

УДК 622.

**И.К. МЛАДЕЦКИЙ**, д-р техн. наук,

**И.П. КОВАЛЬ**

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

### ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА

Материальный баланс для предприятия весьма прост и сравнивает две величины: количество пришедшего на предприятие материала  $W_{BX}$  и количество покинувшего его в виде изделий  $W_{ВЫХ}$ . Обоганительное производство, как правило, мокрое и измерить расход твердого составляет значительные трудности. Из-за этого прибегают к определению качественных показателей, например, к содержанию ценного компонента.

Допустим, что на предприятие поступает ценный компонент в количестве  $W_{BX}\alpha_{II}$ , где  $W_{BX}, \alpha_{II}$  – валовое количество сырья и массовое содержание ценного компонента в нем. Количество выходных продуктов в обоганительной технологии как минимум два: обогащенный продукт с содержанием ценного компонента  $\beta_K$  в количестве  $W_K$  (концентрат) и обедненный продукт  $W_X, \nu_X$  (хвосты). Тогда баланс ценного компонента очевиден:

$$W_{BX}\alpha_{II} = W_K\beta_K + W_{XB}\nu_{XB}$$

Отношение  $\frac{W_K}{W_{BX}} = \gamma$  – выход продукта, а поскольку выходных величин

всего две, то  $\frac{W_X}{W_{BX}} = 1 - \gamma$  – выход второго продукта.

Обоганительные процессы имеют существенную долю случайной составляющей и поэтому величины  $W_{BX}, W_K, W_{XB}$  накапливаются за длительный промежуток времени. Касается это и величин  $\alpha_{II}, \beta_K, \nu_{XB}$ .

Согласно законам математической статистики, средние величины являются неслучайными характеристиками случайных величин. Следовательно, необходимо пользоваться усредненными показателями. Теперь весь вопрос сосредотачивается в том, каким образом проводить осреднение показателей?

На обоганительном предприятии, согласно технологическому регламенту, выполняются часовые опробования. В результате накапливаются показатели. Предположим, что по упомянутым основным показателям составлено три

## Загальні питання технології збагачення

случайных процесса, и которые – стационарны (таблица).

|                        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| N                      | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| $\alpha \cdot 10^{-1}$ | 30 | 31 | 28 | 34 | 30 | 38 | 30 | 40 | 42 | 30 | 30 | 35 | 32 | 30 | 30 |
| $\beta \cdot 10^{-1}$  | 42 | 47 | 48 | 47 | 46 | 44 | 42 | 42 | 43 | 45 | 47 | 46 | 47 | 45 | 42 |
| $\nu \cdot 10^{-1}$    | 16 | 18 | 16 | 15 | 13 | 12 | 12 | 12 | 13 | 17 | 16 | 15 | 12 | 13 | 15 |

Проведем вначале осреднение каждой величины за заданный промежуток времени, и далее будем вести осреднение методом скользящего среднего. Тогда выход продукта будет определен по осредненным данным:

$$\bar{\alpha}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=j}^{j+n} \alpha_i, \quad \bar{\beta}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=j}^{j+n} \beta_i, \quad \bar{\nu}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=j}^{j+n} \nu_i, \quad \gamma_j = \frac{\bar{\alpha}_j - \bar{\nu}_j}{\bar{\beta}_j - \bar{\nu}_j}, \quad n=1,2,\dots$$

При малых значениях  $n$  дисперсия выхода значительна и возникают случаи, когда выход больше единицы. Затем, с увеличением  $n$ , дисперсия снижается, значение выхода стабилизируется и при  $n \rightarrow \infty$  дисперсия стремится к 0, а выход – к единственному значению, которое вычисляется на основании параметров:

$$\bar{\alpha} = \int_0^{\infty} \alpha f(\alpha) d\alpha, \quad \bar{\beta} = \int_0^{\infty} \beta f(\beta) d\beta, \quad \bar{\nu} = \int_0^{\infty} \nu f(\nu) d\nu,$$

где  $f(\alpha), f(\beta), f(\nu)$  – дифференциальные функции распределения соответствующих величин.

Таким образом, истинное значение выхода продукта можно получить только за длительный промежуток времени (несколько дней) при условии стационарности процессов:  $\bar{\alpha} = const$ ,  $\bar{\beta} = const$ ,  $\bar{\nu} = const$ . Определение выхода по средним значениям дало значение  $\gamma = 0,645$ .

Если провести сначала вычисления выхода на основании мгновенных

значений показателей  $\gamma_i = \frac{\alpha_i - \nu_i}{\beta_i - \nu_i}$ , а затем уже потом проводить осреднение

$$\bar{\gamma}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=j}^{j+n} \gamma_i$$

выхода: то значение выхода  $\gamma = 0,6$ . Такое расхождение получено по той причине, что связь между выходом и показателями качества является нелинейной. Откуда следует, что в случае нелинейной функции, вычисления по средним значениям аргументов не дают среднего значения функции.

## Загальні питання технології збагачення

Необходимо вычислять мгновенные значения функции, а потом уже производить усреднение.

Рассмотрим процессы (см. таблицу) с позиций статистической динамики.

