

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ: КУЗБАСС

УДК 622.271

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕХОДА РАЗРЕЗОВ КУЗБАССА НА ВЕДЕНИЕ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ ВЫСОКИМИ УСТУПАМИ

В. А. Ковалев, В. С. Федотенко

*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
E-mail: ogdm@yandex.ru,
ул. Весенняя, 28, 650000, г. Кемерово, Россия*

Приведено обоснование решений по переходу к производству вскрышных работ высокими уступами на разрезах Кузбасса, что позволит увеличить объем обрабатываемых запасов угля и улучшить технико-экономические показатели. Установлена зависимость между периодом перехода к производству вскрышных работ высокими уступами и приращением конечной глубины горных работ. Обоснован выбор высоты вскрышного уступа на основе зависимости изменения эксплуатационных затрат от высоты разрабатываемого слоя. Практическая значимость исследований заключается в разработке нового подхода к обоснованию целесообразности применения высоких уступов при транспортной системе разработки месторождений и создания методики определения приращения конечных границ разреза при переходе к производству вскрышных работ высокими уступами.

Горнотехнические системы, открытые горные работы, высокий уступ, главные параметры карьера, технологические схемы, реконструкция разреза

Согласно долгосрочной программе развития угольной промышленности России на период до 2030 г., планируется увеличение годовой добычи угля в Кузбассе на 100 млн т, рост производительности труда, полное обновление производственных мощностей при повышении уровня промышленной и экологической безопасности [1].

В предстоящий период будет формироваться новая технологическая база интенсивного развития угольной отрасли, основанная на использовании новейших достижений в области науки и техники. Это направление развития обуславливает необходимость обоснования новых подходов к проектированию горнотехнических систем, ориентированных на эффективную и более полную обработку угольных месторождений.

В настоящее время с увеличением глубины разрезов ухудшаются горно-геологические и горнотехнические условия, осложняется работа предприятий. Поступающее на разрезы современное высокопроизводительное горное и транспортное оборудование не может полностью компенсировать ухудшение условий эксплуатации. Необходимо изменять параметры технологии, одним из которых является высота вскрышного уступа. Поэтому обоснование параметров техно-

логии ведения вскрышных работ высокими уступами на разрезах Кузбасса, позволяющей увеличить конечную глубину и обрабатываемые запасы разрезов, регулировать режим горных работ и улучшить технико-экономические показатели работы разрезов, является актуальной задачей [2, 3].

Объекты исследования — проектируемые и эксплуатируемые разрезы Кузнецкого угольного бассейна, технологические параметры горнотехнических систем. Цель исследований — обоснование проектных решений по производству вскрышных работ высокими уступами при транспортной системе разработки на разрезах Кузбасса.

В результате проведенных исследований установлено следующее:

— выбор периода перехода к производству вскрышных работ высокими уступами при проектировании разрезов позволяет управлять приращением конечной глубины открытых горных работ, при этом наибольшее приращение достигается при переходе, осуществляемом на этапе максимального развития горных работ при равенстве текущего и граничного коэффициентов вскрыши;

— эксплуатационные затраты на разработку 1 м^3 вскрышных пород находятся в параболической зависимости от высоты разрабатываемых слоев, что позволяет установить рациональную высоту вскрышного уступа при соблюдении равенства скоростей подвигания забоя в верхнем и нижнем слое;

— приращение конечной глубины разреза на наклонных и крутопадающих месторождениях при применении высоких уступов прямо пропорционально нормальной мощности угольного пласта, не зависит от угла падения пласта в диапазоне $15 - 40^\circ$ и снижается при его увеличении от 45 до 90° .

Под высокими понимаются уступы, имеющие единую плоскость откоса, обработка которых ведется слоями (подступами). Мощность слоя определяется линейными параметрами применяемого выемочно-погрузочного оборудования. Для принятия проектных решений необходимо технико-экономическое обоснование параметров горнотехнической системы на различных этапах эксплуатации месторождения [4, 5].

В условиях ограниченности выпуска специального выемочно-погрузочного и горнотранспортного оборудования, позволяющего обрабатывать уступ на всю его высоту, повышается значимость обоснования технологической составляющей предприятия, а именно схем нарезки новых горизонтов и их выемки с использованием имеющейся наиболее эффективной выемочно-погрузочной и транспортной техники [6, 7].

