 скважины (с указанием мощностей п.и. и пустой породы)

Угол падения –  $\alpha$ , град.

Азимут падения - 180 град.

Угол откоса

Борта –  $\beta$ , град.

Уступа –  $\gamma$ , град.

## 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ КАРЬЕРА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Цель работы.** Ознакомиться с основными принципами определения границ карьера.

**Содержание работы.** По заданным исходным данным определить конечные границы карьера пользуясь принципом сравнения граничного коэффициента вскрыши с контурным.

**Теоретические основы.**

1. По исходным данным, в масштабе 1:1000 изображается план местности в виде изолиний и наносится координатная сетка 20x20. Угол падения дневной поверхности составляет  $\alpha$ , т.е. расстояние между изолиниями на плане равно:

$$L = Z \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \text{ м}$$

где  $Z$  – превышение одной линии над другой;

$\alpha$  – угол падения поверхности.

Определив расстояние между изолиниями, эти горизонтали наносим на план в соответствии с азимутом направления падения поверхности – 180°. Уменьшение высоты поверхности происходит по направлению с севера на юг.

На плане изображается 4 разведочные линии и все 24 скважины. Направление разведочных линий широтное. Расстояние между скважинами – 20 м.

2. В соответствии с данными таблицы и построенного плана местности строятся геологические профили по разрезам I – IV. Для этого от поверхности местности (от устья скважины) откладывают величины мощности покрывающих (вмещающих) пород, а затем мощность рудного тела и т.д. для всех скважин. Полученные точки мощности покрывающих пород, рудного тела и породных прослоек рудной залежи соединяются плавной линией, и в результате получают очертания рудного тела в вертикальной плоскости.

3. Пользуясь поперечными разрезами, отстраивают погоризонтные планы залежи с интервалом 20 м по глубине. Для этого на каждом поперечном разрезе на определенной одинаковой глубине

находят положение контура рудного тела и переносят координату пересечения горизонтальной линии глубины и контура рудного тела на погоризонтный план. На планах полученные точки по каждому разрезу соединяют плавной кривой и получают очертания рудной залежи на определенной глубине.

В соответствии с конфигурацией залежи, для каждого варианта глубины оконтуривается дно карьера шириной 30 м.

4. В соответствии с наклоном борта, определяются контуры карьера по поверхности при различной глубине и определяются объемы породы, руды и коэффициент вскрыши. Это выполняется в следующей последовательности:

- проводятся линии заложения откосов борта карьера, перпендикулярные контурам дна карьера; их количество и место заложения определяется сложностью контура рудного тела и дна карьера;
- на линиях заложения борта откоса откладывают его величину, которая определяется как произведение разности высотных отметок поверхности и дна карьера на котанганс угла откоса борта:

$$L_6 = (H_{\text{пов}} - H_{\text{дн}}) \operatorname{ctg} \beta, \text{м}$$

где  $H_{\text{пов}}$  – отметка поверхности, м;

$H_{\text{дн}}$  – отметка дна карьера, м;

$\beta$  - угол откоса борта, град.

- контур карьера при различной его глубине можно определить и графическим способом с помощью вспомогательного графика заложения откоса; на координатной сетке по оси ординат откладывают глубину соответствующего горизонта, а по оси абсцисс – заложение откоса; от оси ординат отстраивают профиль рельефа поверхности по направлению характерной линии.

Проводя такие построения для всех характерных направлений заложения откоса, получают точки пересечения профиля дневной поверхности вдоль характерных линий и соответствующих им линий заложения откоса.

Соединяя эти точки пересечения плавной кривой, получаем верхний контур карьера: для определения объемов полезного ископаемого в каждом полученном контуре вычерчиваются горизонтальные проекции площади полезного ископаемого, которые расположены по бортам карьера: для отыскания горизонтальных проекций таких площадей полезного ископаемого на геологических профилях (I,II,III,IV) откладывают точки пересечения контура дна карьера с линией этих профилей. На геологическом профиле из точки, соответствующей координате пересечения линии заложения откоса с дном карьера проводят линию откоса борта карьера. Эта линия пересекает рудные тела и горизонтальную проекцию отрезка переносят на план, и получаем точку, которая является одной из точек очертания контура рудного тела в борту карьера; выполнив такие построения по другим профилям, получаем серию точек на плане горизонта; соединив которые, получаем контуры части рудного тела, находящиеся в борту карьера.

