

Г.А. Холодняков, М.Д. Абдуллаев

**ОСНОВНЫЕ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ,
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЦИОНАЛЬНУЮ ВЫСОТУ
УСТУПА В КАРЬЕРЕ**

Исследовано влияние увеличения высоты уступа на такой важный показатель работы карьера, как его производительность. В частности, представлен анализ зависимости нарастающих объемов добываемой руды от высоты уступа при использовании автотранспорта.

Ключевые слова: высота уступа, руда, крутопадающее месторождение, производительность карьера, скорость углубки.

Уступ является одним из основных элементов, как вскрытия, так и системы открытой разработки месторождений. Рациональной является такая высота уступа, при которой обеспечиваются: безопасность горных работ, установленные годовые объемы добычных и вскрышных работ, высокая производительность оборудования, минимальные объемы вспомогательных работ, минимальные затраты на добычные и вскрышные работы. Качественный выбор высоты уступов в карьере является наиболее важной задачей при проектировании вскрытия и систем разработки месторождений, так как именно высота уступов существенно влияет на количественные и качественные характеристики добываемых полезных ископаемых.

Высота уступа оказывает непосредственное влияние на ряд общекарьерных показателей: качество добытого полезного ископаемого: скорость продвижения фронта и темп углубления горных работ, производительность карьера по полезному ископаемому, объем горно-капитальных работ, общую протяженность фронта работ, внутрикарьерных путей и дорог, угол откоса рабочих и нерабочих бортов. Высоту уступа устанавливают с учетом безопасности ведения горных работ,

элементов залегания месторождения, свойств горных пород, способа выемки пород из массива, вида и типа применяемого оборудования, заданной производственной мощности карьера по полезному ископаемому и по горной массе, климатических условий района работ и других факторов.

Рациональная высота уступов не может быть установлена по какому-либо одному фактору; она должна выбираться на основе определения совокупного влияния перечисленных выше факторов, условий вскрытия и потребной мощности карьера. Известные аналитические методы определения высоты уступа не учитывают всей совокупности этих факторов.

Для вскрытия нижележащего горизонта необходимо пройти въездную траншею, объем которой можно определить по формуле:

$$V_b = \frac{h^2}{i} \left(\frac{b}{2} + \frac{h}{3tg\alpha} \right), \quad (1)$$

где i – уклон въездной траншеи; b – ширина траншеи по дну, м; α – угол откоса бортов траншеи, градус.

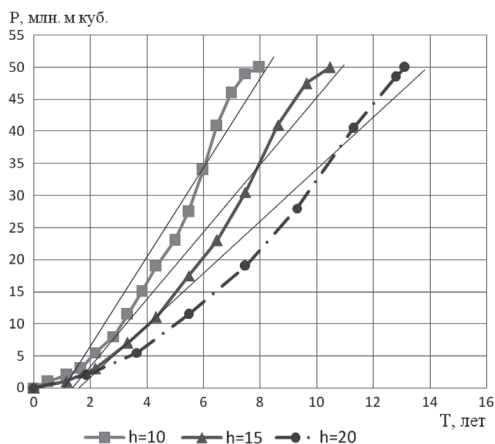
Объем разрезной траншеи

$$V_p = hL_p (b + hctg\alpha), \quad (2)$$

где L_p – длина разрезной траншеи, м [1].

С другой стороны, достижимая скорость углубки карьера определяется механизацией и организацией горных работ при вскрытии и подготовке новых горизонтов. Высота уступов существенно влияет на скорость углубки карьера.

Для сокращения величины капитальных вложений и срока их окупаемости важно сократить период строительства карьера и сроки освоения производственной мощности. Поэтому целесообразно высоту верхних уступов принимать небольшой, что обеспечит более интенсивное развитие работ в первый период эксплуатации, а ниже, когда карьер перейдет к нормальной работе, высота уступов может быть увеличена. Производительность карьера по полезному ископаемому прямо пропорциональна скорости понижения добычных работ. При переменной, по мере углубки карьера, площади рудного тела для поддержания постоянной производительности карьера необходимо изменять скорость его углубки и скорость понижения добычных работ. При установлении высоты уступов нужно также иметь в виду, что она влияет на годовые объемы вскрышных работ и текущий коэффициент вскрыши. С уменьшением высоты уступов обычно увеличивается коэффициент вскрыши при разработке карьеров в первый период. Высота уступа оказывает существенное и сложное влияние на возможную производительность карьера. Таким образом, для конкретных горно-геологических условий необходимо устанавливать оптимальную высоту уступов по влиянию перечисленных факторов. При увеличении высоты уступа меняется также угол откоса конечного борта. При этом во многих случаях удается существенно увеличить углы наклона бортов и это вызовет существенную экономию средств, поскольку каждый градус наклона борта длиной 1 км



