

УДК 622.271.332

В.П. Макшеев, А.С. Ненашев, В.С. Федотенко

ОБОСНОВАНИЕ ПЕРИОДА ПЕРЕХОДА К РАЗРАБОТКЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ВЫСОКИМИ УСТУПАМИ ПРИ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В научных трудах многих горняков-открытичников [1-7] отмечается, что применение на карьерах высоких вскрышных уступов способствует уменьшению текущих объемов вскрыши, за счет чего достигается значительный экономический эффект.

Вместе с тем, известно, что увеличение высоты уступа ведет к снижению темпа углубки и скорости подвигания фронта горных работ, а это, в свою очередь, негативно отражается на производственной мощности карьера. Такое положение может иметь место, например, на рудных карьерах из-за характерной особенности формы и условий залегания рудного тела, ограниченности его площадного распространения и где существует необходимость ежегодного использования всей длины нарезанного фронта горных работ.

На угольных разрезах Кузбасса, где разрабатывается не один, а свита пластов с различной мощностью и углами падения и где протяженность карьерных полей составляет 5-7 км, всегда имеется резерв фронта вскрышных работ. Использование общего фронта работ по отдельным участкам разрезов в различные годы составляет порядка 50-80% [4].

Кроме того, транспортной технологией ведения горных работ на разрезах предусматривается разработка высокого вскрышного уступа в два слоя с использованием мощных экскаваторов, суммарная вместимость ковшей которых достигает 30-40 м³.

Поэтому не только проблемы, но и каких-либо предпосылок к снижению темпа углубки горных работ, в связи с переходом к высоким вскрышным уступам, на разрезах практически не существует.

Несмотря на очевидный экономический эффект от применения высоких вскрышных уступов, большинство исследователей и практиков производства едини во мнении, что верхние горизонты карьеров следует отрабатывать уступами малой (10-15 м) высоты.

Это позволит построить карьер и освоить его производственную мощность в минимально короткие сроки. Для разрезов Кузбасса работы с малой высотой уступа в начальный период эксплуатации месторождения необходимы еще и потому, что породы вблизи поверхности подвержены процессам выветривания на глубину 30-50 м и не всегда могут обеспечить требуемый запас прочности по устойчивому состоянию откосов высоких вскрышных уступов.

Позднее, при отработке более глубоких горизонтов, когда будет достигнута производственная

мощность карьера, когда с глубиной повышаются прочностные характеристики вмещающих пород и монолитность горного массива в целом можно переходить на высокие вскрышные уступы.

Однако и в ранее опубликованных научных трудах и исследованиях, проведенных в последние годы [6,7], отсутствуют рекомендации о том, в какой именно период работы карьера целесообразно переходить к отработке вскрышных пород высокими уступами.

В данной статье представлены результаты решения задачи по обоснованию периода перехода на высокие вскрышные уступы применительно к условиям работы разрезов Кузбасса.

Задача решалась в рамках углубочной продольной однобортовой системы разработки с соблюдением принципа определения границ карьера, установленного академиком Ржевским В.В., принципа, в котором заложено равенство граничного и текущего коэффициентов вскрыши ($k_p \geq k_m$).

Учитывались также требования Долгосрочной программы развития угольной промышленности России на период до 2030 г. о рациональном недропользовании и рекомендации проф. Юматова Б.П. о том, что «...необходимо рассматривать фактический график календарного распределения объемов горных работ, улучшать его и выделять в пользу открытых разработок максимальные запасы полезного ископаемого на данном месторождении».

Все эти требования и рекомендации являются актуальными в настоящее время для открытых разработок угля в том числе и в Кузбассе.

Для примера выбрано месторождение с наклонным ($\varphi=40^\circ$) залеганием пласта угля и его горизонтальной мощностью $m_z = 30$ м, с длинной карьерного поля $L_k = 5000$ м и темпом углубки $Y_c = 5$ м/год. Производственная мощность разреза составляет 1050 тыс. т угля в год. Граничный коэффициент вскрыши $k_p = 10,4$ м³/т.

При отработке вскрышных пород уступами обычной высоты, т.е. равной высоте нарезанных на разрезе горизонтов $h = 15$ м и ширине рабочей площадки $III_{p,n} = 37-40$ м равенство граничного и текущего коэффициентов вскрыши наступит на глубине 120 м. После этого начинается период погашения горных работ с доведением угла откоса рабочего борта до $\gamma_e = 40^\circ$. Конечная глубина открытых разработок, при этом, увеличится до

183 м. Общие объемы угля в установленных границах разреза (с учетом периода погашения горных работ) составят 38,43 млн. тонн, а срок службы предприятия – 37 лет.

