

ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШАХТЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ УГЛЯ

Артёмова Е.А.¹, Ворсина Е.В.¹, Москаленко Т.В.¹

¹Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской Академии Наук, Якутск, Россия (677018, ул. пр. Ленина, 43), e-mail: labkiy@mail.ru

Исследование проводилось на основании сформированной группы однородных технических показателей подземных горных работ, оказывающих влияние на качество (зольность) добываемого угля. В группу технических показателей вошли показатели, характеризующие параметры и условия работы применяемой на шахтах очистной техники, изменение которых носит относительно малозатратный характер как по времени внедрения, так и по средствам. На основании опроса экспертов горно-технологического профиля методом ранговой корреляции из сформированного набора показателей были выделены наиболее значимые: ширина захвата исполнительного органа комбайна и толщина стружки. Эти технические показатели шахт являются основой для установления комплексного показателя для определения уровня эффективности мероприятий по управлению качеством угля на шахте и для оценки эффективности технологии подземной добычи с точки зрения качества продукции.

Ключевые слова: управление качеством углей, зольность, показатели качества, метод экспертных оценок, ранжирование

ASSESSMENT OF SIGNIFICANCE THE TECHNICAL INDICATORS OF MINE TO ADDRESS MANAGEMENT ISSUES OF COAL QUALITY

Artemova E.A.¹, Vorsina E.V.¹, Moskalenko T.V.¹

¹Mining Institute of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (43 Lenin Av., Yakutsk, Russia 677018), e-mail: labkiy@mail.ru

The study was conducted on the basis of the formed group of similar technical parameters of underground mining, affecting the quality (ash content) of coal produced. In the group of technical indicators includes indicators characterizing parameters and operating conditions used in the mines of cleaning equipment, the change of which is relatively low-cost character, both in time of implementation, and means. Based on a survey of experts of mining and technological profile by rank correlation of the generated set of indicators were identified the most significant: width executive body of the combine and the chip thickness. These technical indicators mines are the basis for the establishment of a comprehensive indicator for determining the level of effectiveness of the quality management of coal at the mine and to assess the effectiveness of underground mining technology in terms of product quality.

Keywords: quality management of coal, ash content, quality indicators, the method of expert evaluations rankings.

Перед угольной промышленностью стоят две важнейшие проблемы. Первая — развитие комплексной механизации, позволяющей значительно снизить себестоимость и трудоемкость угледобычи, и вторая — повышение качества добываемого угля. Эти проблемы, особенно на тонких пластах, вступают в противоречие, так как механизация их добычи сопровождается, как правило, вынужденной присечкой вмещающих боковых пород и соответственно ростом зольности угля — одного из основных показателей качества. Рост зольности отрицательно влияет на основные показатели работы шахт и в первую очередь — на прибыль и рентабельность. Одновременно ухудшается качество продуктов обогащения и сокращается их выход, увеличиваются затраты на обогащение и транспортирование дополнительных объемов пустых пород.

Определение наиболее значимых технологических показателей методом экспертных оценок

В ходе работы нами была сформирована группа технических однородных показателей, в которых в качестве «критерия однородности» принято условие возможности изменения и корректировки показателей в процессе управления качеством углей [3]. В данную группу технических показателей были включены показатели, изменение которых носит относительно малозатратный характер как по времени внедрения, так и по средствам. Сюда в основном вошли показатели, связанные с параметрами применяемой на предприятии техники и условиями ее работы.

Цель исследования – установить наиболее значимые показатели в изучаемой группе технических показателей шахты для решения вопросов управления качеством угля.

Для выявления наиболее значимых показателей, влияющих на качество оценки технологии подземных горных работ и на качество (зольность) добываемого угля, использовался метод ранговой корреляции, предусматривающий ранжирование показателей по группам, обработку ранжирования. Выбор метода обусловлен тем, что ранжирование основывается на знаниях и опыте специалистов в данной области народного хозяйства и не предусматривает сбора статистической информации по всем выбранным для оценки показателям (и как следствие — значимых показателей) [1, 2].

На основании опросных анкет, форма которых приведена в таблице 1, была составлена матрица рангов (таблица 2), где строками являются ранги (оценки), данные специалистами (экспертами) определенному показателю.