Выбор стратегии развития на этапе проектирования нового или реконструкции действующего разреза — важная и весьма сложная задача, оказывающая существенное влияние на принятие всех последующих горно-технологических решений. Процесс разработки плана развития горных работ находится в сложной зависимости от широкого ряда горно-геологических и производственных факторов, таких как условия залегания и качество извлекаемого полезного ископаемого, рыночная конъюнктура, требуемая производственная мощность, которые, в свою очередь, определяют выбор параметров технологии [8, 9].

При проектировании на уровне систем и объектов разреза зачастую необходимым является принятие решения об изменении на некотором этапе развития горнотехнической системы одного или нескольких параметров либо об осуществлении ее перестройки, обеспечивающей регулирование режима горных работ. Одним из значимых параметров разреза, посредством которого осуществляют управление эксплуатационными показателями, является высота уступа [10].

В работе задача решалась в рамках углубочной продольной одно- и двубортовой системы разработки с соблюдением принципа определения границ карьера, предложенного акад. В. В. Ржевским, в котором заложено равенство граничного и текущего коэффициентов вскрыши ($k_{\text{гр}} \geq k_{\text{т}}$) [11].

Учитывались также требования “Долгосрочной программы развития угольной промышленности России на период до 2030 г.” о рациональном недропользовании и рекомендации проф. Б. П. Юматова 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”, актуальные в настоящее время, в том числе и для Кузбасса [1].

Известен переход к работе высокими уступами, предполагающий его осуществление в течение реконструкции, завершаемой до момента достижения равенства текущего и граничного коэффициентов вскрыши [12, 13]. Подобный переход обеспечивает перераспределение объемов вскрышных работ во времени, перенося их часть на более поздний период, снижение текущих объемов вскрыши и, как следствие, эксплуатационных затрат. При этом совокупный объем добытого угля, а также срок эксплуатации месторождения остаются неизменными как при работе по традиционной технологии, так и при переходе к ведению горных работ высокими уступами. Особого внимания заслуживает то, что в известном варианте организации ведения горных работ момент достижения максимального значения текущего коэффициента вскрыши сдвигается во времени на более поздний срок, при этом он остается меньше граничного на протяжении всего срока эксплуатации (рис. 1а) [14].

Подобное перераспределение объемов вскрышных работ существенно уменьшает значение такого показателя, как граничный коэффициент вскрыши, который перестает быть важным ориентиром, используемым при проектировании и планировании горных работ. В частности, с момента начала реконструкции граничный коэффициент вскрыши более не выступает в качестве критерия для определения конечной глубины горных работ, так как в ее ходе конечная глубина, заложенная в проекте, будет достигнута при меньшем текущем коэффициенте вскрыши. Указанная особенность позволила предположить, что переход на работу высокими уступами может быть рассмотрен как техническое решение, направленное на увеличение конечной глубины горных работ [3].

На основе анализа горно-геологических условий ряда угольных месторождений рассмотрены варианты перехода к работе высокими уступами во вскрышной зоне разреза, осуществляемые в различные моменты времени при условии развития рабочего борта до тех пор, пока текущий коэффициент вскрыши не станет равен граничному. Установлено, что смещение момента начала перехода на более поздний период эксплуатации позволяет управлять приращением глубины горных работ. Так, для обеспечения наибольшего прироста конечной глубины разреза переход к отработке вскрыши высокими уступами должен осуществляться в момент максимального развития горных работ (рис. 1б). Под максимальным развитием горных работ понимается момент равенства текущего и граничного коэффициентов вскрыши.

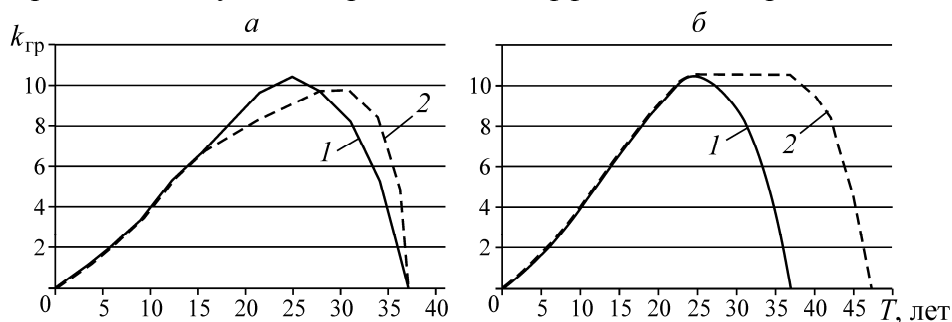


Рис. 1. Изменение текущего коэффициента вскрыши при переходе к ведению горных работ высокими уступами (1) и без перехода (2): а — до момента достижения равенства текущего и граничного коэффициентов вскрыши; б — в момент достижения этого равенства

Продолжительность перехода к ведению вскрышных работ высокими уступами определяется исходя из горно-геологических условий (мощности залежи, угла падения пласта, прочностных характеристик пород) и производственных факторов (граничного коэффициента вскрыши, производственной мощности, положения рабочего борта на момент достижения максимального развития горных работ).