Итак, установлены основные параметры и показатели (глубина, общие объемы угля и срок службы) карьера, который ведет разработку вскрышного массива уступами обычной высоты, т.е. $h = 15$ м (базовый вариант).

Дальнейшее решение задачи сводится к тому, чтобы определить во времени и пространстве период перехода на данном месторождении к разработке вскрышной толщи пород высокими уступами.

Были рассмотрены следующие два наиболее представительные, по нашему мнению, варианта:

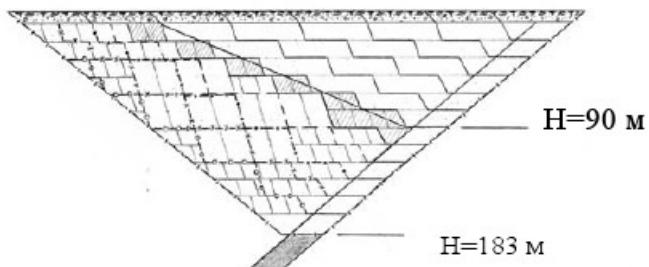
I вариант. Этот вариант перехода на высокие вскрышные уступы представлен в ранее указанных публикациях, как способствующий снижению текущих объемов вскрыши. Предположим, для примера, что переход к отработке вскрышной толщи высокими ($h = 30$ м) уступами при ширине рабочей площадки равной 58-60 м наступает еще до полного развития горных работ, т.е. начиная с 18 года эксплуатации месторождения при достижении разрезом глубины 90 м. В этом случае текущий коэффициент вскрыши еще не достигает граничного и, следовательно, нарушаются принцип

равенства этих коэффициентов, т.е. $k_{sp} > k_m$;

II вариант. Предлагается авторами данной статьи. Переход на высокие ($h = 30$ м) вскрышные уступы происходит в период полного развития горных работ, т.е. после 24-х лет работы предприятия при глубине разреза 120 м, когда наступает равенство граничного и текущего коэффициентов вскрыши $k_{sp} = k_m$.

Для выбора и обоснования одного из двух рассматриваемых вариантов периода перехода необходимо было, прежде всего, разработать несколько конструкций рабочего борта карьера с различной группировкой (1-2, 1-2-3) высоких уступов на каждом из вышерасположенных горизонтах и участвующих в отгоне борта при нарезке нового горизонта. Затем, требовалось определить объемы вскрышных и добывальных работ по горизонтам, текущий коэффициент вскрыши и построить график изменения k_m во времени за весь период эксплуатации карьера. Наиболее приемлемой оказалась конструкция борта с группировкой высоких уступов на горизонте (1-2), представленная для обоих вариантов периода перехода на рис. 1, а соответствующие этой конструкции борта графики изменения текущего коэффициента вскрыши по годам работы карьера изображены на рис. 2.

а)



б)

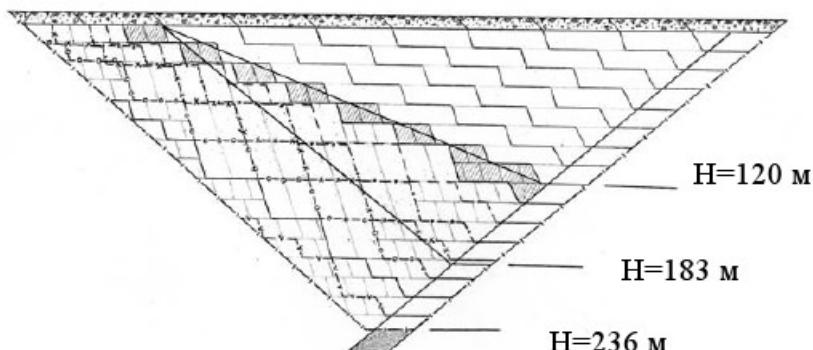


Рис. 1. Конструкция рабочего борта карьера при переходе к отработке вскрышных пород с высокими уступами

а – I вариант ($h = 30$ м, $Ш_{p.n.} = 58-60$ м, $k_{sp} > k_m$);

б – II вариант ($h = 30$ м, $Ш_{p.n.} = 58-60$ м, $k_{sp} = k_m$).