Таблица 1

Экспертный опрос		
Ф.И.О. эксперта.....		
Место работы.....		
Должность..... Стаж работы.....		
Образование..... Ученая степень.....		
Технические показатели, применяемые для оценки влияния технологии подземных горных работ на качество (зольность) добываемого угля		
№ п/п	Показатели	Условное обозначение
1	Ширина захвата исполнительно органа комбайна	А1
2	Количество перегрузок угля	А2
3	Число одновременно работающих лав	А3
4	Производительность машин и механизмов	А4
5	Толщина стружки	А5
6	Максимальные рабочая и маневровая скорость подачи комбайна	А6
7	Длина участка зарубки (самозарубки) комбайна	А7
8	Вместимость транспортного сосуда (при цикличной	

	технологии) или ширина конвейерной ленты (для поточной технологии)	A8
--	--	----

На основании опроса группы специалистов была составлена матрица рангов (табл. 2) единичных показателей. Ввиду того что некоторые специалисты присвоили одинаковые ранги разным показателям, была построена преобразованная матрица рангов (табл. 3). В преобразованную матрицу рангов включались ранжировки, приведенные к нормальному виду, сумма рангов в одной ранжировке равна:

$$n \frac{(n+1)}{2} = 8 \frac{(8+1)}{2} = 36. \quad (1)$$

В таблице 3: t_j – число одинаковых рангов j -той строки ранжировки: $\sum_{j=1}^m q_{ji}$ – сумма рангов каждого показателя;

$$d_i = \sum_{j=1}^m q_{ji} - 0,5m(n + 1), \quad (2)$$

– центрованная величина рангов каждого показателя; m – число специалистов.

По данным преобразованной матрицы рангов была построена гистограмма ранжирования (рис. 1), из анализа которой следует, что разброс коэффициентов довольно высок, а это свидетельствует о различиях в оценках экспертов.

Поскольку более важный критерий имеет меньший ранг, то наиважнейшему критерию будет соответствовать минимальная сумма нормированных рангов, т. е. все специалисты (эксперты) оценили этот критерий относительно небольшим числом.

Таблица 2

Матрица рангов

Специалисты	Показатели							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1	1	2	3	5	1	6	4	7
2	1	3	2	7	2	6	4	5
3	2	8	1	7	1	6	5	4
4	1	3	3	4	2	5	4	6
5	1	2	3	5	3	5	4	6
6	1	2	3	6	1	4	5	7
7	3	3	3	4	2	2	1	3
8	1	3	5	6	2	8	4	7
9	1	2	2	3	1	6	4	5
10	1	3	2	5	3	6	4	6
11	2	4	4	5	1	5	5	3
12	1	2	2	3	1	4	3	4
13	2	6	3	5	1	3	4	7
14	1	3	4	6	2	7	5	8
15	1	2	5	6	1	4	3	7
16	3	1	5	6	2	8	4	7
17	1	2	3	4	1	4	2	3
18	1	3	4	6	2	7	5	8

19	1	2	3	5	1	6	4	7
20	1	3	4	5	2	6	5	7
21	1	2	3	5	1	6	4	7
22	2	3	4	6	1	8	5	7
23	2	4	1	6	3	6	5	7
24	1	2	4	5	1	6	3	7
25	1	3	3	4	2	6	4	5

Коэффициент конкордации W , показывающий степень совпадения мнений экспертов (причем $0 < W < 1$, где $W=0$ – отсутствие согласованности, $W=1$ – полная согласованность), вычислялся по формуле:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (n^2 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j} = \frac{19444}{\frac{1}{12} \cdot 25^2 \cdot (8^2 - 8) - 25 \cdot 22,5} \approx 0,7569 = 0,7 \quad (3)$$

где $S = \sum_{i=1}^n d_i^2$; $T_j = \frac{1}{12} \sum_{k=1}^z (t_j^3 - t_j)$; z – число групп одинаковых рангов в j -той ранжировке.

Оценка значимости коэффициента конкордации производилась по критерию согласия Пирсона:

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} m \cdot n (n+1) - \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^m T_j} = \frac{19444}{\frac{1}{12} \cdot 25 \cdot 8 \cdot (8+1) - \frac{1}{(8-1)} \cdot 22,5} = 136,1760 \quad (4)$$

