

УДК 622.013.158.62.003.2

В.И. Кучер, А.С. Гребенкина

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ВЫЕМКИ ТОНКИХ КРУТЫХ ПЛАСТОВ ДОНБАССА

Наведено методу методу комплексної оцінки очисних робіт на крутих вугільних пластах. Надані рекомендації і зроблено висновок про те, що стабілізація та відродження ефективного видобутку вугілля у Центральному районі Донбасу (ЦРД) можливі на основі впровадження сучасних технологій, заснованих на ексклюзивній механізації технологічних процесів, запропонованих авторами роботи.

Приведена методика комплексной оценки очистных работ на крутых угольных пластах. Даны рекомендации и сделан вывод о том, что стабилизация и возрождение эффективной добычи угля в Центральном районе Донбасса (ЦРД) возможны на основе внедрения современных технологий, основанных на эксклюзивной механизации технологических процессов, предложенных авторами работы.

The technique of a complex estimation of clearing works on abrupt coal layers is resulted. Recommendations are given and the conclusion that stabilization and revival of an effective coal mining in the Central area of Donbass (CAD) are possible on the basis of introduction of the modern technologies based on exclusive mechanization of technological processes, offered by authors of work is made.

В настоящей работе сделана попытка обобщения опыта механизированной отработки крутых пластов с учётом известных технологических и геомеханических процессов горных работ, происходящих при выемке тонкого крутого угольного пласта. Оценка эффективности ведения очистных работ обоснованно базируется на обобщении опыта выемки крутых пластов отбойными молотками по разным вариантам технологических схем.

Известно, что 95-98% техногенных аварий и осложнений происходит в кутках потолкоуступов очистных забоев.

Негативные последствия для выемки угля в них заключаются в следующем:

-глобальное неравномерное (хаотичное) распределение опорного давления и напряжений в пласте и боковых породах по длине очистного забоя;

-незначительная зона безопасной глубины выемки в кутке уступа при малой зоне естественной разгрузки пласта в нем создает выбросоопасные ситуации при выемке угля;

- низкая степень естественной дегазации краевой части пласта из-за его заземления и, как следствие, низкая газопроницаемость и газоотдача не способствуют разгрузке краевой части пласта;

- высокие градиенты напряжений и давления газа вблизи кутка повышают опасности и способствуют возникновению газодинамических явлений;

- неравномерная зона и неудовлетворительные условия для естественного отжима краевой части пласта, масштабное влияние наклонных составляющих гравитационных сил тяжести угольного массива в окрестности кутка уступа;

- опасность инициирования ГДЯ, в том числе обрушений (высыпаний) и внезапных выбросов угля в кутке уступа;

- сложность крепления нависающего массива в кутке уступа и необходимость работ по перекреплению призабойного пространства на сопряжениях уступов;

- сложность проветривания кутков уступов;

- нетехнологичность очистных работ в потолкоуступах из-за нарушения размеров паспортной растяжки в них;

- опасность при переходе зон с тектонически нарушенным (препарированным) углем, выбросоопасных зон и зон ПГД.

Указанные опасные и нетехнологичные факторы для кутков потолкоуступов, на основе геофизического мониторинга их отрицательных качеств, свидетельствуют, безусловно, в пользу отказа от потолкоуступов и перехода к технологии горных работ с полипочвоуступами, которые предусматривают выемку угля отбойными молотками в нескольких почвоуступных забоях одновременно.

Полипочвоуступы альтернативно исключают или нейтрализуют отрицательные факторы, имеющиеся в кутках потолкоуступов, а при разработке технологических схем в виде "Руководящих документов" (РД) в перспективе могут дать возможность увеличения добычи угля в рассматриваемых горнотехнических условиях примерно в два раза без применения новой очистной техники.

В связи с рассмотренным назрела необходимость *качественной и количественной оценки технологии и техники очистных работ в соответствии с современными знаниями о них и об указанных осложнениях.*

Ниже приводится предложенная авторами методика комплексной оценки технологии очистных работ на крутых пластах.

