

# Обоснование интенсивности горных работ.

## Высота уступа

К основным элементам систем разработки, существенно влияющим на динамику объемов горных работ и уровень технико-экономических показателей, относятся высота рабочих уступов и ширина рабочих площадок.

Рациональной является такая высота уступа, при которой в данных условиях обеспечиваются: безопасность горных работ, высокая производительность оборудования, минимальные объемы вспомогательных работ, установленные годовые объемы вскрышных и добычных работ и минимальные затраты на них.

Высота уступа непосредственно влияет на ряд общекарьерных показателей: качество добываемого полезного ископаемого; скорость подвигания фронта; темп углубления горных работ и, следовательно, производственную мощность карьера; срок строительства карьера; объем горно-капитальных работ; общую протяженность фронта работ, внутрикарьерных путей и дорог; угол откоса рабочих и нерабочих бортов.

# Обоснование интенсивности горных работ.

## Высота уступа

Рациональная высота уступов не может быть установлена по какому-либо одному фактору; она должна выбираться на основе определения совокупного влияния всех перечисленных выше факторов в конкретных природных условиях и с обязательным учетом возможностей вскрытия рабочих горизонтов.

При разработке горизонтальных и пологих залежей мощность залежей и покрывающих пород обычно предопределяет высоту и число уступов. При чередовании горизонтальных и пологих пластов высоту уступа определяют в зависимости от мощности отдельных пластов и залегающих между ними слоев пустых пород с учетом обеспечения необходимого качества полезного ископаемого.

Устойчивость откосов в мягких породах имеет решающее значение. В таких породах, согласно Правилам безопасности, высота уступа не должна превышать максимальной высоты черпания экскаватора; в противном случае в верхней части уступа остаются «kozyрьки», «нависи» и возможно обрушение пород.

# Обоснование интенсивности горных работ.

## Высота уступа

При разработке наклонных и крутопадающих залежей, представленных преимущественно скальными и полускальными породами, высота уступа определяется в основном показателями технологических процессов, потерь и разубоживания полезного ископаемого, требуемой производственной мощностью карьера и условиями вскрытия рабочих горизонтов. Затраты на подготовку скальных пород к выемке и на транспортирование взорванных пород снижаются с увеличением высоты уступа. Минимальные затраты на экскавацию взорванных пород соответствуют максимальной высоте.

В то же время, согласно Правил безопасности, высота уступа не должна превышать максимальной высоты черпания экскаваторов.

Рациональную высоту рабочих уступов следует определять одновременно с выбором комплекса основного горнотранспортного оборудования.

# Обоснование интенсивности горных работ.

## Высота уступа

При оценке вариантов высоты уступов необходимо учитывать следующие последствия ее увеличения:

- ✓ увеличение угла откоса рабочего борта и перенос части объема вскрыши на более поздние периоды эксплуатации карьера при фиксированном графике развития добычных работ;
- ✓ уменьшение протяженности транспортных коммуникаций на рабочих уступах;
- ✓ уменьшение работ по ремонту, строительству и содержанию автомобильных дорог;
- ✓ увеличение эксплуатационных потерь и засорения руды.

# **Обоснование интенсивности горных работ. Ширина рабочей площадки**

Если на площадке располагается оборудование, необходимое для разработки уступа, она называется рабочей площадкой.

Рабочая площадка уступа – площадка на рабочем уступе, на которой размещается буровое, выемочно-погрузочное и транспортное оборудование, предназначенное для его разработки. Минимально допустимая ее ширина в условиях разработки скальных пород прямыми лопатами с железнодорожным транспортом складывается из ширины развала, гарантийного расстояния от нижней бровки развала до транспортной полосы, ширины транспортной полосы и бермы безопасности. При разработке мягких пород вместо параметра ширины развала принимается ширина заходки.

# **Обоснование интенсивности горных работ. Ширина рабочей площадки**

При работе прямых лопат с автотранспортом в условиях разработки мягких пород минимальная ширина рабочей площадки уступа может устанавливаться как из условия кольцевого движения автосамосвалов, так и из условия оставления транспортной полосы вдоль фронта работ уступа (с учетом минимального радиуса поворота автосамосвала; с соблюдением гарантийного расстояния от автомобильной дороги соответственно до нижней бровки уступа, до и после отработки заходки и до бермы безопасности).

