

Е. В. Черепанов

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГОРНЫХ РАБОТ НА РУДНЫХ КАРЬЕРАХ, ИМЕЮЩИХ ОТСТАВАНИЕ ПО ВСКРЫШЕ

Рассмотрены методики расчета параметров технологии горных работ на рудных карьерах, имеющих отставание по вскрыше. Данные методики учитывают объем руды и вскрыши в границах карьера на современном этапе эксплуатации, производительность комплексов оборудования, годовой объем добычных и вскрышных работ.

Вскрышные работы в карьере производят с целью создания нормальных условий для добычи полезного ископаемого заданного количества и качества, при этом лучше всего, если данные условия создаются при минимальных затратах. Нормальные условия для добычи полезного ископаемого требуют формирования рабочей зоны карьера рабочими площадками, включающими нормативные запасы скальной горной массы, готовые к выемке. Однако нередки случаи, когда в результате нарушения законов развития карьерного пространства на карьерах происходит неплановое накопление объемов вскрыши. Этот процесс принято называть отставанием вскрышных работ от проектного положения. Для ликвидации вскрышного отставания (ЛВО) нужно выполнить определенный объем вскрышных работ для формирования на всех уступах рабочих площадок, обеспечивающих создание в карьере нормативного готового к выемке запаса горной массы [1]. Доказано, что моментом окончания ЛВО должен стать выход горных работ на проектное положение [2]. Чтобы запланировать производственные показатели карьера при удалении накопленных объемов вскрыши, нужно знать период времени, в течение которого будут проведены все необходимые работы, и количество привлекаемого оборудования. Однако в период формирования нормальной рабочей зоны карьера извлекают не только пустую породу, но и руду. Поэтому необходимо провести расчеты с учетом одновременного производства добычных и вскрышных работ в заданных объемах и работ по ЛВО. При этом необходимо учесть такие важные принципы ведения горных работ на карьерах, как перенос объемов вскрыши на более поздние периоды, обеспечение равномерного режима горных работ и минимальных затрат.

Расчет продолжительности периода ЛВО и количества необходимого оборудования может быть проведен по методике, изложенной ниже.

1. По разрезу карьера (рис. 1), на котором вскрышное отставание представлено временно нерабочим бортом высотой $H_{в.н.б.}$, разделив его на условные этапы по глубине, проводят горногеометрический анализ по методу А. И. Арсентьева [3]. При этом объем первого этапа равен фактическому объему вскрышного отставания на момент проведения расчетов. Глубина карьера – H_k , мощность рудной залежи – B_p .

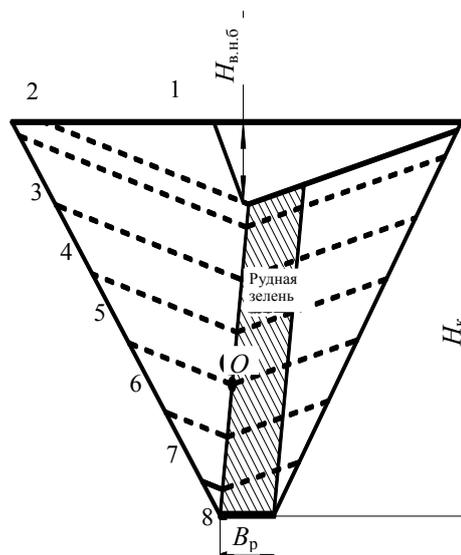


Рис. 1. Разрез карьера с отставанием вскрышных работ: 1...8 – расчетные этапы

2. Рассчитывают сроки отработки объемов руды и вскрыши исходя из проектной производительности карьера по руде и количества вскрышного оборудования, работающего на каждом этапе.

Рациональное количество комплексов вскрышного оборудования можно определить по условию

$$N_{к.о} \leq \frac{B_{ср} \cdot L_k}{A_3 \cdot L_{к.о}}, \quad (1)$$

где $B_{ср}$ – средняя ширина рабочей зоны карьера в оцениваемом этапе отработки, м; L_k – средняя длина карьера, м; A_3 – ширина блока панели, м; $L_{к.о}$ – длина блока панели для работы одного комплекса оборудования, м.

