© С.А. Ермаков, Д.В. Хосоев, 2008

УДК 622.333.023.23(571.56)

С.А. Ермаков, Д.В. Хосоев

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМБАЙНОВ КСМ-2000Р ПРИ БЕЗВЗРЫВНОЙ ВЫЕМКЕ ГОРНЫХ ПОРОД И УГЛЕЙ ЭЛЬГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С УЧЕТОМ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО РАЗУПРОЧНЕНИЯ

Семинар № 14

Эльгинское каменноугольное месторождение благодаря огромным запасам полезного ископаемого и высокой его ценности на настоящий момент является чрезвычайно перспективным месторождением для Дальневосточного региона.

Промышленная угленосность связана с отложениями нерюнгриканской и ундытканской свит. Суммарная мощность угленосной толщи составляет около 200 м. Рабочую мощность имеют 22 угольных пласта, из них пять мощных со средней толщиной от 5 до 10 м. Эти пласты содержат около 90 % общих запасов угля месторождения. Большинство пластов имеют сложное строение, пологое залегание (2-5 град). Пласты включают от 1-2 до 10-12 породных прослоев, представленных углистыми алевролитами и углистыми аргиллитами, алевролитами, песчаниками мелкозернистыми, реже среднезернистыми. Кровля и почва угольных пластов сложена алевролитами, песчаниками мелко и среднезернистыми, редко углистыми породами.

Вскрышные породы делятся на два типа: рыхлые четвертичные отложения и коренные, отнесенные к полускальным средней крепости (табл. 1).

Перспективным в плане селективной разработки месторождения является применение поточной технологии на базе роторно-конвейерных комплексов и погрузочно-выемочных машин типа КСМ-2000Р.

Новая машина имеет широкозахватный рабочий орган, расположенный в передней ее части, и обеспечивает выемку горных пород с коэффициентом крепости от 2 до 8 по Протодьяконову без предварительной буровзрывной подготовки горного массива. Номинальная производительность машины КСМ-2000Р составляет 2000 м^3/ч в рыхлой массе (1400 м^3/ч в плотной массе). Отработку уступа осуществляют по послойно-полосовой технологии.

Основными преимуществами карьерных комбайнов типа КСМ-2000Р являются относительно высокие усилия резания в 5-6 раз выше, чем у роторного экскаватора [1], широкий диапазон мощности обрабатываемого пласта (от нескольких сантиметров до 2,9 м); отсутствие вспомогательного оборудования; возможность самостоятельной проходки съездов; хорошая маневренность, вплоть до разворота на месте. При одной и той же расчетной производительности масса машины КСМ меньше массы экскаватора ЭКГ-20 в два раза.

Таблица 1

Показатели физико-механических и деформационных свойств коренных пород Эльгинского месторождения

Породы	% участия пород в разрезе	Прочность на сжатие $\sigma_{сж}$-МПа	Прочность на растяж. $\sigma_{р.}$-МПа	Коэффиц. хрупкости	Коэффиц. крепости
Ундытканская свита					
Конгломераты	5,6	41,8	8,0	4,6	2-10
Гравелиты	2,0	60,3	8,4	8,6	5-9
Песчаники кз	18,4	66,6	8,5	6,5	3-9
Песчаники сз	30,9	75,7	9,1	8,9	3-13
Песчаники мз	20,8	77,9	9,1	9,7	4-13
Алевролиты	11,5	60,2	6,7	10,0	1-13
Угли	10,8	5,5	0,6	9,0	0-1
Нерюнгриканская свита					
Песчаники кз	10,3	45,1	6,7	6,5	3-8
Песчаники сз	18,9	59,6	7,7	8,9	3-11
Песчаники мз	26,4	72,1	7,4	9,7	3-13
Алевролиты	24,8	49,3	5,3	9,3	3-8
Угли	19,6	3,8	0,3	12,6	0-1

Таблица 2

Результаты расчетов силовых показателей работы КСМ-2000Р на коренных породах Эльгинского месторождения