Случайный процесс практически полностью характеризуется корреляционными функциями. Для получения достоверной информации необходимо данные к расчету принимать в соответствии с временем эквивалентного запаздывания  $\tau_{XV}$ , которое соответствует наибольшему абсолютному значению взаимокорреляционной функции. Так для процессов  $\alpha_{II}, \beta_K$   $\tau_{\alpha\beta} = 5ч$ , а для  $\alpha_{II}, v_{XB}$   $\tau_{\alpha v} = 3ч$ . С учетом этого выход продукта вычисляется по соотношению

$$\gamma_i = \frac{\alpha_i - v_{i+n1}}{\beta_{i+n2} - v_{i+n1}}, \quad n_1 = \frac{\tau_{\alpha v}}{\Delta t}, \quad n_2 = \frac{\tau_{\alpha\beta}}{\Delta t}.$$

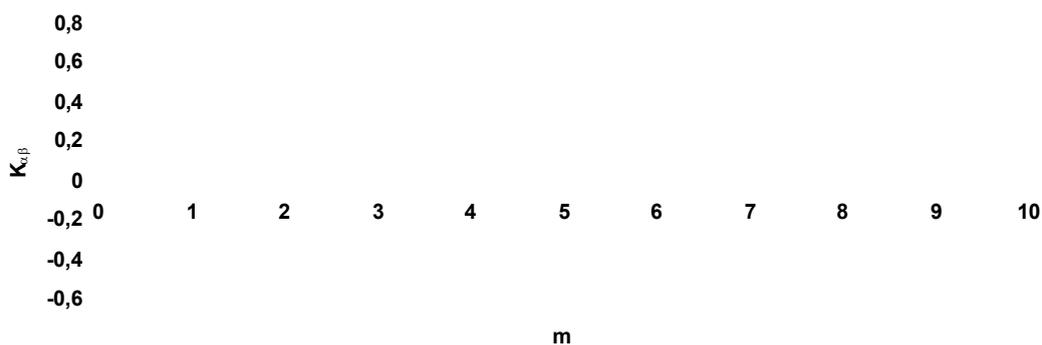
Как видим, к расчету принимаются мгновенные (часовые) наблюдения, но смещенные на периоды эквивалентного запаздывания.

Поскольку для технологии обогащения существует закон, что с увеличением  $\alpha_{II}$  увеличиваются и  $\beta_K$ , и  $v_{XB}$ , то корреляция между  $\alpha_{II}, v_{XB}$  и  $\alpha_{II}, \beta_K$ , положительная, что подтверждается и корреляционными функциями (рисунок).

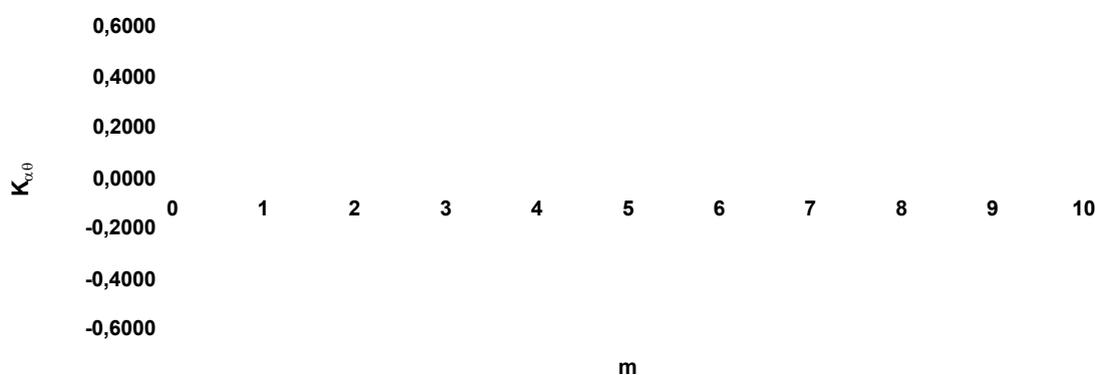
Начальные значения этих функций отрицательные, что говорит об обратной зависимости между упомянутыми парами переменных в начальные моменты времени и, как следствие, уменьшением выхода обогащенного продукта. Таким образом, пока корреляционные функции отрицательные и не достигли максимума,  $\gamma_i$  всегда меньше истинного значения. Из этого следует, что исчисленное путем осреднения, значение выхода всегда меньше истинных значений  $\gamma_{IIi}$ :  $\gamma_{IIi} > \gamma_i$ . С увеличением времени осреднения различие снижается и только при  $n \rightarrow \infty$ ,  $\gamma_{IIi} - \gamma_i \rightarrow 0$ . Так, для данных таблицы вычисление выхода по усредненным показателям дает значение  $\gamma = 0,06$ . Когда сделана выборка результатов с учетом запаздывания, то значения выхода получается 0,62. Таким образом, истинное значение выхода получается выше исчисленного по усредненным показателям.

# Загальні питання технології збагачення

ВЗАИМОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ



ВЗАИМОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ



## Корреляционные функции технологической линии

Поскольку выдержать условие стационарности в течение нескольких дней никогда не удастся, то всегда наблюдается условие  $\gamma_{Ii} > \gamma_i$ .