3. Продолжительность отработки объемов руды и вскрыши представляют как кумулятивные графики времени вида

$$\sum_{i=1}^n H_i = \sum_{i=1}^n T_i^P, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n H_i = \sum_{i=1}^n T_i^V, \quad (3)$$

где H – глубина этапа, м; T_i^P , T_i^V – время отработки руды и вскрыши соответственно, лет; n – количество оцениваемых этапов.

Точка пересечения кумулятивных графиков определяет период ЛВО и глубину карьера, на

которой будет сформирована рабочая зона с нормальными параметрами (рис. 2).

Проведем расчет периода ЛВО по предложенной выше методике для карьера длиной 2 000 м, глубиной $H_k = 380$ м, обрабатывающего рудную залежь мощностью $B_p = 100$ м и имеющего временно нерабочий борт высотой $H_{в.н.б} = 80$ м, который был сформирован в результате отставания вскрышных работ. Проектная производительность карьера по руде – 2 000 тыс. м³/г; производительность комплекса – 1 400 тыс. м³/г. Для обеспечения равномерного режима горных работ в период ЛВО для отработки 1–4-го этапов принимаем девять комплексов оборудования. Результаты расчетов сведены в таблицу.

При отработке 5–8-го этапов вследствие уменьшения площади рабочей зоны из карьера постепенно будут выведены несколько комплексов, поэтому их количество имеет дробное значение.

По данным таблицы строим кумулятивные графики времени выемки руды и породы (см. рис. 2). Анализ этих графиков позволяет сделать вывод, что удаление вскрышного отставания объемом 25,2 млн м³ одновременно с дальнейшей разработкой карьера принятым количеством оборудо-

вания может быть закончено через 17 лет работы карьера на глубине 250 м (точка *O* на рис. 1). Дальнейшее развитие горных работ в карьере пойдет в соответствии с проектом.

Анализ практики отработки карьеров показывает, что наиболее приемлемым способом ведения горных работ является классический (поуступный) способ. Он достаточно прост в планировании, легко реализуем и, что немало важно, наиболее безопасен с точки зрения горного производства. Поэтому при разработке технологии ЛВО за основу был взят именно классический способ. Однако у данного способа есть один серьезный недостаток – большой объем горных работ по приведению добычной зоны в нормальное рабочее состояние. Устранить этот недостаток можно за счет применения технологии горных работ с выделением в границах временно нерабочего борта зоны опережающей выемки (ЗОВ). Данная технология позволяет минимизировать объем работ, направленных на создание проектных параметров добычной зоны карьера, и разделить производство добычных работ и работ по ЛВО, что в свою очередь обеспечит равномерный режим горных работ.