На глубоких шахтах Центрального района Донбасса (ЦРД) разработка крутых пластов осложнена тем, что в 80-85% случаев они имеют неустойчивые боковые породы, практически все выбросоопасные или угрожающие по выбросам угля и газа, в 90% случаев - склонны к обрушениям (высыпаниям), выдавливаниям, горным ударам и "стреляниям" угля; кроме этого, имеют место другие природные и техногенные осложнения.

Поэтому для таких глобально сложных условий *необходима обоснованная ориентация исследований в области совершенствования существующих и разработки новых технологий отработки крутых угольных пластов.*

Влияние природных и технологических факторов на эффективность очистных работ в рассматриваемых условиях в настоящее время изучено недостаточно. Число работ ограничено. Между тем, данный вопрос представляет не только научный интерес, но и имеет чисто практическое значение при выборе параметров технологии. В связи с этим, представляется чрезвычайно важным и перспективным изучение закономерностей влияния основополагающих факторов на эффективность ведения очистных работ. Нами предлагается методика исследования влияния этих факторов на выбор технологии очистных работ, базирующаяся на экспериментально-аналитическом методе.

В основу предлагаемой методики заложен учет следующих факторов: *экологии, безопасности горных работ и техники, технологичности очистной выемки, надежности технологии и техники, производительности техники и экономичности* всех процессов.

Кроме того, она реализует развитие идеи качественной ("плохо" ... "отлично" и др.) и количественной (цифры) оценок методами теории

квалиметрии с использованием американской системы «Поед» (исследователи Д.Р.Д. Уайт, Д.Л. Скотт, Р.Н. Шульц) [1], которая применяется для оценки различных систем вооружения, в том числе: атомных подводных лодок, систем космической навигации и противоракетной обороны.

На основе современных представлений о проблеме газодинамических явлений в шахтах, нами разработаны методические положения для расчета комплексной оценки известной, проектируемой и возможной технологии очистных работ на крутых выбросоопасных пластах (табл. 1). В принципе, эта оценка - комплексный показатель технического уровня технологий и техники.

Комплексная оценка i -ой компоновки очистных работ с учетом структурных блоков Э, Б, Т, Н, П и Э, отражающих варианты (элементы) $\varepsilon_1 \dots \varepsilon_6, \bar{b}_1 \dots \bar{b}_4, t_1 \dots t_5, n_1 \dots n_5, n_1 \dots n_4, \varepsilon'_1 \dots \varepsilon'_3$, определяется по выражению:

$$K_{oi} = \sum (\varepsilon \cdot \varepsilon_i + B \cdot \bar{b}_i + T \cdot t_i + H \cdot n_i + П \cdot n_i + \varepsilon' \cdot \varepsilon'_i),$$

где $\varepsilon \cdot \varepsilon_i, B \cdot \bar{b}_i, T \cdot t_i, \cdot n_i, П \cdot n_i, \varepsilon' \cdot \varepsilon'_i$ - произведения весовых коэффициентов блоков и весовых коэффициентов реструктуризированных элементов.

K_{oi} означает степень приближения фактической оценки анализируемой технологии (техники) к оптимальному значению, равному или большему 1,0.

Результаты расчета оценки K_{oi} и комплексной оценки надежности очистных работ H_{ti} по фактору "выбросоопасность" [2] для известных технологий приведены в табл. 2.