Наименование пород	Удельная энергоемкость, H_w, кВт ч/м^3	Удельное сопротивление пород копанию, K_f, МПа	% участия пород в разрезе (с учетом подсчетных пластов)	Производительность, $Q_э$, м^3/ч (в плотной массе)
Ундытканская свита				
Конгломераты	2,73	8,9	5,6	420
Гравелиты	1,91	6,21	2,0	600
Песчаники кр. зерн.	2,38	7,78	18,4	480
Песчаники ср. зерн.	2,48	8,13	30,9	460
Песчаники м. зерн.	2,34	7,62	20,8	490
Алевролиты	1,61	5,23	11,5	710
Угли	0,29	2,7	10,8	1400
Нерюнгриканская свита				
Песчаники кр. зерн.	1,88	6,11	10,3	610
Песчаники ср. зерн.	1,81	5,91	18,9	630
Песчаники м. зерн.	2,11	6,91	26,4	540
Алевролиты	1,35	4,35	24,8	850
Угли	0,15	1,85	19,6	1400

В период времени с момента пуска в эксплуатацию КСМ-2000Р исследовались энергосиловые характеристики рабочего процесса, устанавливались технологические возможности и эксплуатационные показатели этого комбайна, обеспечиваемые в изменяющихся

горно-геологических условиях при безвзрывной экскавации пород, характеризуемых пределом прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж}$ от 25 МПа до 120 МПа. [2].

Установленные закономерности, характеризующий рабочий процесс [3] КСМ-2000Р, позволяют с высокой степенью надежности прогнозировать ожидаемые эксплутационные показатели этих машин в конкретных горно-геологических условиях.

Так, установленные взаимосвязи удельной энергоемкости рабочего процесса H_w и прочностных свойств отрабатываемых горных пород, позволяют на основе данных геологических условий месторождения, намечаемого к отработке, определить рациональные энергосиловые и массогабаритные параметры машины типа КСМ.

По существующей методике [2] для данных комбайнов произведем расчет основных показателей рабочего процесса КСМ-2000Р на коренных породах Эльгинского месторождения, например на конгломератах:

По формуле находим удельную энергоемкость H_w.

$$H_w = \frac{21}{K_{хр}^2} + \frac{0,03\delta_{сж}^{1,5}}{K_{хр}}, \text{ кВт. ч/м}^3,$$

где $K_{хр}$ – коэффициент хрупкости, $\sigma_{сж}$ – прочность на сжатие.

$$H_w = \frac{21}{4,6^2} + \frac{0,03 \times 41,8^{1,5}}{4,6} = .$$

$$= 2,73 \frac{кВт. \cdot ч}{м^3}.$$

По методике для данных машин находим техническую производительность $Q_э$, по формуле:

$$Q_э = \frac{N}{H_w},$$

где N – номинальная мощность привода машины, равная 1146 кВт; H_w – удельная энергоемкость кВт ч/м^3.

$$Q_э = \frac{1146}{2,73} = 420 \text{ м}^3\text{/ч}$$ (по конгломератам).

Результаты расчетов по вскрышным породам показаны в табл. 2.

Проведенный анализ результатов по силовым показателям работы КСМ-2000Р на коренных породах Эльгинского месторождения показал, что удельная энергоемкость копания H_w по данным породам составила от 1,35 – 2,74 кВт ч/м^3. Удельное усилие копания K_f изменяется в пределах 4,35 – 8,9 МПа, что соответствует средневзвешенной крепости пород по отрабатываемому слою $f_{ср}$= =4,9-10 по шкале проф. М.М. Протодьяконова. Такие большие показатели объясняются тем, что при раз-работке машиной КСМ-2000Р, на-пример конгломератов, коэффици-ент хрупкости последних составил 4,6. Уменьшение данного коэффи-циента приводит к увеличению удельной энергоемкости процесса резания и наоборот, чем выше хруп-кость материала, характеризуемая отношением пределов прочности пород на сжатие и растяжение, тем эффективнее процесс экскавации.