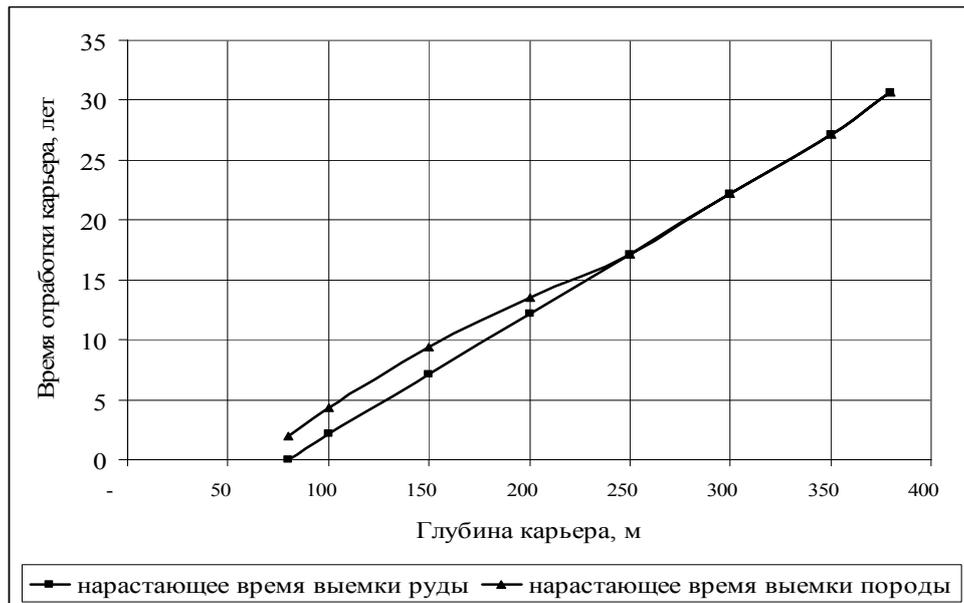


Рис. 2. Кумулятивные графики времени выемки руды и породы

Расчет периода ликвидации вскрышного отставания на карьере

Этап	Объем, тыс. м ³		Лк.о, ед.	Время отработки, лет		Нарастающее время выемки, лет		$H_{кз}$, м
	Руда	Порода		Руда	Порода	Руда	Порода	
1	–	24 236	9	–	1,9	–	1,9	80
2	4 316	30 588	9	2,2	2,4	2,2	4,4	100
3	10 002	63 740	9	5,0	5,1	7,2	9,4	150
4	10 002	51 224	9	5,0	4,1	12,2	13,5	200
5	10 002	38 818	7,5	5,0	3,7	17,2	17,2	250
6	10 002	26 450	4	5,0	5,0	22,2	22,2	300
7	10 002	14 042	2	5,0	5,0	27,2	27,2	350
8	6 914	2 674	0,5	3,4	3,4	30,6	30,6	380

Экономическую эффективность способа ЛВО с выделением ЗОВ можно определить на основе сравнения получаемого дохода за различные периоды создания добычной зоны с заданными параметрами по всей площади залежи. Именно тогда происходит снижение производительности по руде из-за сокращения площади добычной зоны и изменяется режим добычных работ. Поэтому необходимо определить такие параметры ЗОВ, при которых в кратчайшие сроки можно достигнуть равномерного режима горных работ и, соответственно, максимальной эффективности ЛВО.

Для скорейшего создания необходимой площади добычной зоны, во-первых, нужно стремиться уменьшить объем зоны опережающей выемки, во-вторых, создать наилучшие параметры рабочей зоны для максимальной производительности применяемого оборудования. Очевидно, что эти два условия тесно взаимосвязаны. Объем зоны опережающей выемки напрямую зависит от ее ширины. И если принять минимальный объем ЗОВ, то может случиться, что на этой ширине будет невозможно расположить нужное количество экскаваторов. И наоборот, принимая к расчету высокопроизводительную горную технику, необходимо увеличить высоту уступа и ширину рабочей площадки, а значит, и ширину ЗОВ и ее объем. В обоих случаях увеличивается время отработки ЗОВ и снижается эффективность работы карьера в период ЛВО. Таким образом, чтобы выбрать оптимальный вариант конструкции и объема ЗОВ, следует определить момент создания нормальной добычной зоны.

Экономический эффект применения зоны опережающей выемки напрямую связан с производительностью карьера по полезному ископаемому в период ЛВО. Чем скорее будет обеспечена максимальная (проектная) производительность по руде, тем больший эффект будет получен. Поэтому для обоснования параметров ЗОВ нужно воспользоваться таким экономическим критерием, как чистый дисконтированный доход (ЧДД). Максимальное значение ЧДД может быть получено только при таких параметрах ЗОВ, которые в кратчайшие сроки обеспечивают достижение проектных параметров добычной зоны. Поэтому нет необходимости проводить расчет ЧДД на весь период ЛВО. Для выбора подходящего варианта вполне достаточно рассчитать доход за период, включающий время создания нижней зоны карьера с проектными параметрами. Эффективность дальнейшей отработки карьера предопределена максимальным эффектом в начальный период ЛВО и уменьшением годовых объемов вскрышных работ вследствие сужения границ карьера с глубиной.