Таблица 1

Комплексная оценка K_{oi} технологии очистных работ на крутых пластах

Структурные блоки и реструктуризированные элементы для характеристики анализируемых технологий очистных работ	Качественная оценка	Коэффициент соответствия	Весовой коэффициент блока	Комплексная оценка K_{oi}
1	2	3	4	5

Э - ЭКОЛОГИЯ

$$\frac{0,25^*}{0,03}$$

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Э ₁ - при дистанционном управлении техникой и получении постоянной информации (звуковой, теле- или телемеханической и др.) о ходе технологических процессов	6**	1,25		<u>0,315</u> 0,0375
Э ₂ - при дистанционном управлении без непосредственного контакта с техногенными, природными и производственными вредностями	5	1,00		<u>0,25</u>
Э ₃ - без постоянного присутствия рабочих в очистном забое	4	0,80		<u>0,20</u> 0,024
Э ₄ - с периодическим присутствием рабочих в очистном забое	3	0,60		<u>0,15</u> 0,018
Э ₅ - постоянное присутствие рабочих при других технологических процессах	2	0,40		<u>0,10</u> 0,012
Э ₆ - постоянное присутствие рабочих при сопровождении очистного механизма по лаве	1	0,20		<u>0,05</u> 0,006
Б- БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАБОТ			<u>0,20</u> 0,40	
б ₁ - использование эффективных и недорогих инженерных решений и техники	6	1,25		<u>0,25</u> 0,50
б ₂ - использование технологии без специальных технических и технологических приемов для нейтрализации природных и техногенных осложнений	5	1,00		<u>0,20</u> 0,40
б ₃ - предотвращение техногенных осложнений (обрушения боковых пород и угля, переход зон повышенного горного давления, деформирование выработок и др.) методами эффективного управления горным давлением	4**	0,80		<u>0,16</u> 0,32
б ₄ - предотвращение природных осложнений отработки угольного пласта (выброс или обрушение угля, загазирование выработок, вероятность взрыва газа и пыли и др.	4	0,80		<u>0,16</u> 0,32
Т- ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКИ И ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ЕЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ			<u>0,18</u> 0,07	
t ₁ - процессы, максимально совмещенные при минимуме обслуживающего персонала и затрат, то есть единый в пространстве и времени технологический процесс	6	1,25		<u>0,225</u> 0,0875
t ₂ - процессы последовательные и вытекающие из окончания предыдущего технологического процесса при максимуме механизации или рационализации их	5	1,00		<u>0,18</u> 0,17
t ₃ - дискретные процессы с использованием хронометрированных оценок параметров технологии	4	0,80		<u>0,144</u> 0,056
t ₄ - процессы, не совмещающиеся в пространстве и времени и присутствующие выбранным инженерным решениям	3	0,60		<u>0,108</u> 0,042
t ₅ - наличие ручного труда	2	0,40		<u>0,072</u> 0,028

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
<i>H- НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ</i>			0,15	
			0,25	
<i>H₁</i> - все операции технологического цикла оптимизированы, практически безотказны, производительны, а техника долговечна в разумных пределах, то есть работает в рамках гарантийного срока	6	1,25		<u>0,185</u> 0,325
<i>H₂</i> - техника работает под дистанционным контролем с использованием телеметрии (звук, телевидение, телемеханика и др.)	5	1,00		<u>0,15</u> 0,25
<i>H₃</i> - технология "пилотна", то есть оперативно управляема, а техника для ее реализации под дистанционным контролем	4	0,80		<u>0,12</u> 0,20
<i>H₄</i> - очистные работы выполняются после обязательного нормативного контроля угольного массива, боковых пород,	3	0,60		<u>0,09</u> 0,15
<i>H₅</i> - имеются малонадежные элементы техники и технологии	2	0,40		<u>0,06</u> 0,10
<i>П- ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТЕХНИКИ И ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА</i>			0,12	
			0,15	
<i>n₁</i> - соответствует "мировым стандартам"	6**	1,25		<u>0,15</u> 0,185
<i>n₂</i> - соответствует Минтопэнерго	5	1,00		<u>0,12</u> 0,15
<i>n₃</i> - соответствует социальным нормам выработки	3	0,60		<u>0,072</u> 0,09
<i>n₄</i> - соответствует требованиям <i>n₁</i> и <i>n₂</i> , но достигается дорогостоящими средствами	2	0,40		<u>0,048</u> 0,06
<i>Э- ЭКОНОМИЧНОСТЬ</i>			0,10	
			0,03	
<i>Э₁</i> - себестоимость 1 т добычи угля по забою минимизирована; в принципе, соответствует минимуму затрат на обслуживание забоя и максимуму нагрузки на него с оптимальным качеством угля	6	1,25		<u>0,125</u> 0,0375
<i>Э₂</i> - затраты на добычу угля исключает специальные меры для нейтрализации техногенных и природных осложнений	5	1,00		<u>0,1</u> 0,03
<i>Э₃</i> - имеются обязательные технологические затраты на мероприятия по нейтрализации техногенных и природных осложнений	4	0,80		<u>0,08</u> 0,024