Анализ также показал, что вскрышные породы данного месторождения являются весьма крепкими, производительность машины по ним колеблется в пределах 420 м^3/ч по конгломератам и до 850 м^3/ч по алевролитам (в среднем 630 м^3/ч), что меньше расчетной технической производительности КСМ-2000Р в плотной массе, равной 1400 м^3/ч. Средняя производительность машины

по вскрышным породам составила примерно 50 % от паспортной.

Существенно повысить производительность горных работ на Эльгинском месторождении можно за счет применения метода безвзрывного физико-химического разупрочнения горных пород путем опережающей обработки горного массива водными растворами поверхностно - активных веществ (ПАВ). Растворы ПАВ за счет механизма адсорбции интенсивно попадают в трещины и на контакты минеральных зерен, снижая поверхностную энергию горных пород. Многочисленные исследования [3, 4, 5, 6] показывают, что за счет данного эффекта существенно изменяется весь комплекс механических характеристик и состояние горных пород.

В настоящее время этот метод применяется в эксплутационных условиях Кузнецкого угольного бассейна и готов для промышленного внедрения.

Этот метод в зависимости от физико-механических свойств и строения горных пород обеспечивает снижение их прочности на 25-50 % и позволяет для пород средней крепости вообще отказаться от взрывной подготовки горного массива [7].

Методы физико-химического разупрочнения породно-угольных массивов прошли успешную апробацию на разрезе "Талдинский" в 1994-1996 гг. (табл. 3).

Для этого горный массив обуривался заливочными скважинами глубиной до 1,0 м, диаметром 160 мм. Сетка скважин была близка к 1,3×1,3 м. Заливочные скважины безнапорно заполнялись водным раствором ПАВ с помощью автоцистерны из расчета 3 гр. ПАВ (в сухом веществе) на 1 м^3 горной массы экспериментального блока. Расход воды составлял в среднем 5 л на 1 м^3 горной массы.

В течение 2-х суток после первичной заливки скважин происходил процесс пропитки горного массива. Затем зона экспериментального блока отрабатывалась, КСМ-2000Р. В результате существенно сократился выход крупнокускового материала, значительно (в среднем на 23 %) уменьшилась энергоемкость процесса экскавации.

Опыт применения водных растворов ПАВ показал, что простота, безопасность, относительная дешевизна и полная экологическая чистота позволяют прогнозировать широкую перспективу их освоения в практике открытой угледобычи.

Даже относительно небольшое присутствие водных растворов в массиве крепких горных пород существенно сокращает износ режущего инструмента. Учитывая стоимость последнего, затраты на опережающую физико-химическую обработку горного массива представляются оправданными.

По анализу данных табл. 3, после обработки данных пород ПАВ, $\sigma_{сж}$ снизилась на 30-50%, а $\sigma_р$ уменьшилась примерно на 50% по всем породам. Предположительно, после обработки аналогичных пород Эльгинского месторождения (песчаник мелкозернистый) методом опережающего разупрочнения ПАВ $\sigma_{сж}$ последних снизится на 30 %, а $\sigma_р$ на 50 %.

По вышеприведенным формулам выполнен расчет коэффициента хрупкости, удельной энергоемкости и соответственно производительности машины по этим породам, например, по песчаникам мелкозернистым.

1). $K_{хр} = \frac{55,5}{5,7} = 10,5$;

Таблица 3

Влияние физико-химической обработки горного массива на выход крупнокускового материала

Наименование пород	Предел прочности пород, МПа			
	Контрольный блок		После обработки раствором ПАВ	
	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{р.}$	$\sigma_{сж.}$	$\sigma_{р.}$
Аргиллит известковистый сидеритизированный	47	4,8	32	2,6
	55	4,9	43	2,9
	73	6,2	56	4,1
	90	8,0	70	5,0
Песчаник мелкозернистый	67	6,9	45	4,3
	93	8,9	60	5,5

Таблица 4

Влияние физико-химической обработки горного массива Эльгинского месторождения на прочностные показатели