Выбор периода перехода к работе высокими уступами обуславливает также возможность управления приращением конечной глубины горных работ и объемами вскрыши, которые могут быть перенесены на более поздний период отработки месторождений.

Взаимобратную тенденцию изменения от момента начала перехода к отработке вскрышных пород высокими уступами объемов вскрыши, переносимых на более поздний период, и приращения конечной глубины горных работ иллюстрирует рис. 2. Это позволило сделать вывод о том, что выбор периода перехода к производству вскрышных работ высокими уступами при проектировании разрезов позволяет управлять приращением конечной глубины открытых горных работ, при этом наибольшее приращение достигается при переходе, осуществляемом в период максимального развития горных работ.

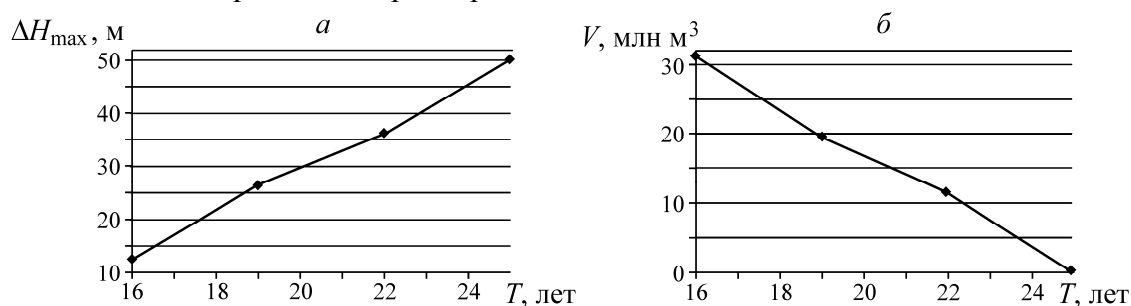


Рис. 2. Приращение конечной глубины горных работ в зависимости от момента перехода на работу высокими уступами (а) и изменение объема вскрыши, переносимой на более поздний период, в зависимости от момента начала отработки вскрышных пород высокими уступами (б)

В настоящее время на разрезах Кузбасса создается ситуация, при которой, с одной стороны, идет замена парка горного оборудования новыми импортными буровыми станками с глубиной бурения более 45–50 м и мощными экскаваторами вместимостью ковша до 54 м³, приобретаются гидравлические прямые и обратные лопаты, имеется достаточный опыт работы драглайнов по погрузке породы в автосамосвалы, а с другой — наблюдается стабильность и даже уменьшение высоты обрабатываемого вскрышного уступа. Последнее негативно сказывается на производительности буровой и экскавационной техники и, следовательно, на эффективности работы горнотранспортного комплекса в целом.

В работе также решалась задача экономического обоснования высоты вскрышного уступа для различных типов экскаваторов по эксплуатационным затратам на трех смежных взаимосвязанных между собой процессах — бурение скважин, выемочно-погрузочные работы и транспортирование (подъем породы) на верхнюю площадку уступа. Исследовано шесть вариантов комплектов оборудования, включающих буровой станок ДМЛ-1200, экскаваторы-драглайны (ЭШ) с вместимостью ковша 10–15 м³ и длиной стрелы 50–70 м, экскаваторы-мехлопаты (прямые механические ЭКГ, РН и обратные гидравлические Gat) с вместимостью ковша 10–33 м³ и автосамосвалы грузоподъемностью 120–220 т.

Результаты расчетов по оптимизации высоты вскрышного уступа представлены на рис. 3. В качестве критерия при определении рациональной высоты обрабатываемого уступа приняты суммарные эксплуатационные затраты Z_{Σ} на 1 м³ вскрыши по указанным процессам.