Ширина рабочей площадки добычных уступов и смежного, расположенного сверху вскрышного уступа, рассчитывается исходя из размещения необходимого оборудования подъездных путей, линии электропередачи, а также обеспечения резерва готовых к выемке запасов.

# Обоснование интенсивности горных работ. Ширина рабочей площадки

Ширина рабочей площадки  $B$  связана с интенсивностью разработки следующей зависимостью:

$$B = B_{\text{мин}} + B_{\text{рез}} + L_2 \cdot t, \text{ м}$$

где  $B_{\text{мин}}$  - минимальная ширина рабочей площадки, м;  $B_{\text{рез}}$  - средняя ширина резервной полосы готовых к выемке запасов горной массы, м;  $L_2$  - скорость подвигания горных работ в плане, м/год;  $t$  - обеспеченность (коэффициент резерва) готовыми к выемке запасами горной массы, год.

# Обоснование интенсивности горных работ. Скорость подвигания рабочего уступа

Максимальная скорость понижения добычных работ зависит от возможной скорости продвижения рабочего борта. Рабочие горизонты по высоте рабочей зоны могут отличаться различным типом пород (скальные, полускальные, рыхлые), разной высотой разрабатываемых уступов и длиной горизонтов, различной технологией горных работ. Скорость подвигания рабочего уступа  $L_z$  определяют по формуле:

$$L_z = \frac{n \cdot Q_{э}}{h \cdot \Phi_y}, \text{ м/год}$$

где  $Q_{э}$  - производительность экскаватора, м/год;  $\Phi_y$  - длина фронта работ на рабочем горизонте, м;  $n$  - количество одновременно работающих на горизонте экскаваторов, шт.



# Обоснование интенсивности горных работ. Скорость годового понижения

При максимальной скорости продвижения борта карьера максимальная скорость понижения добычных работ  $h_{e \max}$  определяется по формуле:

$$h_{e \max} = \frac{h \cdot L_{огр}}{V_{min} + h \cdot (ctg\alpha \pm ctg\beta) + L_{огр} \cdot t}, \text{ м/год,}$$

где  $h_{e \max}$  - максимальная скорость понижения добычных работ карьера, м/год;  $h$  - высота рабочего уступа, м;  $L_{огр}$  - максимально возможная скорость продвижения фронта работ на ограничивающем горизонте, м/год;  $\alpha$  - угол наклона рабочего уступа, °;  $t$  - продолжительность периода оценки, лет.

# Обоснование интенсивности и календарного графика горных работ

При календарном планировании должно быть установлено рациональное распределение объема горных работ во времени и в пространстве в виде серии последовательных во времени планов карьера, соответствующих принятому порядку развития горных работ, и графика развития производительности по руде вскрышным породам и горной массе.

При фиксированной схеме вскрытия и графике развития производительности карьера по полезному ископаемому, календарное планирование для достижения минимума суммарных приведенных во времени затрат проводится с учетом целесообразности переноса объема горных работ и соответствующих им затрат на возможно более поздние периоды эксплуатации карьера  $Z_{пр}$ , которые определяют по формуле:

$$Z_{пр} = \sum_{t=1}^T \frac{Z_t}{(1+B)^t}, \text{ руб.},$$

где  $Z_t$  - текущие и капитальные затраты в t-ом году, руб.;  $T$  - продолжительность периода оценки, лет;  $B$  - норматив для приведения разновременных затрат.

# Обоснование интенсивности и календарного графика горных работ

Эксплуатация любого карьера прежде всего определяется экономическими факторами.

При сопоставлении экономических показателей отдельных карьеров непременно учитывается, что добываемое полезное ископаемое, как правило, имеет различное качество и ценность.

Горные предприятия должны быть рентабельны, то есть обеспечивать превышение доходов за реализованную продукцию над расходами, связанными с добычей и переработкой сырья. Однако в некоторых случаях, как правило при необходимости добычи дефицитных материалов в неблагоприятных условиях, затраты на разработку в отдельные периоды существования предприятия превышают доходы от реализации продукции.