Породы	Прочность на сжатие $\sigma_{сж}$-МПа после обр. ПАВ	Прочность на растяж. $\sigma_р$-МПа после обр. ПАВ	Коэффиц. хрупкости $K_{хр}$	Удельная энергоемкость H_w, кВт ч/м^3	Производительность, $Q_э$, м^3
Ундытканская свита					
Конгломераты	32	5	6,4	1,35	850
Гравелиты	46,3	5,25	8,8	1,34	855
Песчаники кз	51	5,3	9,6	1,35	850
Песчаники сз	58,2	5,7	10,2	1,5	765
Песчаники мз	60	5,7	10,5	1,52	755
Алевролиты	46,3	4,2	11	1,02	1125
Нерюнгриканская свита					
Песчаники кз	34,6	4,2	8,2	1,05	1090
Песчаники сз	45,8	4,8	9,5	1,2	955
Песчаники мз	55,5	4,6	12	1,18	970
Алевролиты	37,9	3,3	11,5	0,76	1510

2). $H_w = \frac{21}{10,5^2} + \frac{0,03 \times 32}{10,5} = 1,52 \frac{кВт \cdot ч}{м^3}$;

3) $Q_э = \frac{1146}{1,52} = 755 \frac{м^3}{ч}$;

Полученные результаты расчетов приведены в табл. 4.

Произведенные расчеты показали, что за счет применения безвзрывной опережающей обработки массива водными растворами поверхностно-активных веществ, можно существенно повысить эффективность применения КСМ на Эльгинском месторождении. По песчаникам (мелкозернистым, среднезернистым и крупнозернистым) которые занимают основную долю (около 70 %), в коренных породах Эльгинского месторождения, производительность машины по расчетам составит от 460 до 630 м^3/ч. При условии применения ПАВ производительность КСМ-2000Р по песчаникам может возрасти от 750 до 1100 м^3/ч (80 % паспортной).

Производительность КСМ-2000Р по углям Эльгинского месторождения с учетом их прочностных характеристик

(табл. 1) и усилия резания машины будет обеспечена в паспортных пределах (1400 м^3/ч).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мировая* горная промышленность. История. Достижения. Производство/ М.Н.Т.Ц.- М.: "Горное дело", 2005.-520 с.

2. *Краснянский Г.Л, Штейнцайг Р.М, Рудольф В., Коваленко С.К.* Опыт создания и перспективы освоение в горнодобывающей промышленности машин нового поколения КСМ-2000РМ // Уголь. - 1998. - № 4 - С. 17.

3. *Норов Ю.Д., Мардонов У.М., Тошев О.Э.* Изучение влияния водных растворов ПАВ на изменение прочности горного массива // Горный журнал. – 2005. - № 3. - С. 15.

4. *Латышев О.Г., Жилин А.С., Осипов И.С., Сынбулатов В.В.* Выбор поверхностно-активной среды для управления свойствами пород в горной технологии // Горный журнал. - 2004. - № 6. – С. 117.

5. *Латышев О.Г., Иванов С.С., Суворов Б.И.* Влияние поверхностно-активных веществ на физические свойства горных пород // Горный журнал .– 1985. - № 12. - С. 15.

6. *Протасов Ю.И.* Разрушение горных пород. – Москва: Изд-во МГУ, 2001.

7. *Алешин Б.Г., Коваленко С.К., Виницкий К.Е., Шендеров А.И., Штейнцайг Р.М.* Конструктивно-технологические особенности и перспективы применения машин типа КСМ на разрезах России // Горный вестник. – 1996. - № 4. - С. 14. ГИАБ

Коротко об авторах

Ермаков С.А. – кандидат технических наук, зав. лабораторией открытых горных работ, Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск,
Хосоев Д.В. – ведущий инженер, лаборатория открытых горных работ, Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 14 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.С. Коваленко.*

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ			
КАЛИНИН Игорь	Оценка структурно-тектонического строения оползневых откосов угольных разре-	25.00.16	к.т.н.

Владимирович	зов с применением электрической томографии (на примере Лучегорского буроугольного разреза)		