Продолжение таблицы 1

	1	2	3	4	5
Э ₃₁ - заблаговременные (предварительные) региональные профилактические работы		3	0,60		$\frac{0,06}{0,018}$
Э ₃₂ - локальные работы, выполняющиеся дискретно в пространстве и времени в очистном забое		2**	0,40		$\frac{0,04}{0,012}$

* Соответственно, в числителе - оптимистическая оценка по данным опроса "ученых - горных инженеров", а в знаменателе - пессимистическая оценка по данным опроса "профессионалов-практиков". Расчетный коэффициент конкордации составляет 0,61-0,73; получен после статистической обработки данных анкетного опроса экспертов (респондентов) и свидетельствует о неслучайном их согласии.

** Значения качественной оценки: 1 - плохо; 2 - неудовлетворительно; 3 - удовлетворительно; 4 - хорошо; 5 - отлично; 6 - превосходно

Мониторинг комплексных оценок, данных в табл. 2, показывает, что их минимум относится к п.п. 1, 2, 5, 7 ($Koi = 0,48-0,738$); а максимум - к п.п. 4, 6, 8 ($Koi = 0,889-0,92$).

Покажем работу предложенной методики на примере новой разработки ДонНИИ - агрегата АЩУ. Его оценки соответственно равны 0,61...0,638 и 0,64. Эти неудовлетворительные оценки технического уровня разработки свидетельствуют в пользу отказа от этого агрегата, поскольку технология и техника для ее реализации не соответствуют инженерным и технологическим требованиям для новой техники на современном этапе. К такому же выводу пришли авторы работы [6], проанализировав разработку агрегата АЩУ и дав ей отрицательную оценку, потому что процесс очистной выемки угля на опасных по выбросам и обрушениям угля пластах зависит от большого числа факторов, полный учет которых практически невозможен. Необходимо схематизировать процесс таким образом, чтобы наименьшим числом параметров охарактеризовать все существующие особенности технологий.

Опыт исследования перечисленных технологий (техники) показал, что они не свободны от недостатков из-за техногенных аварий и др. Почему? Да потому, что технологии неэффективны в этом смысле (см. колонку 4). Содержание информации в колонке 4 означает невероятность инициирования ГДЯ в соответствующих забоях при указанной применяемой технике.

Из анализа данных табл. 2 следует, что надежность при известных технологиях (техники) варьирует в пределах от 0,37-0,396 (ОМ, ККП-1, К-19) до 0,5-0,64 ("Темп", "Поиск", КГУ, АНЩ), то есть вероятность возникновения ГДЯ, в том числе выбросов угля и газа, в таких технологических схемах составляет величину 0,622-0,36 или, приблизительно, в среднем около 50%.