Площади руды в дне и в борту карьера, а также вскрыши на каждой глубине измеряют с помощью планиметра или палетки. Все результаты измерений заносятся в таблицу.

По данным таблицы находят значения контурного коэффициента вскрыши  $K_k$  для каждой отметки глубины карьера как отношение объема вскрыши к объему полезного ископаемого, находящегося в слое между этими двумя соседними отметками глубин.

Средний коэффициент вскрыши  $K_{CP}$  определяют как отношение суммы объемов слоев вскрыши и руды, соответствующих данной глубине карьера.

Сравнивая граничный коэффициент вскрыши  $K_{GP}$  с контурным коэффициентом вскрыши  $K_k$ , находят глубину карьера.

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Цель работы.** Ознакомиться с основными технологическими схемами вскрытия месторождения.

### **Содержание работы.**

Необходимо определить рациональную схему вскрытия месторождения и рассчитать основные параметры вскрывающих выработок.

### **Теоретические основы.**

При проектировании вскрытия используют метод приближений. В начале намечают возможные варианты, и после увязки взаимосвязанных решений по границам карьера, его производительности, размещению поверхностных сооружений и т.д. производят детальные расчеты, характеризующие

способ вскрытия. Способ вскрытия зависит от вида транспорта, условия залегания рудного тела и определяют режим горных работ.

В данном примере морфология залежи определяет параметры и форму карьера в плане. Эти условия и определили выбор вида транспорта – автомобильный.

При проектировании вскрытия задачи решаются в следующей последовательности.

На основании геологических профилей составляется план карьера в изолиниях на конец отработки карьера. Изолинии соответствуют нижним бровкам уступов.

Расстояние между изолиниями:

$$l = h_y \cdot \operatorname{ctg} \gamma + b_{\text{пр}}, \text{м}$$

где  $h_y$  – высота уступа, м;

$b_{\text{пр}}$  – ширина предохранительной бермы должна быть не менее  $1/3 h_y$  (сдвоенного  $2/3 h_y$ ).

$\gamma$  – угол откоса уступа, град.

Кроме того, в качестве исходных данных для построения карьера принимаются параметры трассы:

- уклон – 80 0/00;
- радиус поворота – min 15 м;
- форма примыкания – на горизонтальном участке на каждом горизонте;
- длина площадок примыканий - 20 м;
- форма трассы – спиральная, стационарная и размещается в пределах карьерного поля;
- ширина транспортной бермы – 18 м;
- нагорная часть карьера вскрывается полутраншеями.

Учитывая рельеф местности, расположение отвалов и промплощадки, заложение трассы осуществляется в южной части карьера. Производится предварительное трассирование для конечного контура.

Осуществляется детальное трассирование транспортных коммуникаций, начиная снизу вверх.

Для этого от нижней точки трассы, откладывают ширину транспортной бермы, вычерчивают съездную траншую. Затем изображают верхнюю бровку первого уступа. Для этого от контура съездной траншеи откладывают расстояние равное заложению откоса.

$$X = h_y \cdot \operatorname{ctg} \alpha_y$$

где  $X$  – заложение откоса уступа на данной высоте, м;

$h_y$  – высота уступа, м;

$\alpha_y$  – угол откоса нерабочего уступа, град.

Так как съездная траншея является наклонной выработкой, то величина заложения откоса возрастает по мере выхода трассы на вышележащий горизонт.

От линии окончания трассы откладывают расстояние равное величине площадки примыкания.

Дальнейшее построение плана карьера на конец отработки производится по описанной выше методике.

### 3. ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ

**Цель работы.** Ознакомиться с основными принципами горно-геометрического анализа карьерного поля.

#### **Содержание работы.**

Необходимо определить минимальный достаточный фронт работ для вскрытия и подготовки нижележащего горизонта

#### **Теоретические основы.**

1. На плане нижнего первого гор.1 вычерчивают въездную и разрезную траншеи, что соответствует первоначальной линии фронта работ. Объем горных работ на этом горизонте равен объему въездной и разрезной траншеи.

