

УДК 622.684: 629.114

В.И. Еремеев, И.Н. Гоголев**ПАРАМЕТРЫ СПИРАЛЬНОГО СЪЕЗДА ГЛУБОКИХ
КИМБЕРЛИТОВЫХ КАРЬЕРОВ ЯКУТИИ**

Опыт открытой разработки крутопадающих месторождений показывает, что в период эксплуатации карьеры претерпевают существенные изменения и при проектировании таких карьеров должны предусматриваться их переход от мелкого к среднему по глубине, глубокому и сверхглубокому с технологией отработки нижних горизонтов на завершающем этапе разработки крутонаклонными бортами карьера. Горно-технические условия глубоких карьеров характеризуются большими объемами горной массы, уменьшением активного фронта горных работ и необходимостью оптимизации параметров спиральных съездов.

Ключевые слова: карьер, спиральный съезд, объем вскрыши, продольный уклон.

Исследования технологии вскрытия и разработки глубоких карьеров изложены в работах [1], где представлены современные подходы к решению проблемы разработки глубоких карьеров и представлены технологические решения, расширяющие возможности открытой разработки глубоких месторождений.

Кимберлитовые карьеры при значительной глубине в основном имеют конусообразную форму. Поэтому спиральный съезд до достижения дна карьера делает несколько оборотов, строительство которой требует выемки большого объема вскрыши. В связи с этим проблема оптимизации параметров спирального съезда имеет важное значение, так как может привести существенному сокращению общего объема вскрыши. В данной работе приводится упрощенная методика определения зависимости объема вскрыши от параметров спирального съезда.

Рассматривая кимберлитовый карьер как усеченный конус, можно напи-

сать формулы для определения диаметра карьера на уровне завершения первого оборота спирального съезда и её высоту от дна карьера:

$$d_1 = d_0 \frac{(\tan \alpha + \pi i)}{(\tan \alpha - \pi i)} \quad (1)$$

$$h_1 = \frac{(d_0 - d_1)}{2} \tan \alpha \quad (2)$$

где d_0 — диаметр дна карьера; d_1 — диаметр карьера на уровне завершения первого оборота спирального съезда; i — продольный уклон спирального съезда; α — угол борта карьера. По аналогии для n -го кольца спирального съезда его верхний диаметр и высоту находим из выражений

$$d_n = d_{n-1} \frac{(\tan \alpha + \pi i)}{(\tan \alpha - \pi i)}, \quad (3)$$

$$h_n = \frac{(d_n - d_{n-1})}{2} \tan \alpha. \quad (4)$$

Для примера рассмотрим карьер проектной глубиной $H=610$ м, углом борта $\alpha=39^\circ$, диаметром дна $h_0=400$ м и продольным углом спираль-

ного съезда $i=0,0738$ ($r=(0,08 \times 600)/(600+50)=0,0738$). На таком карьере высота первого кольца спирального съезда, найденная по формуле (3) и (4), равна $h_1 = 130$ м, а высота завершения второго и третьего колец соответственно составляют $h_2 = 234$ м и $h_3 = 423$ м. Соответствующие им диаметры карьера равны $d_1 = 721$ м и $d_2 = 1300$ м.

Так как глубина карьера всего 610 м на оставшиеся 246 м ($610 - 130 - 234 = 246$) спиральный съезд на своем третьем кольце делает всего 0,58 оборота при диаметре карьера около 2000 м. Значит, спиральный съезд в сумме делает 2,58 оборота.

При обоснованном уменьшении ширины спирального съезда (r), например на 11,7 м, сокращение объема вскрыши определяем следующим образом. На самом нижнем первом кольце спирального съезда сокращение объема вскрыши определяем по формуле

$$V_1 = m h_1 \pi \frac{(d_0 + d_1)}{2} \quad (5)$$

- для второго кольца

$$V_2 = m h_2 \pi \frac{3(d_0 + d_1)}{2}; \quad (6)$$

- для неполного третьего кольца объем сокращения находим по формуле

$$V_3 = m \frac{5h}{2i}. \quad (7)$$

Результаты расчетов по формулам (5) — (7) показывают, что при уменьшении ширины спирального съезда на 11,7 м сокращения объема вскрыши составляет около 50 млн м³.

Дальше рассмотрим уменьшение объема вскрыши при увеличении ве-

личины продольного уклона спирального съезда. Для этого воспользуемся формулами (3) и (4) и вычислим диаметр и высоту завершения первого и последующих колец спирального съезда при новой величине продольного уклона спирального съезда. Потом находим уменьшение количества оборотов спирального съезда. Расчеты показывают, что на карьере с ранее принятыми параметрами при увеличении продольного уклона с 0,0738 до 0,1015 спиральный съезд делает на 0,75 оборота меньше ($2,58 - 1,83 = 0,75$). А это, если ширина спирального съезда равна 30 м, приведет к уменьшению верхнего радиуса карьера на 22,5 м ($30 \times 0,75 = 22,5$). В свою очередь сокращение радиуса карьера приведет к уменьшению объема вскрыши, величину которого находим из выражения

$$V = (H / 3(R_1 + r_1 R_2 - R_1 + r_1 R_2)), \quad (8)$$

где r_1 — радиус дна карьера; R_1, R_2 — старый и новый радиус карьера на поверхности.