Графики нарастания объема добытой руды для различных высот уступа при использовании автомобильного транспорта

приводит к снижению объема вскрышных пород на 3–4% от их общего объема. В целом увеличение углов наклона бортов работающих в настоящее время карьеров может достигать десяти градусов, и тогда экономический эффект от реализации этой разработки составит несколько сотен миллионов рублей на каждом карьере [2].

Уменьшение объемов вскрышных пород, которые необходимо было бы вывезти и разместить в отвалах при существующих значениях углов наклона бортов, для карьера глубиной порядка 500 м составляет около 80 млн. м³. В определенных случаях за счет перехода на более крутые борта может быть также увеличена на несколько десятков и даже сотен метров глубина открытых горных работ [2].

На графиках, полученных на основе данных железорудного месторождения в реальных условиях при использовании автомобильного транспорта и показывающих изменение нарастания объема руды во времени для разных высот уступа проводим аппроксимацию, чтобы выявить математическую зависимость для возмож-

ности последующей оценки добываемых объемов руды.

Для всех рассмотренных случаев можно использовать линейную аппроксимацию, так как величина коэффициента детерминации R близка к 1. В реальных условиях нарастание объемов должно соответствовать линейному закону.

$$h = 10 \quad y = 6,958x - 7,330; R^2 = 0,951$$

$$h = 15 \quad y = 5,237x - 7,089; R^2 = 0,956$$

$$h = 20 \quad y = 4,049x - 6,422; R^2 = 0,960$$

Из полученных зависимостей видно, что при увеличении высоты уступа нарастание объемов руды происходит менее интенсивно. Следовательно, нарастание добываемого объема руды

при более высоком уступе происходит медленнее, что подтверждается практикой. Вместе с тем, производительность карьера по полезному ископаемому уменьшается с увеличением высоты уступа в результате сокращения числа рабочих уступов и увеличения угла откоса рабочего борта карьера. Кроме того, в основной эксплуатационный период при углублении карьера сокращаются размеры залежи и ее площадь, уменьшается также возможная длина добычного фронта. Поэтому при разработке крутопадающих залежей в средней зоне карьера (по глубине) целесообразно увеличение высоты уступа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсентьев А.И., Холодняков Г.А. Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений. – М.: Недра, 1994. – 336 с.

2. Мельников Н.Н., Козырев А.А., Решетняк С.П. и др. Оптимизация конструкций

бортов карьеров Кольского полуострова в конечном положении: сб. тр. Инновационный потенциал Кольской науки – Апатиты: КНЦ РАН, 2005. – С. 65–70. **ИИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Холодняков Генрих Александрович – доктор технических наук, профессор, Абдуллаев Максим Дмитриевич – аспирант, e-mail: m-abdullaev@mail.ru, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

UDC 622.01

PRIME MINE TECHNICAL DETERMINANTS OF RATIONAL BENCH HEIGHT IN AN OPEN PIT MINE

Holodnyakov G.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Abdullaev M.D., Graduate Student, e-mail: m-abdullaev@mail.ru, National Mineral Resource University «University of Mines».

The paper researched influence bench height index of work of openpit as quarry capacity. The analysis of index of bench height on increasing ore volume when using vehicles was introduced.

Key words: bench height, the ore, dipping deposit, quarry capacity, sinking rate.

REFERENCES

1. Arsent'ev A.I., Holodnjakov G.A. *Proektirovanie gornyh rabot pri otkrytoj razrabotke mestorozhdenij* (Design of of open-cast mining), Moscow, Nedra, 1994, 336 p.

2. Mel'nikov N.N., Kozyrev A.A., Reshetnjak S.P. *Innovacionnyj potencial Kol'skoj nauki, sbornik trudov* (The innovative potential of the Kola Science, Collection of works), Apatity, Kola Science Center of Russian Academy of Sciences, 2005, pp. 65–70.