2. На плане вышележащего гор.2 должны быть показаны контуры въездной и разрезной траншеи, обеспечивающие подготовку этого горизонта (объем работ при этом составит  $V2/1$ ), а также линия фронта работ, которая обеспечивает подготовку гор. 2. Это условие будет обеспечено, если линия фронта работ гор. 2 будет опережать линию фронта работ гор. 1 на ширину рабочей площадки: и ширину горизонтальной проекции откоса уступа (объем работ на гор. 2 для подготовки гор. 1 составит  $V2/1$ ). Чтобы установить положение линии фронта работ гор. 2, совместим по координатной сетке планы этих горизонтов и на плане гор. 2 проведем линию фронта работ, отступив от линии фронта работ гор. 1 в сторону развития горных работ на величину

$$B_0 = b_{\partial n} + h \operatorname{ctg} \alpha$$

Где  $b_{\partial n}$  - ширина дна карьера, м;

3. На плане следующего наносят линии фронта работ, обеспечивающие подготовку гор. 3 (V3/3) и возможность подготовки гор. 1 и 2 (V3/2 и V3/1). Для этого накладывают кальку с планом гор. 3 на план гор2. Затем отступая от линии фронта работ гор. 2 на расстоянии Вo, проводят линию, которая показывает, в каком положении должна находиться линия фронта работ на гор. 3, чтобы обеспечить возможность подготовки гор. 1. Аналогично наносят линии фронта на все остальные погоризонтные планы.

Площади всех участков на каждом погоризонтном плане с разделением по видам вскрышных работ и полезного ископаемого замеряют палеткой или планиметром.

Результаты расчетов объемов сводим в таблицу распределения объемов вскрыши и полезного ископаемого по горизонтам и этапам разработки.

#### **4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА ПО ПОЛЕЗНОМУ ИСКОПАЕМОМУ**

**Цель работы.** Ознакомиться с основными принципами определения производительности карьера по полезному ископаемому.

**Содержание работы.**

Необходимо определить и обосновать производительность карьера по скорости понижения добычных работ, по расстановке добычного оборудования и по пропускной способности.

**Теоретические основы.**

*4.1 Определение производительности по скорости понижения добычных работ*

Производительность определяется зависимостью:

$$A_p = h_0 \cdot S_t \cdot \rho \cdot \frac{1-\eta}{1-v}, \text{тонн}$$

где:  $h_0$ - скорость понижения добычных работ, м/год;

$S_t$ - площадь товарного полезного ископаемого, извлекаемого из карьера,  $\text{м}^2$ ;

$\rho$  - плотность полезного ископаемого в недрах,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$\eta$  - коэффициент потерь полезного ископаемого;

$v$  - коэффициент объемного разубоживания.

$$h_0 = \frac{l_p}{\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta},$$

где:  $l_p$ - скорость подвигания фронта работ, м/год;

$\varphi$  - угол откоса рабочего борта, град;

$\beta$  - угол падения залежи, град.

$$\operatorname{ctg}\varphi = \frac{B + h \cdot \operatorname{ctg}\alpha}{h}$$

$$l_p = \frac{Q}{h \cdot l_{bl}}$$

где:  $Q$ - годовая производительность экскаватора,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$h$ - высота уступа, м;

$l_{bl}$ - длина экскаваторного блока, м.

Производительность экскаватора рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{3600 \cdot T_{cm} \cdot E \cdot K_h \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot K_p}, \text{м}^3/\text{смену}$$

где:  $T_{cm}$ - продолжительность смены, ч;

$E$ - емкость ковша экскаватора, м3;

$K_h$ - коэффициент наполнения ковша экскаватора;

$K_i$ - коэффициент использования экскаватора во времени;

$K_c$ - коэффициент структуры;

$K_p$ - коэффициент разрыхления горной массы в ковше;  
 $T_{ц}$ - время цикла экскаватора, с.

Если расчетная скорость понижения горных работ достаточно высокая, но обеспечить такую скорость фактически невозможно. Поэтому, для дальнейших расчетов примем скорость понижения равной среднему значению за весь период отработки карьера. После этого уточняется производительность.

#### 4.2 Определение производительности по расстановке погрузочного оборудования

При проектировании разработки месторождений сравнительно постоянной мощности или тех, для которых можно установить среднюю мощность и средние условия залегания, производительность карьера определяют на основе расстановки погрузочного оборудования, т.е. по числу добывчих забоев.