# Обоснование интенсивности и календарного графика горных работ

Эксплуатационные затраты на открытую разработку складываются из затрат на добычные и вскрышные работы. При известной производственной мощности карьера по полезному ископаемому в конкретных условиях затраты на вскрышные работы в определяющей степени зависят от их объемов, т.е. текущего коэффициента вскрыши. Поэтому и общие эксплуатационные и капитальные затраты на разработку, прибыль, рентабельность, производительность труда по конечной продукции и фондоемкость производства также будут изменяться при изменении текущего коэффициента вскрыши.

В зависимости от распределения объемов вскрышных работ по годам карьер может быть высокорентабельным в начальный период или в конце своей деятельности и нерентабельным в другие периоды. Обычно, используя ближние расстояния транспортирования, в первые годы на карьерах добывают полезное ископаемое при низкой себестоимости и высокой производительности труда.

# Обоснование интенсивности и календарного графика горных работ

По мере развития горных работ и роста текущих коэффициентов вскрыши затраты на разработку увеличиваются и, если не принимать специальных мер по регулированию режима горных работ, рентабельность предприятия уменьшается и нередко требуется финансирование вскрышных работ в счет затрат бедующих лет.

Таким образом, в отдельные периоды разработки затраты на единицу продукции карьера будут ниже или выше средних показателей при среднеэксплуатационном коэффициенте вскрыши и неизменных удельных затратах на добычные и вскрышные работы. Такой характер изменений себестоимости полезного ископаемого является спецификой именно на открытых горных работах, и поэтому вопрос о рентабельности открытой разработки месторождений может рассматриваться только за длительный период, в принципе за весь срок существования карьера.

Экономически эффективный вариант должен быть выбран с учетом как капитальных затрат на оборудование, так и переходящих на вскрышные работы, производимые этим оборудованием, с учетом фактора времени и оценкой эффективности капитальных затрат.

# Обоснование интенсивности и календарного графика горных работ

При сравнении вариантов календарного плана, существенно отличающихся друг от друга не только динамикой годового объема вскрышных работ, но и динамикой качественных показателей добываемого полезного ископаемого, необходимо учитывать разницу в добыче полезного ископаемого по вариантам. На стадиях предпроектной проработки оценка сравниваемых вариантов может быть проведена по коэффициенту горной массы, определяемому количеством горной массы, приходящейся на единицу добычи полезного ископаемого.

Для составления календарного плана горных работ исходными данными служат:

- запасы полезного ископаемого с выделением технологических разновидностей руды и ее качества;
- количество вскрышных пород в границах карьера по эксплуатационным слоям;
- принятая производительность карьера по полезному ископаемому;
- выбранный порядок отработки месторождения;
- применяемая система разработки и ее основные параметры;
- принятая схема вскрытия и вид внутрикарьерного транспорта.

# Требования к составлению календарного плана горных работ

При составлении календарного плана горных работ должны учитываться следующие основные требования:

- ✓ минимальная продолжительность периода строительства карьера;
- ✓ объем горно-капитальных работ в период строительства;
- ✓ минимально возможный срок развития добычи до проектного уровня при отсутствии ограничений со стороны обогатительной фабрики;
- ✓ период максимальной производительности карьера по горной массе с продолжительностью не менее 7-10 лет;
- ✓ наличие нормативного количества готовых к выемке запасов руды и вскрышных пород.

## Порядок составления календарного плана горных работ

По сформулированным выше исходным данным и требованиям строят календарный график горно-добычных работ на весь период работы. Анализируют соотношения запасов минерального сырья и объема вскрышных пород, заключенных между смежными планами, выделяет период со стабильным коэффициентом вскрыши, а при достаточной продолжительности срока службы - ряд периодов, каждый со своим эксплуатационным коэффициентом вскрыши и годовым объемом работ по вскрышным породам и горной массе. Должны рассматриваться рациональность уменьшения коэффициента вскрыши в первый период работы при переносе объема вскрышных работ на более поздние периоды.

Годовой объем горных работ регулируют выбором направления развития работ, изменением концентрации оборудования в рабочей зоне, варьированием таких параметров системы разработки, как ширина рабочих площадок, высота уступа и временной консервацией участков рабочего борта для уточнения графика производительности и обоснования работоспособности генеральной схемы вскрытия в процессе эксплуатации.



# Календарное планирование при работе с временными целиками

Расчет параметров временных целиков и временной консервации участков рабочего борта, применяемых для отнесения выемки части породы на более поздние периоды разработки, проводится по методике, не допускающей сокращение разрабатываемых рудных площадей за счет целиков.