Обнаруживается это расхождение только при условии, что отчетность по технологическому балансу чаще, чем по товарному балансу. Технологический баланс подводится на основании расчета выхода, а товарный подводится по результатам взвешивания почти сухой массы, поэтому имеет меньшую погрешность.

В случае нестационарных процессов, взаимокорреляционная функция зависит от начала отсчета и не характеризует весь процесс, а только его часть и поэтому установившихся значений параметров технологии нет, а значит, усреднением показателей нельзя выйти на истинное значение выхода. Однако, процессы обогащения нельзя полностью отнести к нестационарным, так как они имеют участки относительной стационарности, поэтому их следует относить к классу неэргодических.

Таким образом, несоответствие в оценках выхода по результатам расчета технологического баланса и измеренного товарного баланса приводит к

## Загальні питання технології збагачення

появлению неучтенного количества продукта, т.е. к невязке. Последняя вычисляется как разность между выходным количеством и входным:  $K = W_{ВЫХ} - W_{ВХ}$ , и получается всегда отрицательной, что указывает на то, что количество произведенного продукта всегда больше, а значит, методика определения выхода обогащенного продукта должна учитывать эквивалентные запаздывания между технологическими потоками.

Из изложенного следует, что невязка формируется на каждом этапе передачи сырья от производителя к потребителю. Горняки контролируют качество сырья довольно редко. Обогащители выполняют часовые опробования, т.е. очень часто. Отгрузку контролируют в соответствии со стандартом, т.е. 16 проб на пульмановский вагон, т.е. наиболее скрупулезно. Получая на основании опробования средние значения показателя качества и взвешивая отгрузку можно достаточно точно определить количество ценного компонента, покинувшего производство. Следовательно, источником появления невязки являются способы отчетности карьера и обогащительного производства. Так как обогащительная фабрика осуществляет входной и выходной часовые контроли, то главным источником невязки является именно ее методика опробования. Эту методику можно охарактеризовать, теперь уже ясно, усредненным выходом  $\gamma$  и таким же, но выполненным с учетом эквивалентного запаздывания  $\gamma_{II}$ . В результате невязка может быть оценена как:

$$\Delta = K_{ВХ} (\gamma_{II} - \gamma)$$

где  $K_{ВХ} = \int_0^T Q(t) dt$  – объем сырья пришедшего на обогащительную фабрику,  $Q(t)$  – расход сырья, который фиксируется входным контролем.

Обычно  $\gamma_{II} > \gamma$  и поэтому невязка – положительная. Здравый смысл и закон сохранения масс подсказывают, что невязка должна быть отрицательной, т.е. масса продукта на выходе фабрики не может превышать массу продукта на входе фабрики. Однако, вычисления по результатам опробования [1], дают, как правило, невязку одного знака. Особенно это заметно для обогащения руд с малым содержанием ценного компонента. Получается, что фабрика выпускает ценного компонента в большем количестве, чем его содержится во входном потоке. Эти экспериментальные исследования подтверждают правильность предложенной методики оценки технологического баланса с учетом эквивалентного запаздывания показателей потоков, которые входят в расчетные соотношения.

### Список литературы

## Загальні питання технології збагачення

1. **Козин В.З.** Контроль технологических процессов обогащения. – Екатеринбург: УГГУ, 2003. – 161с.

© Младецкий И.К., Коваль И.П., 2005

*Надійшла до редколегії 05.09.2005 р.*

*Рекомендовано до публікації*

УДК 622.

**Н.Т. АНИСИМОВ**, канд. техн. наук,

**В.Н. АНИСИМОВ**

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

### **ОСОБЕННОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕЙ НА ГРУППОВЫХ, ЦЕНТРАЛЬНЫХ И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ**

Практически 80% запасов угля в Украине содержится в пластах малой мощности, менее одного метра. При разработке таких пластов получать товарный продукт требуемого качества не представляется возможным, из-за засорения угля вмещающими породами, обусловленного присечкой боковых пород. В этом случае решить проблемы качества возможно по нескольким направлениям – путем создания выемочной техники для отработки тонких пластов, внедрения индивидуального обогащения или совершенствования надлежащим образом процесса обогащения на групповых и центральных фабрик.

В процессе обогащения имеют место значительные потери товарной угольной продукции. Такое заключение следует из анализа данных относительно технологии и оборудования, например, ежегодные отчеты "Справочник показателей качества, объемов добычи угля и выпуска продуктов обогащения", научно-исследовательские отчеты и другая литература. К большому сожалению, факт потери угля в таких источниках умалчивается, или не усматривается. В свое время при проектировании центральных и групповых обогатительных фабрик уголь для каждой фабрики подбирался по сходимости характеристик и закреплялся за ними. Потери горючей массы в этом случае обуславливались только погрешностями работы обогатительного оборудования. В настоящее время взаимосвязь шахт и фабрик для совместной, предусмотренной проектом работы не обязательна, шахты поставляют уголь на любые обогатительные фабрики. Причем, качественно-количественные показатели продуктов обогащения регламентируются заключаемым договором.