Согласно этому методу можно записать:

$$A_p = N_p \cdot Q$$

где:  $N_p$ - число добывчих экскаваторов.

$$N_p = m \cdot K$$

где:  $K$ - число рабочих уступов по полезному ископаемому,

$m$ - число добывчих экскаваторов, работающих на одном уступе.

$$K = \frac{N_g}{B + h \cdot ctg\alpha}$$

где:  $N_g$ - горизонтальная проекция участка рабочего борта, находящегося в рудной зоне.

$$N_g = \frac{M - Z}{1 \pm \frac{ctg\beta}{ctg\varphi}}$$

Когда горные работы производятся в зоне контактов, то имеют место потери и перемешивание. Ширина зоны  $Z$  может быть определена из выражения:

$$Z = h \cdot (\pm ctg\beta \pm ctg\alpha), м$$

Исходя из длины рудного фронта  $L_{\phi p}$  и длины экскаваторного блока  $L_{э.бл.}$ , определяем количество экскаваторов на уступе.

$$m = \frac{L_{\phi p}}{L_{э.бл.}}$$

#### 4.3 Производительность карьера по транспортным возможностям

Добываемая в карьере горная масса по транспортным коммуникациям должна доставляться к месту назначения: порода- в отвал; полезное ископаемое- на дробильно-сортировочный завод, обогатительную фабрику или к приемной станции для отгрузки потребителю. Известны случаи, когда возможности транспорта, особенно железнодорожного, ограничивают производительность карьера по горнотехническим факторам необходимо сопоставить с транспортными возможностями. При этом должно соблюдаться следующее соотношение:

$$A_{пи} \leq W/f$$

где:  $f$ - коэффициент резерва, учитывающий неравномерность грузового потока,  $f=1,75$ ;

$W$ - суточная провозная способность транспортных коммуникаций в системе вскрывающих выработок, т.

$$W = N \cdot q_{\phi}$$

где:  $N$ - пропускная способность транспортных коммуникаций карьера;

$q_{\phi}$ - фактическая перевозимая масса породы, т

Фактическую грузоподъемность можно определить по формуле:

$$q_{\phi} = \frac{V \cdot K_H}{K_p} \cdot \gamma, \text{т}$$

где: V - вместимость кузова транспортного средства, м<sup>3</sup>;  
 К<sub>Н</sub>- коэффициент наполнения кузова;  
 γ - плотность породы, т/м<sup>3</sup>.

$$N = \frac{T}{\frac{L}{v} + \tau}$$

где: L - расстояние откатки, км;

τ - минимальный промежуток времени, необходимый для выполнения операций по приему, отправлению или пропуску транспортных средств, 1,5 мин;

T - промежуток времени, в который измеряется пропускная способность;

v - средняя скорость движения в груженном и направлении, км/ч.

Отсюда определим производительность карьера по вскрыше:

$$A_B = A_p \cdot K \cdot \gamma_{\Pi}, \text{т/год}$$

где: K- коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т;

γ<sub>Π</sub> - плотность вскрышных пород, т/м<sup>3</sup>.

Тогда производительность карьера по горной массе составит:

$$A_B + A_p, \text{т/год}$$

## 5. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ГОРНЫХ РАБОТ

**Цель работы.** Ознакомиться с методическими основами календарного планирования горных работ, т.е. приемы распределения планируемых объемов работ по добыче и вскрыше в пространстве (по рабочим горизонтам) и времени (по месяцам, кварталам, годам и т.д.), а также рассматривается составление графика работы экскаваторов, соответствующего распределению планируемых объемов.

**Содержание работы.** Необходимо распределить плановые объемы руды по кварталам планируемого года и по добычным горизонтам; определить извлекаемые объемы пустых пород в соответствии с извлечением заданных объемов руды с максимальной интенсивностью при наклонной углубке; построить поквартальный график работы экскаваторов.