Для крупных карьеров, имеющих значительную глубину и размеры в плане, рекомендуется передвижение временных целиков по направлению к конечному борту через несколько промежуточных положений.

При расчете должны быть заданы либо величина шага передвижки целика, либо размер рабочей зоны в плане между двумя соседними по высоте участками целика. Эти величины должны быть установлены при рациональной концентрации горных работ по разносу целика и рациональной продолжительности работ на каждом горизонте. Должна быть обеспечена стабильность размещаемых в целике транспортных коммуникаций, предотвращение частых перегонов горного оборудования.

## **Производственная мощность карьера**

**Под производственной мощностью горнодобывающего предприятия** понимается максимально возможная добыча полезного ископаемого установленного качества в единицу времени (сутки, год). Определяется исходя из условий производства в рассматриваемом периоде на основе наиболее полного использования средств производства, рационального режима работы, прогрессивной технологии и эффективной организации производства, учитывающий передовой опыт при соблюдении требований безопасности и правил технической эксплуатации.

**Под проектной мощностью горнодобывающего предприятия** (определенной в проекте) понимается возможный годовой, суточный или сменный объем добычи и переработки руды для получения продукции намеченной номенклатуры и ассортимента в расчетном периоде при полном использовании оборудования и применении проектной технологии.

## Производственная мощность карьера

На производственную мощность карьера и величину её резерва, значительное влияние оказывают факторы внешней и внутренней среды, которые с позиции производства, делят на управляемые и неуправляемые, а также, с точки зрения, инерционности их воздействия на производственный процесс – активные и пассивные.

Выбор производственной мощности карьера делится на два этапа:

- ✓ определение производительности по горнотехническим возможностям;
- ✓ обоснование оптимальной производительности по экономическим факторам.



## Неуправляемые факторы



## Производственная мощность карьера

Производительность карьера, установленная по горнотехническим возможностям, считается верхним технически достижимым пределом. В течение срока эксплуатации должны обеспечиваться стабильная производительность по руде и неснижаемый норматив подготовленных запасов.

Проектная производительность карьера по полезному ископаемому должна обеспечивать экономически эффективную разработку месторождения и работу предприятия.

## Среднегодовая скорость понижения уровня добычных работ

Площадь карьера по поверхности, км <sup>2</sup>	Угол откоса рабочего борта карьера, градусы							
	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-30
	Среднегодовая скорость понижения уровня добычных работ, м/год							
До 1	10,0	11,0	12,5	14,0	15,5	17,0	18,0	19,0
1-2	11,0	12,5	14,0	15,5	17,0	18,0	19,5	21,0
2-3	12,5	14,0	15,5	17,0	18,0	19,5	21,0	
3-4	14,0	15,5	17,0	18,0	19,5	21,0	22,5	
5 и более	15,5	17,0	18,0	19,5	21,0	22,5	24,0	

Средняя емкость ковша экскавато- ра, м <sup>3</sup>	Угол падения рудного тела, °		
	30-50	50-70	70-90
	Поправки на скорость понижения, м/год		
6	0,6	1,2	1,8
8 и более	5,6	6,2	6,8

## Срок существования карьера

Минимальный срок существования карьера  $T$ , лет, (с учетом времени на развитие и затухание добычи, но без учета периода строительства), если он является единственным в составе алмазодобывающего предприятия, принимать по таблице

Годовая производительность, млн т	Минимальный срок существования карьера, лет
До 1	10
1-2	10-15
2-5	15-20
5-10	20-25
10-20	30-40

или по формуле:

$$T = 0,2 \cdot \sqrt[4]{Z}$$

где  $Z$  - балансовые запасы руды в тоннах.



## Среднегодовая скорость понижения уровня добычных работ

При проектировании следует установить предельную производительность и срок существования карьера сравнением вариантов, рассчитанных для разных значений среднегодового понижения добычных работ  $h_r < h_{max}$ . Лучшим считается вариант, обеспечивающий наибольшую производительность по руде при себестоимости добычи меньше или равной показателям карьера-аналога.

Принятый вариант предельной производительности и срока существования карьера следует проверить на величину чистого дисконтированного дохода и других показателей, характеризующих разновременность затрат и доходов. Календарный график горных работ считается рациональным, если срок окупаемости вложений не превышает половины срока службы карьера.