Таблица 3

Преобразованная матрица рангов

Специалисты	Показатели								t_j	T_j
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
1	1,5	3	4	6	1,5	7	5	8	2	0,5
2	1	4	2,5	8	2,5	7	5	6	2	0,5
3	3	8	1,5	7	1,5	6	5	4	2	0,5
4	1	3,5	3,5	5,5	2	7	5,5	8	2+2	1
5	1	2	3,5	6,5	3,5	6,5	5	8	2+2	1
6	1,5	3	4	7	1,5	5	6	8	2	0,5
7	5,5	5,5	5,5	8	2,5	2,5	1	5,5	2+4	5,5
8	1	3	5	6	2	8	4	7	-	-
9	1,5	3,5	3,5	5	1,5	8	6	7	2+2	1
10	1	3,5	2	6	3,5	7,5	5	7,5	2+2	1
11	2	4,5	4,5	7	1	7	7	3	2+3	2,5
12	1,5	3,5	3,5	5,5	1,5	7,5	5,5	7,5	2+2+2+2	2
13	2	7	3,5	6	1	3,5	5	8	2	0,5
14	1	3	4	6	2	7	5	8	-	-
15	1,5	3	6	7	1,5	5	4	8	2	0,5
16	3	1	5	6	2	8	4	7	-	-
17	1,5	3,5	5,5	7,5	1,5	7,5	3,5	5,5	2+2+2+2	2
18	1	3	4	6	2	7	5	8	-	-
19	1,5	3	4	6	1,5	7	5	8	2	0,5
20	1	3	4	5,5	2	7	5,5	8	2	0,5
21	1,5	3	4	6	1,5	7	5	8	2	0,5
22	2	3	4	6	1	8	5	7	-	-
23	2	4	1	6,5	3	6,5	5	8	2	0,5
24	1,5	3	5	6	1,5	7	4	8	2	0,5
25	1	3,5	3,5	5,5	2	8	5,5	7	2+2	1
$\sum q_{ij}$	42	90	96,5	157,5	47	167,5	121,5	178	-	-
q_i	-70,5	-22,5	-16	45	-65,5	55	9	65,5	-	-
q_i^2	4970,25	506,25	256	2025	4290,25	3025	81	4290,25	-	-

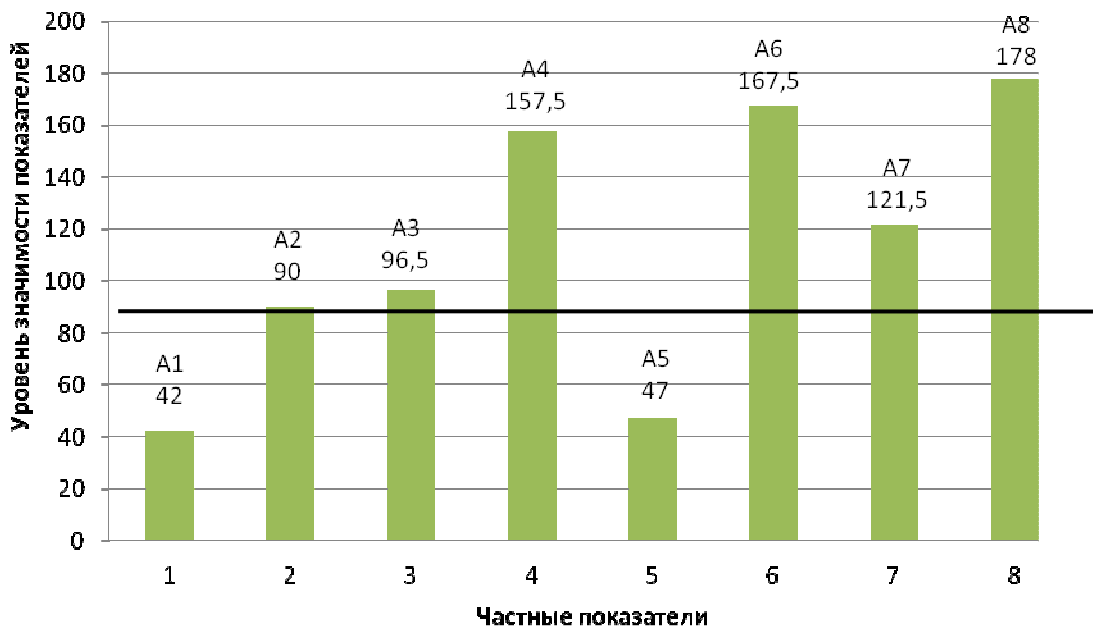


Рис. 1. Гистограмма ранжирования частных показателей для оценки влияния технологии подземных горных работ на качество (зольность) добываемого угля

Для данных, приведенных в таблице 3, расчетное значение $\chi^2 = 136,1760 > \chi^2_{\text{табл}} = 42,98$ (при $\nu = m - 1 = 24$ степенях свободы и уровне значимости (вероятности ошибочного отклонения выдвинутой гипотезы) $\alpha = 0,01$). Следовательно, с вероятностью $P = 0,99$ можно утверждать, что существует определенная согласованность специалистов ($W = 0,7$) относительно степени влияния предложенных показателей на качество (зольность) добываемого шахтой угля.

Расчет уровня значимости показателей производится по методу пропорциональных отношений. Число наиболее значимых показателей (h) равно числу слагаемых числителя пропорционального отношения:

$$\frac{\sum_{i=1}^h V_i}{\sum_{k=h+1}^n V_k} \geq 1, \quad (5)$$

где $V_i = K_n - K_i$; $V_k = K_n - K_k$ — веса i -го и k -го показателя; K_n, K_i, K_k — суммы рангов n -го, k -го и i -го показателей.