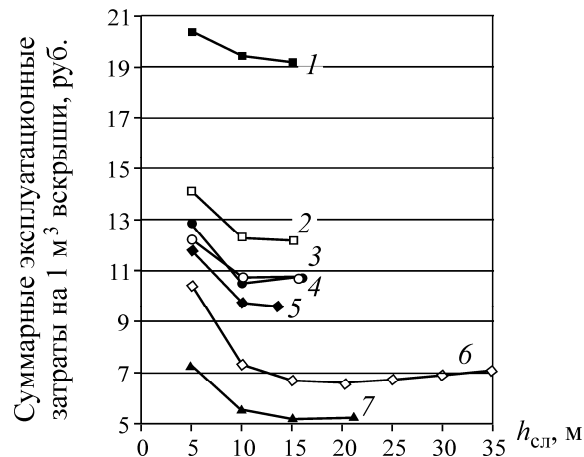


Рис. 3. Изменение суммарных эксплуатационных затрат на 1 м³ вскрыши в зависимости от высоты разрабатываемого слоя: 1 — DML-1200-Cat.5130-Белаз-7512(14); 2 — DML-1200-ЭКГ-12-Белаз-7514; 3 — DML-1200-РН-2800-Белаз-75303; 4 — DML-1200- ЭКГ-15-Белаз-75131; 5 — DML-1200-ЭКГ-10-Белаз-7512(14); 6 — DML-1200-ЭШ-10.70(11.70)-Белаз-7514; 7 — DML-1200-ЭШ-13.50(14.50)-Белаз-75132

Из рис. 3 видно, что для комплексов с экскаваторами типа прямая механическая лопата оптимальная высота уступа соответствует высоте черпания экскаватора, что отвечает требованиям “Правил безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом” [15, 16]. Для драглайнов ЭШ-10.70 и ЭШ-14.50 высота вскрышного уступа, полученная по минимальным эксплуатационным затратам комплекса оборудования, находится в пределах 16–20 м, несмотря на то, что максимальная глубина черпания у этих выемочно-погрузочных машин составляет 35 и 21 м соответственно. С увеличением высоты уступа у драглайнов возрастает время цикла экскавации за счет операции подъема породы в ковше на верхнюю площадку уступа. Этим объясняется снижение их производительности и увеличение эксплуатационных затрат в целом.

Для всех типов экскаваторов и буровых станков с уменьшением высоты отрабатываемого вскрышного уступа наблюдается рост эксплуатационных затрат, что связано с сокращением времени использования их на основной работе и снижением производительности. Кроме того, при взрывании вскрышных уступов малой высоты уменьшается выход горной массы с 1 пог. м скважины [17].

Очевидно, что применение для разработки уступа высотой 30 м только драглайна ЭШ-10.70 неэффективно экономически, а также нецелесообразно из-за низкой интенсивности ведения вскрышных работ (скорость продвижения забоя экскаватора вдоль фронта составляет не более 2.5 м в смену). На данном этапе развития технических средств в области открытых горных работ для разрезов Кузбасса исходя из горнотехнических условий могут быть предложены технологические схемы, предусматривающие разработку высокого вскрышного уступа слоями (в основном в два слоя) с использованием различных комбинаций горно-транспортного оборудования.

Применительно к углубочной системе разработки варианты технологических схем ведения вскрышных работ на уступе (в общем виде) и комбинации комплексов оборудования представлены на рис. 4. Взрывание высокого вскрышного уступа осуществляется сразу на полную высоту, а выемка породы из развала — в два слоя. Основное различие представленных схем заключается в следующем.

Схемы 1, 2 и 3а применяются в условиях движения вскрышного грузопотока из забоя на поверхность разреза в восходящем порядке. Так, в схемах 1 и 2 драглайн при разработке верхнего слоя выполняет транспортную работу путем подъема породы в ковше на верхнюю пло-

щадку уступа, в то время как в схеме 3а экскаватор-мехлопата, обрабатывающий верхний слой, сбрасывает породу на нижнюю площадку, где происходит погрузка всего объема взорванной породы уступа мощной прямой лопатой в кузов самосвала с последующей доставкой ее на верхнюю площадку. Схема 3б применима, когда общее направление движения вскрышного грузопотока идет в нисходящем порядке и нет необходимости доставлять породу на верхнюю площадку уступа, так как она сразу вывозится автосамосвалами в отвал (например, на разрезах Южного Кузбасса с гористым рельефом поверхности).