# Экономические критерии для обоснования динамики горных работ

В настоящее время экономическую оценку эффективности инвестиционных проектов разработки месторождений осуществляют на основании методических рекомендаций с использованием следующих известных показателей:

- ✓ чистого дисконтированного дохода (*ЧДД*);
- ✓ внутренней нормы доходности (*ВНД*);
- ✓ срока окупаемости инвестиционных затрат ( $T_{ок}$ );
- ✓ индекса доходности (*ИД*).

## ЧИСТЫЙ ДИСКОНТИРОВАННЫЙ ДОХОД

Величину *ЧДД*, представляющую интегральную сумму годовых чистых доходов от разработки месторождения, приведенную к текущему периоду рассчитывают по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1 + E)^t}$$

где  $R_t$  – доходы на  $t$ -ом шаге расчета, руб.;  $Z_t$  – затраты, на том же шаге, руб.;  $E$  – норма дисконта;  $T$  – период оценки, лет.

При положительном и даже нулевом значении *ЧДД* вариант разработки месторождения следует считать целесообразным. Внесенные капитальные вложения и текущие издержки окупятся за счет получаемого эффекта.

# Внутренняя норма доходности и срок окупаемости инвестиционных затрат

Величину внутренней нормы доходности определяют с целью нахождения такого положительного значения нормы дисконта, при котором  $ЧДД$  будет равен нулю. По сути это многостадийный расчет, при котором сначала используют принятую норму дисконта ( $E$ ), а затем изменяют ее до такого значения ( $E_{ВНД}$ ) пока не получат нулевого значения  $ЧДД$ . По данному критерию вариант разработки месторождения следует принимать тогда, когда его значение больше или равно требуемой инвестором нормы дохода на капитал.

Срок окупаемости инвестиционных затрат – минимальный период времени, за пределами которого интегральные первоначальные затраты становятся и остаются положительными (покрываются доходами).

## Индекс доходности

$$ИД = \frac{1}{K} \cdot \sum_{t=1}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + E)^t}$$

где  $K$  – величина капитальных вложений, руб.

При положительной величине  $ЧДД$  значение индекса доходности больше единицы и проект эффективен, и наоборот.

## Суммарные дисконтированные затраты

$$СДЗ = \sum_{t=1}^T (K_t + C_t - AO_t - D_t) \cdot \frac{1}{(1 + E)^t}$$

где  $T$  – период оценки, лет;  $t$  – расчетный год,  $K_t$  – инвестиции в  $t$ -ом году, руб.;  $C_t$  – текущие затраты в  $t$ -ом году, руб.;  $AO_t$  – годовая сумма амортизационных отчислений в  $t$ -ом году, руб.;  $D_t$  – остаточная стоимость оборудования, руб.;  $E$  – норма дисконта.

## Границы, контур, глубина карьера

**Границы карьера** – поверхности, проходящие через верхний и нижний контуры карьера, и поверхности, ограничивающие его по глубине.

**Контур карьера** – линия пересечения бортов карьера при погашении горных работ с земной поверхностью и дном карьера на конечной глубине. Различают верхний и нижний контуры карьера.

**Глубина карьера** – расстояние по вертикали между господствующим уровнем поверхности и дном карьера или расстояние от верхнего контура карьера до нижнего.

# Глубина карьера

Различают глубину карьера:

**проектная** - максимальная расчетная, которая устанавливается утвержденным проектом карьера и соответствует определенному уровню техники и технологии производства; проектный контур карьера на поверхности называют **технической границей карьера**;

**конечная** – соответствует фактически достигнутой отметке горных работ к моменту погашения карьера;

**предельная** – определяется условиями экономической целесообразности применения открытых горных работ.

В условиях сложного рельефа понятие глубины карьера является условным, так как глубина может быть различной даже в одном профиле. Для наклонных и крутых месторождений глубина карьера определяет его границы, поэтому ее многие называют границей карьера.



## Глубина карьера

Задача обоснования проектной глубины карьеров для разработки рудных месторождений имеет особую значимость и актуальность. Решение этой задачи при проектировании определяет ключевые показатели и основы производства открытых горных работ и вместе с тем требует учета множества факторов. Главным образом при ухудшении природных и технологических условий разработки месторождений, нестабильности экономической ситуации необходимо оценивать динамику развития карьера и особенности современного горнотранспортного оборудования. Предвосхищать будущие опасности и новые возможности.