Поставляя в это уравнение исходные и вычисленные данные, находим, что объем вскрыши при увеличении продольного уклона спирального съезда от 0,0738 до 0,1015 сокращается примерно на 30 млн м³. Это, конечно, существенное сокращение. Однако, с учетом технических возможностей технологических автосамосвалов повышение продольного уклона предпочтительно устраивать на завершающем этапе отработки карьера. Это объясняется тем, что обоснованное увеличение продольного уклона на относительно небольшом участке не создаст автосамосвалам слишком тяжелые эксплуатационные усло-

вия. С другой стороны, позволит существенно сократить объем традиционно оставляемой на нижних горизонтах рудной рубашки.

Определение объема руды, дополнительно добываемой из рудной рубашки при увеличении продольного уклона с i_1 до i_2 с некоторой высоты до дна карьера, производим по формулам (5) и (6). Кроме них используем формулы для определения нижнего диаметра (d) и глубину (h) завершения полного оборота спирального съезда при его прокладке сверху вниз:

$$d = d_0 \frac{\tan \alpha - \pi i}{\tan \alpha + \pi i} \quad (9)$$

$$h = \frac{(d - d_0)}{2} \tan \alpha \quad (10)$$

где d_0 — в данном случае диаметр карьера на уровне, с которого начинается проходка спирального съезда вниз с увеличенным продольным уклоном.

Для примера рассмотрим карьер с ранее принятыми параметрами, на котором с 200 м до дна продольный уклон увеличивается с 0,0738 до 0,1015. Диаметр карьера на этой высоте равен 894 м. Расчёты, выполненные по вышеприведенным формулам, показывают, что при увеличении продольного уклона спиральный съезд делает на 0,3 оборота меньше. В результате при 30 м ширине спирального съезда радиус дна карьера увеличивается на 9 м и будет равняться 209 м. Поставляя полученные данные в формулу конуса, найдем, что при увеличении продольного уклона спирального съезда с высоты 200 м до дна карьера от 0,0738 до 0,1015 из-за расширения диаметра дна карьера с 400 м до

418 м станет возможным из рудной рубашки (при наличии таковой), допуская, что ее высота составляет не менее 200 м, дополнительно добыть 0,84 млн м³ руды.

Конечно, приведенную методику можно считать некорректной, указав, что кимберлитовые карьеры Республики Саха не имеют строго круглую форму, они эллипсообразны. Но, с одной стороны, круг это частный случай эллипса, когда оси эллипса равны между собой. С другой стороны, длина спирального съезда при известной глубине карьера и одинаковом продольном уклоне с математической точки зрения не зависит от формы карьера и от различия длин большой и малой осей эллипса. В предлагаемой методике рассматривается толща горной массы, расположенной именно под или над спиральным съездом, длина которого, как выше сказано, не зависит от формы карьера. Отсюда для упрощенного расчета вполне допустимо условное округление формы карьера, что не приведет к значительным ошибкам. Дополнительно укажем на две не учтённые моменты: на каждом карьере проходятся бермы безопасности, увеличивающие диаметр карьера, и часто нарезаются не один, а несколько спиральных съездов (особенно на верхних горизонтах). Однако, наличие берм безопасности не отражается на результаты расчётов, т.к. их количественные показатели не зависят от рассматриваемых параметров карьера. По поводу дополнительных съездов можно сказать, что их наличие по понятным причинам еще больше повысит эффективность мероприятий по оптимизации парамет-

ров спирального съезда и приведет только к дополнительному уменьшению объема вскрыши.

В заключении следует заметить, что такая оптимизация параметров спирального съезда кимберлитовых карьеров (в крайнем случае в тех величинах, которые были приведены в

примерах) не требует ни изменения технологии горных работ, ни дополнительного приобретения горно-транспортной техники (например, шарнирно-сочлененных автосамосвалов) также принятия особых мер безопасности из-за изменения параметров спирального съезда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заровняев Б.Н., Шубин Г.В., Гоголев И.Н., Андросов А.Д., Акишев А.Н., Журавлев А.Г. Новые способы и методы ведения горных работ на глубоких алмазодобываю-

щих карьерах/ Горный информационно-аналитический бюллетень, Издат. «Горная книга», №12, 2011.-80-84 стр. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Еремеев Василий Иванович — горный инженер Якутского представительства АК «АЛРОСА»,

Гоголев Илья Николаевич — аспирант, e-mail: lokg_87@mail.ru,

Северно-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, infoysu@mail.ru



* * *

Чудом выжившие дети
До сих пор хотят тепла.
Не залечишь раны эти,
Да и жизнь уже прошла.

Жизнь-усталость, жизнь-отсрочка,
Но пока хватало сил,
Кто-то сына, кто-то дочку
Потихонечку растил.

За десятками десятков,
Так и выросли сыны,
И на каждом отпечаток –
Память черной тишины.

Но когда совсем на свете
Позабудут страшный сон,
Не появятся ли дети
Новых лагерных времен?

Ольга Киреева