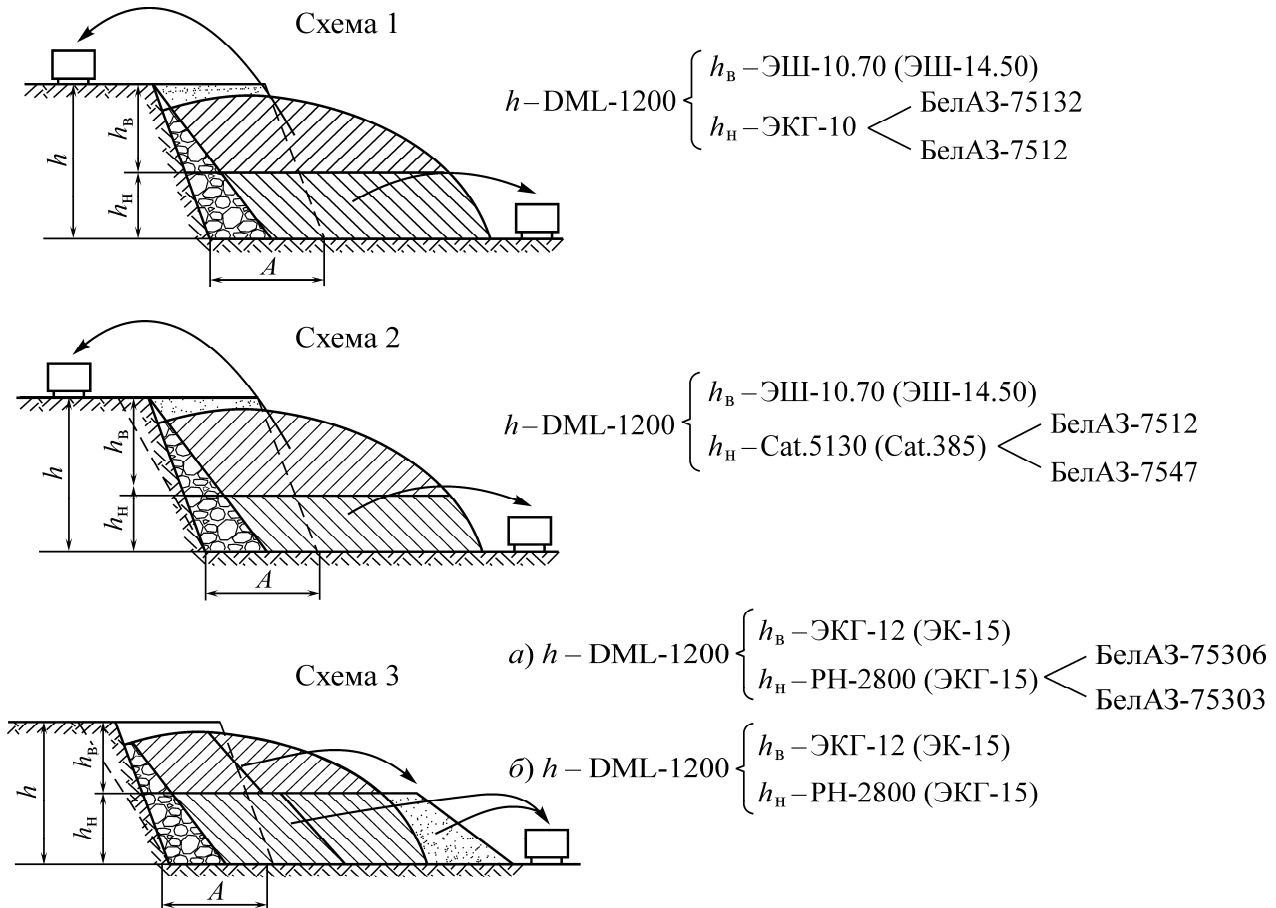


Рис. 4. Варианты схем разработки высокого вскрышного уступа в два слоя с использованием различных комплексов горнотранспортного оборудования: h_B и h_N — высота верхнего и нижнего слоя соответственно, м; A — высота буровзрывной заходки, м

В результате проведенных расчетов выбраны только те варианты комплексов горного и транспортного оборудования и параметры схем, которые отвечают равенству скоростей подвигания забоя в верхнем и нижнем слое высокого уступа.

Для каждой из представленных схем разработки высоких вскрышных уступов (рис. 4) рассмотрено несколько десятков вариантов комплексов горнотранспортного оборудования, включающих однотипные и разнотипные экскаваторы, а именно драглайны, прямые механические и обратные гидравлические лопаты, варьировалась высота слоя, влияющая на затраты и скорость подвигания забоя [18, 19].