Расчет параметров ЗОВ предложено проводить по следующей методике.

1. На разрезе карьера от верхней бровки временно нерабочего борта в сторону конечного кон-

тура карьера отмечают несколько точек, расстояние между которыми равно минимальной ширине рабочей площадки (рис. 3). Полученные точки соединяют с точкой O , лежащей на линии проектного направления углубки и характеризующей окончание ЛВО. В результате выделяют несколько вариантов ширины ЗОВ, для которых будут проводить расчет времени создания нормальной добычной зоны.

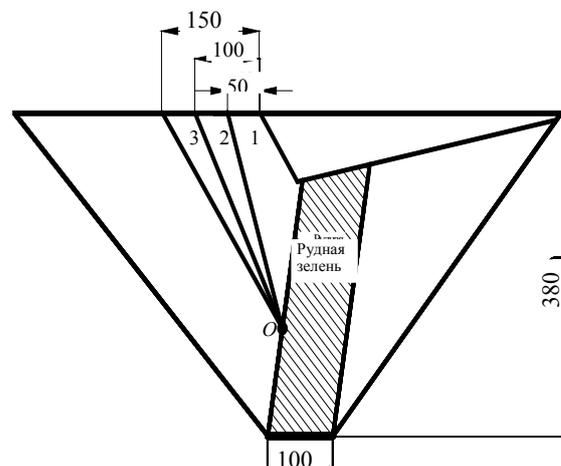


Рис. 3. Схема карьера с вариантами (1, 2, 3) параметров ЗОВ

2. Определяют объем породы, извлекаемый из зоны опережающей выемки в течение года:

$$V_r = n \cdot Q_3, \quad (4)$$

где n – количество звеньев горнотранспортного оборудования, занятых в ЗОВ, ед., причем $n = 2 \frac{B_{з.о.в}}{B_{р.п.}}$, где $B_{з.о.в}$ и $B_{р.п.}$ – ширина ЗОВ и рабочей

площадки соответственно, м; Q_3 – расчетная производительность комплекса вскрышного оборудования, м³/г.

3. На разрезе карьера в нижней зоне и в каждом варианте зоны опережающей выемки отстраивают годовые положения горных работ. Понижение горных работ в нижней зоне равно годовому темпу углубки, предусмотренному проектом. Темпы отработки ЗОВ должны быть выше темпов развития нижней рабочей зоны, поэтому через некоторое время произойдет совмещение их рабочих горизонтов. Именно в этот момент будет создана нижняя рабочая зоны с проектными параметрами. И для каждого варианта ЗОВ будет определена соответствующая продолжительность этого периода.

4. Рассчитывают ЧДД за период, включающий время создания нижней рабочей зоны с проектными параметрами для каждого из вариантов. Принимают такой вариант параметров ЗОВ, который обеспечивает максимальное значение ЧДД.

В соответствии с предложенной выше методикой был проведен поиск оптимальной ширины ЗОВ на карьере для условий примера, приведенного в начале статьи (см. рис. 1). В зависимости от количества размещаемых комплексов оборудования при определенной ширине рабочей площадки выделены несколько вариантов ЗОВ (см. рис. 3). В каждом из вариантов принято различное количество оборудования для работы в зоне опережающей выемки. Для обеспечения максимальной длины рабочего фронта отработку панелей ведут с двух сторон. Ширина рабочей площадки принята 50 м. Условия расчета 1-го варианта $N_{к.о} = 2$, $B_{з.о.в} = 50$ м; 2-го варианта $N_{к.о} = 4$, $B_{з.о.в} = 100$ м; 3-го варианта $N_{к.о} = 5$, $B_{з.о.в} = 150$ м.

По известной методике были рассчитаны значения ЧДД для каждого варианта за период 10 лет (рис. 4).