### Теоретические основы.

Поскольку по условию задачи интенсивность ведения горных работ максимальная, то следует определить минимальную величину подвигания уступов в горизонтальном направлении, необходимую для обеспечения максимальной скорости углубки при угле углубки, равном 70°. При направлении углубки по висячему боку рудной залежи время подготовки новых горизонтов будет определяться необходимыми величиной и временем подвигания левого (правого) борта карьера

$$l_i = h(\operatorname{ctg} \varphi \pm \operatorname{ctg} \beta)$$

Определим, каково должно быть подвигание рудного фронта при заданной годовой производительности по руде

$$l_p = \frac{A_p}{2 \cdot L_k \cdot h \cdot \gamma_p}$$

После этого определяем объемы добываемой по кварталам руды и необходимые при этом объемы вскрышных пород в соответствии с распределением их по горизонтам и заносим в таблицу.

Переходим к построению графика работы экскаваторов. В первую очередь устанавливаем годовую, месячную и квартальную производительность экскаваторов для всех видов работ: на добыче, на вскрыше, а также на проходке въездных траншей и подготовительных выработок, если таковые имеют место в планируемый период.

Теперь определим необходимое количество экскаваторов для чего годовые объемы работ по руде и вскрыше отнесем к годовой производительности экскаватора по руде и вскрыше (в общем случае количество экскаваторов уже известно, так как оно определяется при установлении производительности карьера).

Количество рудных экскаваторов

$$N_p = \frac{A_p}{Q_{pe}}$$

Количество породных экскаваторов

$$N_n = \frac{A_n}{Q_{ne}}$$

Общее количество экскаваторов

$$N = N_p + N_n$$

Полученное значение округляем в большую сторону.

Поскольку при максимальной интенсивности ведения горных работ с минимальными (расчетными) рабочими площадками все уступы на рабочих бортах должны подвигаться синхронно, то следует начать расстановку оборудования (экскаваторов) с верхнего горизонта, т.к. подвигание верхнего уступа обеспечивает нормальную работу смежного с ним нижнего и т.д.

Предположим, что с отметки горизонта 2 отрабатывается эксплуатационный слой 2-1 на котором руда уже выработана и осуществляется удаление пустых пород. В первом квартале объемы их составили  $V_{2-1}$  тыс.м<sup>3</sup>, что потребует  $\frac{V_{2-1}}{3 \cdot Q_{\text{мес}}}$  экскаватора.

Оставшийся объем  $V_{\text{гор}} - V_{2-1}$  выполнит экскаватор  $n_1$ , который в конце первого месяца планируемого года опустится на горизонт 3 выполнив работы на горизонте 2. Время работы экскаватора  $n_1$  в первом квартале  $\frac{V_{\text{гор}} - V_{2-1}}{Q_{\text{мес}}}$  месяца.

Объемы работ на горизонте 3 во втором и третьем кварталах аналогичны первому кварталу. Аналогична и занятость других экскаваторов

На начало четвертого квартала уступ на левом борту горизонта 3 приходит в конечное положение. Объемы работ сокращаются до уровня работ на горизонте 2. Поэтому потребуется  $n$  экскаваторов. Экскаватор  $n_2$  продолжает работать до конца года. Экскаватор  $n_1$ , выполнив необходимый объем работ, спускается на нижележащие горизонты. Окончив работы в третьем квартале, за ним следует экскаватор  $n_3$ .

Аналогично рассматриваются другие горизонты.

## **Рекомендательный библиографический список**

### **Основной**

1. Арсентьев А.И. Производительность карьеров. СПб., изд. СПГГИ, 2008.
2. Чирков А.С. Добыча и переработка горных пород. – М.: Издательство государственного университета, 2009.
3. Федеральные нормы и правила при добыче и переработки твердых полезных ископаемых./Ростехнадзор, М., 2013

### **Дополнительный**

4. Ржевский В.В. Процессы открытых горных работ. М., Недра. 1978.
5. Справочник: Открытые горные работы / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Виницкий и др. - М.: Горное бюро, 1994.
6. Шпанский О.В. Технология и комплексная механизация добычи нерудного сырья для производства строительных материалов / О.В.Шпанский, Ю.Д.Буянов. М.: Недра, 1996.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Введение.....	2
1. Определение границ карьера при разработке месторождения .....	2
2. Проектирование вскрытия месторождения .....	3
3. Горно-геометрический анализ карьерного поля .....	4
4. Определение максимальной производительности карьера по полезному ископаемому .....	5
5. Календарный план горных работ.....	7
Рекомендательный библиографический список .....	9