В результате оценки эффективности рассматриваемых вариантов разработки высокого вскрышного уступа установлено, что наиболее целесообразной является отработка высокого вскрышного уступа в два слоя с использованием комплекта выемочно-погрузочных машин

в составе экскаватора нижнего черпания (типа драглайн), устанавливаемого на верхней площадке уступа и осуществляющего обработку верхнего слоя с погрузкой на уровне своей стоянки, и прямой механической лопаты, ведущей обработку нижнего слоя с погрузкой горной массы на нижний транспортный горизонт (схема 1, рис. 4). При высокой интенсивности ведения вскрышных работ на разрезе возможно применение (с некоторым увеличением затрат) комплекса оборудования, включающего комплект высокопроизводительных экскаваторов типа прямая механическая лопата (схема 3). Однако с большей эффективностью этот комплект может быть применен на разрезах, разрабатывающих месторождения с гористым рельефом поверхности, когда вскрышные горизонты располагаются выше отвальных ярусов породы (схема 3б).

С учетом изложенного можно сделать вывод, что эксплуатационные затраты на разработку 1 м^3 вскрышных пород находятся в параболической зависимости от мощности разрабатываемых слоев, что позволяет установить высоту вскрышного уступа при соблюдении равенства скорости подвигания забоя в верхнем и нижнем слое [20].

В проектировании известен ряд способов определения конечной глубины карьера, базирующихся на сопоставлении различных эксплуатационных и экономических показателей [9, 21]. В настоящее время при интенсивном развитии информационно-вычислительных технологий широкое распространение получил метод вариантов, подразумевающий использование специализированных алгоритмов на ЭВМ для моделирования конечных контуров карьера и принятия решений на основе оптимального соотношения потоков денежных средств. При этом подобные методологические и аппаратные решения не исключают необходимости расчета граничного коэффициента вскрыши и последующего оперирования им при обосновании рациональных границ карьера.

Согласно принципу определения конечной глубины открытых горных работ, опирающемуся на равенство граничного и текущего коэффициента вскрыши, бортам карьера придают углы откоса, равные углам откоса рабочих бортов, и расширяют карьер до тех пор, пока текущий коэффициент вскрыши не достигнет значения граничного коэффициента вскрыши. Момент равенства граничного и текущего коэффициентов вскрыши справедливо назвать моментом максимального развития горных работ, так как именно тогда в разработку вовлечено наибольшее количество уступов и объем обрабатываемой вскрыши достигает максимума. Дальнейшее развитие горных работ при сохранении угла откоса рабочего борта на прежнем уровне экономически нецелесообразно.

Согласно предлагаемому методу определения приращения конечной глубины разреза, переход к разработке вскрыши высокими уступами должен проводиться в момент максимального развития горных работ. При этом увеличение угла откоса рабочего борта осуществляется поэтапно. Каждый этап перехода характеризуется вовлечением в разработку дополнительного горизонта до начала погашения горных работ. Решение о вовлечении дополнительного горизонта принимается при выполнении двух условий: 1) $k_{\text{тек}} \leq k_{\text{гр}}$; 2) дальнейшее увеличение угла откоса рабочего борта карьера безопасно для продолжения ведения горных работ, т. е. соблюдается требуемый запас устойчивости. Каждое из условий в отдельности является необходимым, но недостаточным для принятия решения о продолжении перехода. После осуществления перехода при невозможности соблюдения хотя бы одного из условий приступают к погашению горных работ.

Для расчета приращения максимальной глубины карьера, границы карьера поверху, количества горизонтов, вовлекаемых дополнительно в разработку до начала погашения горных работ, использовалась схема, представленная на рис. 5, где α, β — углы откоса рабочего борта до и по

сле перехода к ведению горных работ высокими уступами; γ — угол падения пласта; $\alpha_{\text{пог}}$ — угол погашения горных работ; M — момент максимального развития горных работ; H — глубина карьера на момент начала перехода; h — суммарная мощность горизонтов, дополнительно вовлекаемых в разработку; B — приращение границы карьера поверху; H_{max1} , H_{max2} — максимальная глубина горных работ без перехода и с переходом к высоким уступам.