Таблица 2

Комплексная оценка K_{oi} и комплексная оценка H_{oi} по фактору "выбросоопасность" для очистных работ на крутых пластах

Структурные блоки и реструктуризированные элементы для характеристики анализируемых технологий очистных работ	Комплексная оценка K_{oi}	Комплексная оценка надежности H_{oi} очистных работ по фактору «выбросоопасность»	Экономические показатели		
			Инвестиции на научно-техническую продукцию *, тыс. грн.	Срок исполнения, мес.	Экономическая эффективность **, тыс. грн в год
Отбойные молотки в:					
- потолкоуступах	<u>0,48</u> 0,56	0,370	-	-	-
-полипчвоуступах	<u>0,626</u> 0,738	0,562	-	-	-
Очистной комбайн типа ККП-1, ККП-2, К-19, К-32,К-55	<u>0,558</u> 0,636	0,378-0,396	-	-	-
Очистной комбайн типа УКР, "Темп", "Комсомолец», «Поиск», КУ-410	<u>0,758</u> 0,760	0,500-0,560			
Очистной комбайн типа КПВ-1 (ДонНИИ) и индивидуальной металлической крепью	<u>0,889</u> 0,911	0,988	<u>350</u> 12	100	30,0
Агрегат типа АПВ, АЩУ (ДонНИИ)	<u>0,610</u> 0,638	0,640	<u>300</u> 12	70	42,0
Предложения д.т.н. Жукова В.Е. (ДонУГИ) [3, 4]	<u>0,920</u> 0,874	0,810	-	-	-
Агрегат щитовой типа ЩК-3, АЩ, АНЩ	<u>0,620</u> 0,632	0,640	-	-	-
Комплекс в составе крепи типа КГУ и очистного комбайна "Темп"	<u>0,900</u> 0,868	0,560	-	-	-
Предложение к.т.н. Тищенко В.А. (Донбасский ГМИ) [5]	<u>0,758</u> 0,648	0,650	-	-	-

* Расчётные затраты (инвестиции) на проектирование, подготовку и согласование нормативной документации (15-30% от суммы экономии за год) плюс затраты на изготовление и поставку оборудования на шахту. Цены договорные.

**Экономическая эффективность E_i подсчитывается как произведение соответственно разницы экономии в себестоимости 1 т угля (грн/т) ΔS_i на прирост добычи (т/сут) ΔA_i помноженные на количество дней работы забоя в год.

Таким образом, исходя из того, что известным технологиям (технике) присущи недостатки, не позволившие им приблизиться к идеальному результату, и учитывая, что надежность технологии очистных работ по фактору "выбросоопасность" составляет величину, в среднем равную 0,5 (подтверждена фактическими проявлениями выбросоопасности различной интенсивности в ЦРД), считаем, что целесообразными техническими решениями будут те, которые ближе к идеальным при существующем уровне надежности (например - 0,98-1,0). Такой подход означает вероятность возникновения выбросоопасных ситуаций и выбросов угля и газа в пределах 0,02-0,00. Они имеют вероятности возникновения газодинамических явлений (ГДЯ) равные 0,148-0,4. Это является основанием реструктуризации технологических элементов путем рационализации в сторону увеличения комплексных оценок K_{oi} и H_{oi} .

Список литературы

1. Азгальдов Г.Г., Райхман Г.Н. О квалиметрии. - М.: Изд-во стандартов, 1973. - 172 с.
2. Кучер В.И., Пушной П.И. Оценка надежности и пути совершенствования технологии очистных работ на крутых выбросоопасных пластах // Уголь Украины. - 1990.-№6.-С. 17-18.
3. Жуков В.Е. Об одной стратегической ошибке в разрешении проблемы разработки крутых пластов // Уголь Украины. - 2001. - № 7. - С. 13-15.
4. Жуков В.Е. Геомеханическая концепция разработки крутых пластов без противовыбросных мероприятий // Уголь Украины. - 2002. - № 8. - С. 29-32.
5. Тищенко В.А. Совершенствование технологии добычи угля на тонких крутых пластах // Уголь Украины. - 2002. - № 7. - С. 11-12.

Б.Лепихов А.Г., Уколов А.С. О технологии обработки тонких крутых пластов // Уголь Украины. -2004. - № 5. - С. 13-14.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Бондаренком 09.09.04