В практике проектирования в России конечную глубину карьера традиционно устанавливают исходя из безубыточности разработки месторождения открытым способом. При этом определяют граничный и контурный коэффициенты вскрыши и проверяют условие

$$H \in K_k \leq K_{gp},$$

где  $H$  – глубина карьера, м;  $K_k$  – контурный коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т (т/т);  $K_{gp}$  – граничный коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т (т/т).

## Глубина карьера

При этом контурный коэффициент вскрыши находят как отношение приращения объема вскрышных пород к приращению объема руды при увеличении конечной глубины карьера на один уступ, а граничный коэффициент вскрыши  $K_{gp}$  рассчитывают исходя из затрат на добычу единицы полезного ископаемого:

$$K_{gp} = \frac{C_d - C_o}{C_g}, \text{ м}^3/\text{т},$$

где  $C_d$  – допустимая себестоимость 1 т руды, руб/т;  $C_o$  – себестоимость добычи, обогащения, металлургического передела 1 т руды и прочие затраты без учета вскрышных работ, руб/т;  $C_g$  – себестоимость вскрышных работ, руб/м<sup>3</sup>.

Причем допустимую себестоимость 1 т руды  $C_d$  определяют по формуле:

$$C_d = \frac{C \cdot S \cdot I \cdot (1 - p)}{1 + E_n}, \text{ руб/т},$$

где  $C$  – цена полезного ископаемого на рынке, руб/г;  $S$  – содержание полезного ископаемого в руде, г/т;  $p$  – коэффициент разубоживания руды при добыче, д.ед;  $I$  – извлечение полезного ископаемого при обогащении, д.ед;  $E_n$  – норма прибыли, д.ед.

## Определение границ карьеров

Определение границ карьеров следует проводить с учетом запасов месторождения, глубины и мощности минерального сырья, его ценности и экономической целесообразности ведения работ в глубинной части месторождения подземным способом.

При разработке месторождений комбинированным открыто-подземным способом границы карьеров следует определять на основе сравнения дисконтированных контурных коэффициентов вскрыши с граничными, определяемыми на основе стоимостных показателей открытых и подземных работ.

Доработка не вошедших в границы карьера запасов полезного ископаемого проводится подземным способом. Границы карьера определяются переходом от открытых работ к подземным.

## Определение границ карьеров

Для минимизации суммарных приведенных затрат на разработку месторождения последовательно по глубине открытым и подземным способом, границы карьера устанавливаются на основе приравнивания контурного коэффициента вскрыши к дисконтированному граничному коэффициенту  $K_{гр}$ , определяемому по выражению:

$$K_{гр} = \frac{C_{п} - C_{о}}{C_{в} B}$$

где  $C_{п}$  - себестоимость 1 м<sup>3</sup> полезного ископаемого, добытого подземным способом, руб./м<sup>3</sup>;  $C_{о}$  - себестоимость 1 м<sup>3</sup> полезного ископаемого, добытого открытым способом, без учета затрат на удаление вскрышных работ, руб/м<sup>3</sup>;  $C_{в}$  - себестоимость удаления 1 м<sup>3</sup> вскрышных пород с учетом ожидаемого соотношения рыхлых и скальных разностей, руб/м<sup>3</sup>;  $B$  - коэффициент дисконтирования, учитывающий опережающее удаление вскрышных пород по сравнению с выемкой полезного ископаемого.

## Определение границ карьеров

Значение коэффициента  $B$  определяется по статистической зависимости от основных определяющих факторов, установленной по исследованиям горно-геологических и горнотехнических параметров и показателей представительного массива.

Для типичных условий разработки алмазосодержащих руд:

$$B = 1,26 + 0,016T + 0,0073T^2$$

В свою очередь величина  $T$  рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{H_B(1 - \operatorname{ctg}\alpha \operatorname{tg}\varphi)}{h_2}$$

где  $H_B$  – высота зоны вскрышных работ, м;  $\alpha$  – угол погашения борта карьера, градусы,  $\varphi$  – угол наклона рабочего борта карьера, градусы;  $h_2$  – скорость понижения горных работ, м/год.