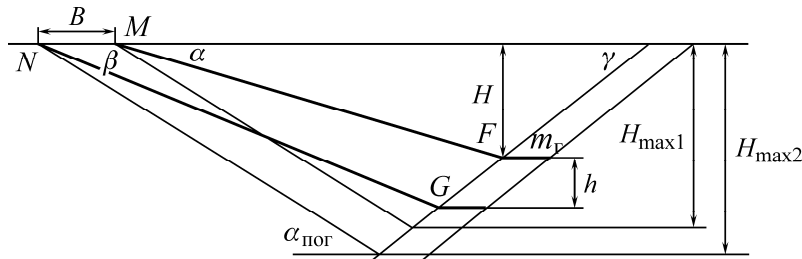


Рис. 5. Схема к определению приращения конечной глубины разреза

Для продольной однобортовой системы разработки имеем:

- приращение максимальной глубины карьера, м

$$\Delta H_{\text{max}} = \frac{1}{\text{ctg}\alpha_{\text{пог}} + \text{ctg}\gamma} \left[(H + \sum_{i=1}^n h_i)(\text{ctg}\beta_n + \text{ctg}\gamma) - H(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\gamma) \right];$$

- приращение границы карьера поверху, м

$$B = (H + h)(\text{ctg}\beta_n + \text{ctg}\gamma) - H(\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\gamma),$$

где $\beta_n = \arctg \left[\frac{(H_n + h_n)^2}{2k_{\text{гр}} m_{\text{г}} h_n + H_n^2 \text{ctg}\alpha_{n-1} + H_n^2 \text{ctg}\alpha_{\text{пог}} - (H_n + h_n)^2 \text{ctg}\alpha_{\text{пог}}} \right]$ — угол откоса рабочего

борта после перехода к ведению горных работ высокими уступами на n -м этапе перехода.

В практике крайне редко встречаются месторождения угля, представленные одним мощным пластом, поэтому для свиты пластов при углубочной продольной однобортовой системе разработки формула, используемая при расчете количества горизонтов, дополнительно вовлекаемых в разработку до начала погашения горных работ, примет вид

$$\beta_n = \arctg \left[\frac{(H_n + h_n)^2}{2k_{\text{гр}} m_{\text{г}} h_n + H_n^2 \text{ctg}\alpha_{n-1} + H_n^2 \text{ctg}\gamma - (H_n + h_n)^2 \text{ctg}\gamma - M_{\text{пп}} h_n} \right].$$

Для свиты пластов при углубочной продольной двухбортовой системе разработки

$$\beta_n = \arctg \left[\frac{(H_n + h_n)^2}{2k_{\text{гр}} m_{\text{г}} h_n + H_n^2 \text{ctg}\alpha_{n-1} + H_n^2 \text{ctg}\alpha_{\text{пог}} - (H_n + h_n)^2 \text{ctg}\alpha_{\text{пог}} - M_{\text{пп}} h_n} \right],$$

где $M_{\text{пп}}$ — суммарная мощность породных прослоев в свите, м.

Разработанная методика позволяет исследовать связи между группами параметров и однозначно сделать заключение о степени их взаимовлияния. На рис. 6 приведены зависимости приращения конечной глубины карьера от нормальной мощности пласта при углах падения от 15 до 90°. Анализ изменения приращения глубины карьера от нормальной мощности пласта позволяет сделать вывод, что для углов падения пласта до 40°, т. е. при однобортовой системе разработки, исследуемая зависимость аппроксимируется прямой и имеет линейный характер

вида $y = 4.31x - 12$, при этом угол падения пласта не влияет на исследуемую функцию. Однако при необходимости формирования второго рабочего борта приращение конечной глубины карьера увеличивается с ростом нормальной мощности пласта и уменьшается по мере увеличения угла падения угольного пласта.

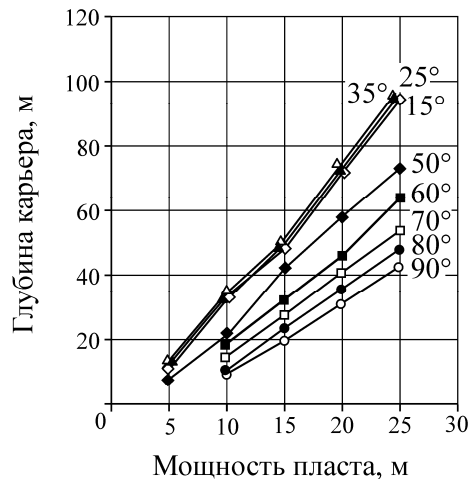


Рис. 6. Изменение приращения конечной глубины карьера от нормальной мощности пласта

ВЫВОДЫ

На основании выполненных исследований обоснована целесообразность перехода на разрезах Кузбасса к производству вскрышных работ высокими уступами. Это позволит увеличить конечную глубину карьера и объем обрабатываемых запасов угля, улучшить режим горных работ и технико-экономические показатели работы разрезов.