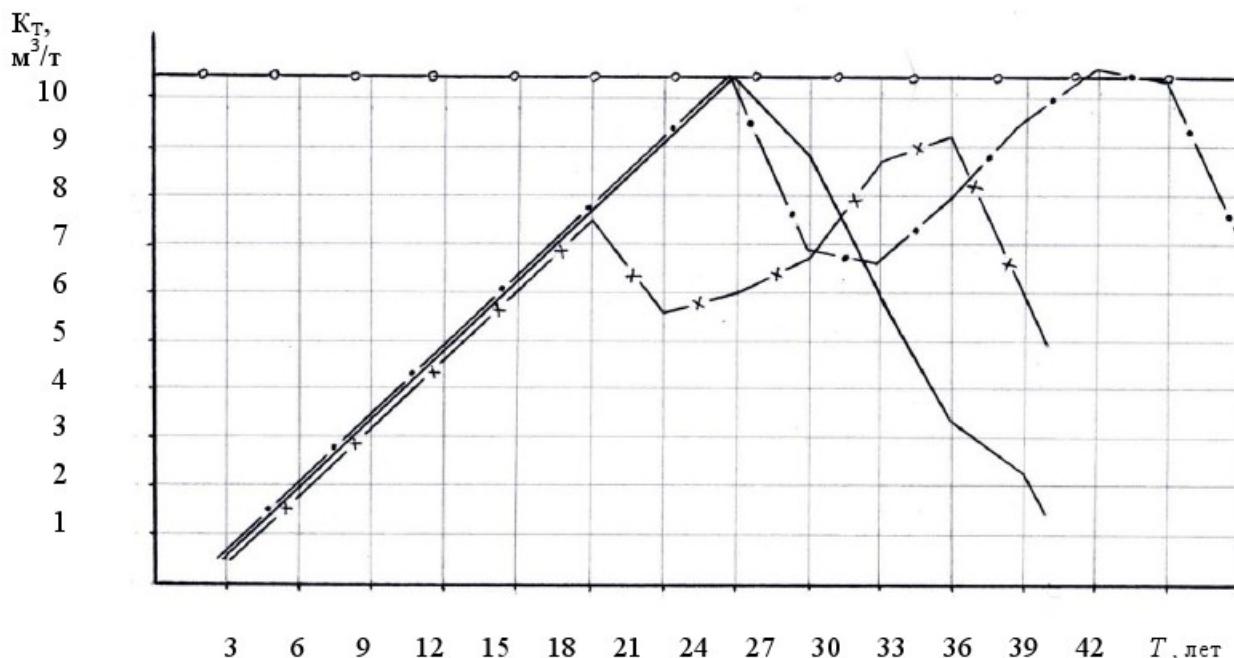


Рис. 2. Графики изменения текущего коэффициента вскрыши (K_T) по годам работы карьера (T) при отработке вскрышных пород уступами разной высоты:

- базовый вариант ($h=15 \text{ м}$, $Ш_{p,n}=37-40 \text{ м}$, $K_p=K_T$);
- x — I вариант ($h=30 \text{ м}$, $Ш_{p,n}=58-60 \text{ м}$, $K_p > K_T$);
- ● — II вариант ($h=30 \text{ м}$, $Ш_{p,n}=58-60 \text{ м}$, $K_p = K_T$);
- ○ — граничный коэффициент вскрыши (K_p).

Из рис. 1 и 2 следует, что, если переход к высоким вскрышным уступам осуществляется с глубины карьера равной 90 м (I вариант), то в период с 18 до 21 года работы предприятия наблюдается некоторое (на 2 $\text{м}^3/\text{т}$) снижение текущего коэффициента вскрыши, а затем вплоть до 33 года, т.е. начала погашения горных работ – резкое (с 5,52 до 9,2 $\text{м}^3/\text{т}$) его увеличение.

При этом происходит не уменьшение текущих объемов вскрышных пород, а перенос части из них (порядка 60 млн. м^3) в границах карьера к отработке на более позднее время. Поэтому конечная глубина, общий объем угля и срок существования карьера остаются такими же, как и при базовом варианте, т.е. соответственно 183 м, 38,43 млн. т и 37 лет.

При переходе к разработке вскрышной толщи пород высокими уступами ($h=30 \text{ м}$) в период полного развития горных работ (после 24 лет эксплуатации месторождения и глубине выработки 120 м), когда текущий коэффициент вскрыши достигнет граничного (II вариант) в первые три года работы карьера после перехода также отмечается некоторое снижение k_m , а затем он растет до значений k_p , но не превышает его (см. рис. 2). В результате перехода на высокие вскрышные уступы в период полного развития горных работ на карьере его глубина увеличивается со 183 до 236 м, общий объем угля – с 38,43 млн. т до 49,56 млн. т, а срок службы – с 37 лет до 47 лет.

Оценка экономической эффективности вариантов периода перехода к отработке породной толщи высокими уступами (в рассматриваемом примере) проводилась по величине приведенных (с учетом фактора времени) затрат, приходящихся на 1 т добываемого угля.