## Определение границ карьеров

Границы карьеров по разработке месторождений, применение на которых подземного способа разработки полностью или частично неэффективно, следует определять методом вариантов, приравнивая чистый дисконтированный доход к нулю и определяя величину граничного коэффициента вскрыши по формуле:

$$K_{зр} = \frac{C_{\partial} - C_0}{C_{BV}}$$

Величина  $C_{\partial}$  рассчитывается по формуле:

$$C_{\partial} = C_{\text{к}} \cdot \rho \cdot \varepsilon_0 - C_{\text{об}}$$

где  $C_{\partial}$  - допустимая себестоимость руды, обеспечивающая безубыточную добычу и переработку руб./м<sup>3</sup>.

## Определение границ карьеров

Для количественной оценки границ карьера, исследования режима горных работ и выбора оптимального порядка развития карьерного пространства следует применять современное горно-геологическое программное обеспечение, использование которого особенно целесообразно при разработке месторождений со сложными горно-геологическими условиями и характером минерального сырья.

При обосновании выбора глубины разработки и параметров горных работ в качестве экономического критерия следует использовать чистый дисконтированный доход или чистую прибыль предприятия.

В качестве источника исходных данных для определения капитальных вложений и эксплуатационных затрат, обеспечивающих повышение надежности определения границ, следует использовать:

- показатели предприятий-аналогов;
- собственные показатели действующих предприятий;
- сметно-финансовые расчеты;
- удельные показатели, устанавливаемые на основе разрабатываемых и периодически корректируемых статистических зависимостей.

## Определение границ карьеров

При сроках разработки до 15-20 лет применяется одностадийное определение границ.

При сроках службы карьера, превышающих указанные значения, для повышения точности расчетов следует применять поэтапное проектирование с уточнением исходных горно-геологических и технико-экономических показателей в процессе эксплуатации месторождения.

При поэтапном проектировании следует устанавливать перспективные, промежуточные, конечные и углубочные границы. Продолжительность этапа не более 15 лет при общей продолжительности оцениваемого периода, равного сроку отработки месторождения.

Поэтапное проектирование должно осуществляться в следующем порядке. На первом этапе устанавливаются промежуточные границы. Затем на следующих этапах операцию первого этапа повторяют до тех пор пока промежуточные границы не превращаются в конечные, ограничивающие карьер по поверхности.



## Определение границ карьеров

По мере дальнейшего понижения горных работ проводят наращивание конечных границ в глубину под крутыми углами погашения бортов, главным образом за счет применения крутых уклонов вскрывающих выработок. При проектировании следует учитывать необходимость своевременного разнесения бортов карьера, реконструкции схем вскрытия и прочих мероприятий, связанных с переходом от одного промежуточного контура к другому.

Определение перспективных границ карьеров для генерального планирования поверхности рекомендуется проводить на основе статистической зависимости вероятного увеличения глубины карьера  $\Delta H$  от доверительной вероятности  $d$ .

$\Delta H, \%$	$d$
59,5	0,975
50,0	0,950
47,4	0,925
39,0	0,900
31,6	0,850
25,5	0,800

## Определение границ карьеров

Доверительная вероятность для технико-экономических расчетов 0,8-0,85, а в сложных условиях залегания и разработки высокоценных полезных ископаемых 0,9-0,95.

Перспективную глубину карьера следует определять по формуле:

$$H_{\text{п}} = H_{\text{к1}} \left( 1 + \frac{\Delta H}{100} \right)$$

где  $H_{\text{к1}}$  - глубина карьера, установленная на первом этапе проектирования при определении размещения долговременных зданий и сооружений, оформлении горного и земельного отвода, м.

Перспективные контуры карьера по поверхности следует устанавливать с учетом вероятности погрешности углов погашения бортов, равной 25%.

## Определение границ карьеров

Для увеличения экономически целесообразных углубочных границ карьеров необходимо проводить совершенствование техники и технологии горных работ, включая:

- ✓ разработку скоростных способов проведения крутонаклонных вскрывающих выработок;
- ✓ способов формирования малогабаритных перегрузочных пунктов и других ресурсосберегающих способов;
- ✓ увеличения конструктивных углов погашения бортов;
- ✓ одновременное при наличии возможности проведение вскрывных и добычных работ.