Максимальное увеличение конечной глубины карьера обеспечивается при переходе к отработке вскрышных пород высокими уступами в момент равенства текущего и граничного коэффициентов вскрыши. При этом объем вскрыши, обрабатываемой в более поздний период, сводится к минимуму.

Сравнение экономической эффективности перехода к ведению вскрышных работ высокими уступами на различных этапах эксплуатации разреза также показало, что начало такого перехода следует связывать с периодом времени, когда текущий коэффициент вскрыши достигает равенства с граничным.

Обосновано, что высокий вскрышной уступ целесообразно обрабатывать в два слоя. Оптимальным является применение комплекса оборудования, включающего экскаватор типа драглайн для отработки верхнего слоя с нижним черпанием и погрузкой в транспортные средства на уровне своего стояния и экскаватор типа прямая механическая лопата для отработки нижнего слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсентьев А. И. Определение главных параметров карьеров. — М.: Недра, 1976.
2. Арсентьев А. И., Холодняков Г. А. Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений. — М.: Недра, 1994.
3. Арсентьев А. И., Полищук А. К. Развитие методов определения границ карьеров. — Л.: Наука, 1967.

4. **Баулин А. В.** Обоснование параметров технологии отработки вскрышных пород высокими уступами при транспортной системе разработки на угольных разрезах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 2002.
5. **Долгосрочная программа** развития угольной промышленности России на период до 2030 года. — М., 2010.
6. **Кузнецов В. И., Ермолаев В. А., Ташкинов А. С., Ненашев А. С.** Новые решения в технологии ведения горных работ на разрезах Кузбасса. — Кемерово: Кемер. кн. изд-во, 1994.
7. **Иванов Е. Д.** Обоснование режима горных работ и главных параметров карьеров при открытой разработке сближенных алмазоносных кимберлитовых трубок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 2011.
8. **Макшеев В. П., Федотенко В. С.** Параметры буровзрывных работ при разработке вскрышных пород высокими уступами на транспорт // ГИАБ. — 2012. — № 2.
9. **Ненашев А. С., Ермолаев В. А., Усенко С. П., Федотенко С. М., Гойхман Э. Э., Ташкинов А. С.** Технологические схемы разработки высоких уступов на разрезах Кузбасса / Кузнецкий филиал НИИОГР, ПО “Кемеровоуголь”. — Кемерово, 1987.
10. **Ненашев А. С., Проноза В. Г., Федотенко В. С.** Технология ведения горных работ на разрезах при разработке сложноструктурных месторождений: учеб. пособие. — Кемерово: Кузбассвузиздат, 2010.
11. **Ольховатенко В. Б.** Инженерно-геологические условия строительства крупных карьеров в Кузнецком угольном бассейне. — Томск: Изд-во ТГУ, 1976.
12. **Опанасенко П. И.** Обоснование технологических схем высокоуступной технологии вскрышных работ с применением выемочно-погрузочных драглайнов при транспортных системах разработки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 2010.
13. **Пастихин Д. В., Аникин К. В., Толипов Н. У., Иванов Е. Д.** Обоснование конструкции рабочего борта глубоких карьеров. — М.: Горная книга, 2011.
14. **Правила безопасности** при разработке угольных месторождений открытым способом: ПБ 05-619-03. 2-е изд. — М.: ООО “НТЦ Промышленная безопасность”, 2009.
15. **Ржевский В. В.** Технология и комплексная механизация открытых горных работ. — М.: Недра, 1980.
16. **Трубецкой К. Н., Краснянский Г. Л., Хронин В. В., Коваленко В. С.** Проектирование карьеров. — М.: Высш. шк., 2009.
17. **Томаков П. И., Манкевич В. В.** Открытая разработка угольных и рудных месторождений. — М.: МГТУ, 1995.
18. **Федотенко В. С., Макшеев В. П., Ненашев А. С.** Обоснование периода перехода к разработке вскрышных пород высокими уступами при транспортной технологии // Вестн. КГТУ. — 2012. — № 3.
29. **Федотенко В. С.** Выбор комплексов горного и транспортного оборудования для отработки высокоуступного уступа // Вестн. КГТУ. — 2012. — № 2.
20. **Хохряков В. С.** Оценка эффективности инвестиционных проектов открытых горных разработок / Уральская ГГГА. — Екатеринбург, 1996.
21. **Яковлев В. Л., Саканцев М. Г., Саканцев Г. Г.** Границы карьеров при проектировании разработки сложноструктурных месторождений. — Екатеринбург, 2009.

Поступила в редакцию 11/III 2015