Суммарные приведенные затраты по вскрышным работам за весь срок существования карьера (Z_{np}) и их удельная величина, приходящаяся на 1 т добываемого угля (Z_{1m}^e), определялись по формулам:

$$Z_{np} = \sum_{t=1}^T \frac{C \cdot V_t^e}{(1+E)^{t-1}}, \text{ руб.}, Z_{1m}^e = \frac{Z_{np}}{V_y}, \text{ руб./т},$$

где C – фактические затраты по переработке вскрышных пород, руб/ м^3 ($C=50$ руб/ м^3);

V_t^e – годовой объем вскрыши, м^3 ;

E – норма дисконта ($E=8\%$);

t – номер шага расчета или порядковый номер года принятого периода оценки ($t=0,1,2,3,\dots, T$);

V_y – общий объем угля, т.

Результаты расчета основных технико-экономических показателей для рассматриваемых вариантов периода перехода на высокие вскрышные уступы, выполненные по указанным выше формулам, представлены в таблице.

Данные, представленные в таблице, а также анализ результатов расчетов в целом свидетельствуют о том, что наиболее эффективным из двух

Технико-экономические показатели по вариантам периода перехода к отработке вскрышных пород

Показатели	Базовый вариант	Варианты периода перехода на высокие вскрышные уступы	
		1 вариант	2 вариант
Общий объем вскрышных работ, тыс.м ³	201735	207174	330086
Общий объем угля, тыс.т	38430	38430	49560
Средний коэффициент вскрыши, м ³ /т	5,25	5,39	6,66
Сумма приведенных затрат на производство вскрышных работ, тыс.руб.	2644253	2509013	2984043
Величина приведенных затрат по вскрышным работам, приходящихся на 1 т угля, руб./т	68,81	65,29	60,21

рассматриваемых вариантов периода перехода к высоким вскрышным уступам следует считать 2-й вариант. Этот вариант периода перехода не сводится только к перераспределению объемов вскрыши в прежних границах карьерного поля, как это имеет место при 1-ом варианте. Благодаря переходу к разработке вскрышных пород высокими уступами в период максимального развития горных работ на разрезе, т.е. по второму варианту:

- обеспечивается минимальная величина приведенных затрат по вскрышным работам, приходящаяся на 1 т угля (60,21 руб./т);
- появляется возможность увеличения добычи

с данного месторождения на 11 млн т угля, что освобождает от необходимости строительства нового разреза с производственной мощностью 1 млн т угля в год и привлечения приведенных капитальных затрат в размере 161 млн.руб.;

- сохраняются от нарушения открытыми горными разработками порядка 200 га земельных угодий;

- увеличивается на 11 лет срок существования разреза и, следовательно, на это время сохраняются за работниками основных профессий (их число составляет 400-450 чел.) рабочие места на данном предприятии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Ч.2/В.В. Ржевский. – М.: Недра, 1985.-550 с.
2. Арсентьев А.И. Вскрытие и система разработки карьерных полей/ А.И. Арсентьев. – М.: Недра, 1981.-280 с.
3. Юматов Б.П. Использование нового метода определения экономической эффективности капитальных вложений для обоснования границ карьеров и их производительности// Б.П. Юматов/ Тр. Всесоюзн. межвуз. научн. конфер., Изд. «Высшая школа». – М., 1962.
4. Технологические схемы разработки высоких уступов на разрезах Кузбасса/ А.С. Ненашев и др.; Кузнецкий филиал НИИОГР, ПО «Кемеровоуголь». – Кемерово, 1987. – 94 с.
5. Кузнецов В.И. Новые решения в технологии ведения горных работ на разрезах Кузбасса/ В.И. Кузнецов, В.А. Ермолаев, А.С. Ташкинов, А.С. Ненашев. – Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1994. – 152 с.
6. Технология отработки вскрыши высокими уступами с применением экскаваторов-кранлайнов/ К.Н. Трубицкой, И.А. Сидоренко, Н.П. Сенинов, Ю.П. Самородов// Горный журнал. – 2000. - №3. – С. 31-34.
7. Опанасенко П.И. Обоснование технологических схем высокоуступной технологии вскрышных работ с применением выемочно-погрузочных драглайнов при транспортной системе разработки// П.И. Опанасенко/ Авторефрат кандидатской дисс. – М., ИПКОН РАН, 2010. – 19 с.

□Авторы статьи:

Макшеев
Вадим Павлович,
канд. техн. наук, профессор каф.
технологии, механизации и органи-
зации открытых горных работ МГТУ
Email: kafedra-to@mail.ru

Ненашев
Анатолий Сергеевич,
канд. техн. наук
ООО «КузбассПромРесурс»
тел. 8-3842-72-74-62

Федотенко
Виктор Сергеевич
аспирант каф. технологий, механи-
зации и организации открытых гор-
ных работ МГТУ
Email: victor_fedotenko@rambler.ru