Очевидно, что наиболее эффективным будет вариант применения зоны опережающей выемки шириной 100 м и размещением в ее контуре четырех комплексов горно-транспортного оборудования (см. рис. 4). Ввод пятого комплекса с целью интенсификации работ требует значительного увеличения ширины и объема ЗОВ, что в итоге не позволит достичь указанной цели и приведет к снижению ЧДД.

Таким образом, для рассмотренного на рис. 3 карьера на основании расчетов по предлагаемым выше методикам можно рекомендовать провести

ликвидацию вскрышного отставания с применением разработанной технологии горных работ, которая предусматривает выделение в границах временно нерабочего борта зоны опережающей выемки шириной 100 м.

Итак, представленные выше результаты исследований позволят эффективно решать задачу вывода карьера из сложного положения, связанного с удалением накопленных вне плана объемов вскрыши.

Библиографический список

1. Близнюков, В. Г. Методика определения размера отставания вскрышных работ в карьере / В. Г. Близнюков, И. Н. Зайцев // Разработка рудных месторождений. Киев, 1986. Вып. 41. С. 21–25.
2. Черепанов, Е. В. Определение периода ликвидации отставания вскрышных работ при формировании временно нерабочего борта в добычной зоне карьера / Е. В. Черепанов, А. И. Косолапов // Стратегические приоритеты и инновации в производстве цветных металлов и золота : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. / Гос. ун-т. цв. металлов и золота. Красноярск, 2006. С. 94–97.
3. Арсентьев, А. И. Определение производительности и границ карьеров / А. И. Арсентьев. М. : Недра, 1970. 320 с.

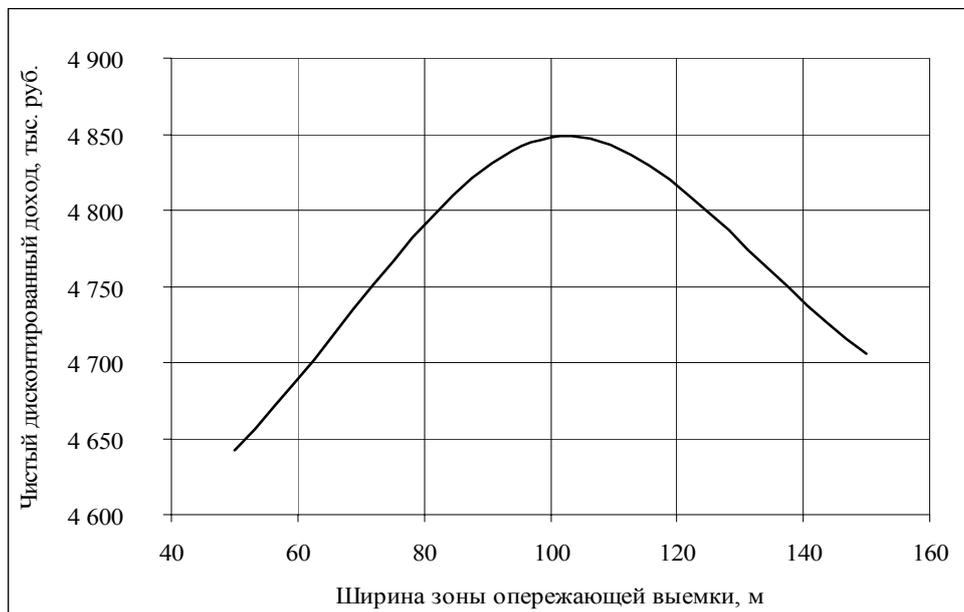


Рис. 4. Влияние размеров зоны опережающей выемки на величину ЧДД

Е. V. Cherepanov

THE SUBSTANTIATION OF MINING TECHNOLOGY AT ORE OPENCASTS HAVING OVERBURDEN BACKLOG

It is examined the calculation methods of the parameters of mining technology at ore opencasts with overburden backlog. They take into account the ore and overburden volume in opencast boundaries at the present stage of the operation, the productivity of the equipment and the annual volume of ore extraction.