

Погрешность контроля зольности угля в нестабильном потоке

Глузман В.И., Кеба Р.А., Пиленков О.Г. (ООО «Информативные технологии и системы»),
Шафигулин Т.М. (ОАО «Павлоградуголь»)

Базовая погрешность испытаний при определении зольности угля в потоке – величина, заданная в ДСТУ 4096-2002 [1]. Рассчитаем ее значение, если отбор проб проводится из нестабильного потока угля – потока с изменяющейся производительностью, и определим условия, при которых она равна базовой. Значение зольности объединенной пробы должно соответствовать средней зольности угля, рассчитанной по формуле:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (1)$$

где A_i , P_i – зольность и вес точечных проб соответственно.

Средняя квадратическая погрешность определения средней зольности угля $S_{\bar{A}}$ равна

$$S_{\bar{A}} = \left[S_A^2 \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \bar{A}}{\partial A_i} \right)^2 + S_P^2 \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \bar{A}}{\partial P_i} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

где примем:

$S_{A_1} = S_{A_2} = \dots = S_{A_n} = S_A$ – средние квадратические колебания зольности точечных проб угля;

$S_{P_1} = S_{P_2} = \dots = S_{P_n} = S_P$ – средние квадратические колебания веса точечных проб угля.

Суммы квадратов частных производных в выражении (2) равны:

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \bar{A}}{\partial A_i} \right)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i)^2}{\left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2}, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial \bar{A}}{\partial P_i} \right)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{\left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2}. \quad (4)$$

Подставим выражения (3), (4) в (2) и, с учётом формул расчёта средних квадратических отклонений параметров:

$$S_A^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{n-1} = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n A_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n A_i \right)^2}{n} \right], \quad (5)$$

$$S_P^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n P_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2}{n} \right], \quad (6)$$

получим

$$S_{\bar{A}} = \left[\frac{2(n-1)}{\left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2} S_A^2 S_P^2 + \frac{S_A^2}{n} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (7)$$

В настоящих условиях поставок угля актуально решение задачи опробования одного железнодорожного вагона. Рассмотрим пример решения такой задачи в реальных условиях. Загружается вагон со средней зольностью $\bar{A} = 30\%$, весом 70 т в течение 10 минут. Интервал времени, через который отбираются точечные пробы, составляет 1 мин., т.е. количество точечных проб, отбираемых в объединенную пробу, $n = 10$ (требуемое количество по ДСТУ 4096-2002 – 8 точечных проб). Если производительность конвейера колеблется в пределах (420 ± 300) т/ч, а средняя масса отбираемой точечной пробы равна $\bar{P} = 0,02$ т, то доверительный интервал, в пределах которого находятся значения веса точечных проб, составляет

$$\Delta P = t_{m,\alpha} S_P = \pm 0,014 \text{ т}, \quad (8)$$

где $t_{m,\alpha}$ - коэффициент Стьюдента для числа степеней свободы $m = n-1$ и вероятности α .

При $n=10$; $\alpha=0,95$ $t_{m,\alpha} = 2,262$ и из выражения (8) получим $S_P = 0,006$ т. Вес объединенной пробы

$$\sum_{i=1}^n P_i \approx n \bar{P} = 0,2 \text{ (т)}. \quad (9)$$

Среднее квадратическое отклонение зольности точечных проб (неоднородность угля) равно [1]:

$$S_A = 0,133 \bar{A} + 0,51 = 4,5 \text{ (}\%). \quad (10)$$

Средняя квадратическая погрешность зольности объединенной пробы, рассчитанная по формуле (7), составит

$$S_{\bar{A}} = 1,5 \text{ \%}, \quad (11)$$

а доверительные границы погрешности определения зольности угля в вагоне

$$\Delta \bar{A} = t_{m,\alpha} S_{\bar{A}} = 3,4 \text{ (}\%). \quad (12)$$

Оценим число точечных проб для достижения базовой погрешности определения зольности угля, равной 2 %. Зададимся значением $t_{m,\alpha} = 2$, т.е. $S_{\bar{A}} = 1\%$, тогда, решая уравнение (7) с учетом (9) относительно n , получим $n \approx 24$ пробы. Интервал времени, через который нужно

отбирать точечные пробы, составит 25 с, что, практически, нереально. Задача решается только в случае, когда средние квадратические отклонения зольности точечных проб $S_A \leq 2,9 \%$, что, очевидно, требует предварительного тщательного перемешивания угля.

Контроль отгружаемого угля требует достижения необходимой точности контроля в потоке, когда условия загрузки не обеспечивают стабильность потока. В отличие от механического опробования инструментальный метод контроля зольности и количества угля в потоке дает такую точность. В данном случае контроль зольности без учета количества угля лишен смысла.

На шахтах ОАО «Павлоградуголь» работают комплексы мониторинга качества угля МКУ, являющиеся информационными системами, определяющими не только текущие ежеминутные значения зольности и веса угля, но и значения зольности и веса за час, смену, сутки по разным технологическим маршрутам, а также в промежуточных емкостях, складах (с учетом прихода и расхода), в каждом вагоне и в партиях вагонов по потребителям.

При определении зольности угля в вагоне комплексом МКУ контроль осуществляется непрерывно с усреднением сигналов датчиков зольности и веса за 1 минуту и вычислением соответствующих им значений параметров, которые используются для расчета показателей качества всех загружаемых объемов. При этом в указанном примере загрузки вагона $S_A = 1 \%$;

$S_p = 1$ т (погрешность контроля веса достигает 15 % отн.); $\sum P_i = 70$ т; $n = 10$. Подставляя эти значения в формулу (7), получим $S_{\bar{A}} = 0,3 \%$ и $\Delta \bar{A} = 0,7 \%$.

При сравнении результатов измерений зольности угля в одном железнодорожном вагоне двумя методами – отбором проб и инструментальным методом расхождение может находиться в интервале $\pm 3,5 \%$ и это расхождение объясняется объективными причинами, связанными с вышеприведенными статистическими выкладками.

Библиографический список

1. ДСТУ 4096-2002. Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний. - Киев: Редакційно-видавничий відділ УкрНДІССІ, 2002.
2. Рабинович С.Г. Погрешности измерений.- Л.: Энергия,1978.- 262 с.

Аннотация

Приведен расчет значения базовой погрешности определения зольности угля в нестабильном потоке. Рассмотрен пример реализации контроля при загрузке железнодорожного вагона методами отбора проб механическим пробоотборником и комплексом мониторинга качества угля МКУ. Определены условия достижения требуемой точности контроля.

Ключевые слова

Погрешность, зольность, уголь, контроль, поток, нестабильность, точечная проба, объединенная проба, инструментальный метод, мониторинг, сравнение методов.