Уровень значимости показателей определяется по формулам:

$$K = \begin{cases} K_h & \text{при } \Delta\{K\}_1 > \Delta\{K\}_2 \\ K_i + \frac{K_n - K_i}{n} & \text{при } \Delta\{K\}_1 < \Delta\{K\}_2 \end{cases}, \quad (6)$$

где $\Delta\{K\}_1 = \frac{K_h - K_i}{n}$ — среднее значение размаха распределения сумм рангов;

$\Delta\{K\}_2 = \frac{K_n - K_{n+1}}{n - h}$ — среднее значение размаха распределения несущественных показателей.

При $h = 2$ и $n = 8$

$$\Delta\{K\}_1 = \frac{47 - 42}{2} = 2,5; \quad \Delta\{K\}_2 = \frac{178 - 90}{8 - 2} = 14,66$$

$$K_h = 47; K_n = 178$$

Отсюда следует, что $K_{зн} = 42 + \frac{178 \cdot 2}{8} = 86,5$, т.е. к наиболее значимым показателям относятся те, уровень которых $K \leq 86,5$.

Таким образом, наиболее значимыми показателями группы технических факторов, влияющих на качество (зольность) добываемого угля подземным способом, являются показатель А1 — ширина захвата исполнительного органа комбайна и А5 — толщина стружки.

Известным, но до сих пор недостаточно изученным направлением улучшения качества угля является снижение его зольности непосредственно в процессе добычи. Производственный опыт показывает, что формирование и изменение качественных показателей добываемых углей зависят от многих технических показателей и происходят по всему технологическому циклу его выемки, транспортирования и переработки.

Заключение

В результате исследования установлено, что в группе технических показателей работы подземных угледобывающих предприятий наибольшее влияние на качество (зольность) добываемого угля оказывают ширина захвата исполнительного органа комбайна и толщина стружка.

Весь объем подземной добычи угля в настоящее время ориентирован на использование очистных механизированных комплексов, в которых очистной комбайн — это машина, отделяющая механическим путем уголь от массива пласта, дробящая его до кусков транспортабельного размера и наваливающая уголь на забойный конвейер. Очистные комбайны делятся на широкозахватные (ширина захвата исполнительного органа более 1,0 м) и узкозахватные (ширина захвата исполнительного органа менее 1,0 м). В настоящее время применяются в основном узкозахватные комбайны, которые в свою очередь имеют стандартный ряд ширины захвата: 0,5 м; 0,63 м; 0,7 м; 0,8 м.

От того, насколько правильно определены параметры шнека и соответствуют ли они условиям эксплуатации, зависит эффективность функционирования комбайна в целом. Ширина стружки и ширина захвата исполнительного органа комбайна характеризуют выемочную полосу полезного ископаемого. Уменьшение толщины стружки, как и уменьшение ширины захвата исполнительного органа комбайна, ведет к уменьшению присечек боковых пород и почвы, а, следовательно, непосредственно к повышению качества добываемого угля.

Эти показатели в технической группе будут применены для оценки эффективности технологии подземной добычи при решении вопросов управления качеством угля по единичным показателям согласно методике [4, 5]. Совокупность наиболее значимых

единичных показателей будет использована в составе комплексного показателя для определения уровня эффективности мероприятий по управлению качеством угля на шахте.

Список литературы

1. Артёмова Е.А., Ворсина Е.В., Москаленко Т.В. Выбор показателей для оценки влияния технологии подземных горных работ на качество (зольность) добываемого угля в условиях Севера // Современные проблемы науки и образования. – 2015. — № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18352> (дата обращения: 23.04.2015).
2. Квагинидзе В.С., Ворсина Е.В. Выбор показателей для оценки эффективности технологии добычи угля на малых разрезах Севера // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: – 2005. – № 4. – С. 133–139.
3. Москаленко Т.В., Ворсина Е.В., Артёмова Е.А. Формирование групп однородных показателей для решения вопросов управления качеством углей // Экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли – формирование нового мировоззрения в освоении природных ресурсов. – Апатиты: 2014. – Т. 1. – С. 124–127.
4. Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г., Лактионов Б.И. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. Изд. 2-е, доп. – М.: Высшая школа, 2006. – 800 с.
5. Солод Г.И., Радкевич Я.М. Управление качеством горных машин – М.: МГИ, 1978. – 94 с.

Рецензенты:

Гриб Н.Н., д.т.н., профессор, заместитель директора по науке, заведующий кафедрой «Горное дело». Технический Институт (филиал) ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный Федеральный Университет имени М.К. Аммосова», г. Нерюнгри;

Субботин Ю.В., д.т.н., профессор кафедры ОГР, Забайкальский государственный университет, г. Чита.