

вибровозбудитель, через лепестковую муфту соединенный с электродвигателем.

Подшипниковые узлы вибровозбудителя установлены непосредственно в продольных жесткостях днища грузонесущего органа. Синхронизирующая зубчатая передача имеет ведомые шестерни с текстолитовыми венцами, что не требует смазки и уменьшает шум во время работы. На раме установлены стенки с устройством для предотвращения просыпи под машину и площадки для дополнительной погрузки на нее руды. У ПВУ борта неподвижные высотой 160 мм, закрепленные на раме, у вибролюка 1АШЛ грузонесущий орган выполнен в виде лотка глубиной 450 мм с задней частью днища наклоненной к основной транспортирующей поверхности. Отличия учитывают различие условий эксплуатации машин.

Вибролюк 1АШЛ (и ЛШВ-3,35) транспортирует как крепкую крупнокусковую руду так и руду с повышенной влажностью и глинистыми включениями. Нарботка на отдельные люки достигает 500 тыс.т 1АШЛ обладает возможностью перестановки в новые погрузочные пункты.

Вибромашины 1АШЛ, ЛШВ-3,35, ВДПУ-4ТМ, ПВУ являются основным оборудованием при выпуске руды в условиях железорудных шахт Криворожского бассейна.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Опыт эксплуатации вибропитателей ВДПУ-4ТМ на подземных рудниках Кривбасса указывает на следующие недостатки: самоскатывание кусков руды в откаточную выработку вследствие необходимости монтажа установки под углом 20-25° к горизонту; снижение производительности в 2-5 раз при транспортировании липкой и/или влажной руды; сложность управления погрузкой; значительная просыпь руды при погрузке; разрушение грузонесущей платформы после выпуска 30-40 тыс.т руды; трудность извлечения для повторного использования; низкие санитарно-гигиенические показатели; отсутствие регулируемого электропривода и его низкая надежность.

Применение вибролюков 1АШЛ и вибропитателей ПВУ привело к значительному увеличению производительности, улучшению санитарно-гигиенических показателей и уменьшению просыпи руды при погрузке. Основными недостатками всех типов вибропитателей и вибролюков являются отсутствие возможности регулирования параметров работы, плавности запуска и останова привода, низкая надежность системы электропривода, поэтому повышение эффективности работы вибропитателей и их электропривода является актуальной научно-практической задачей и направлением дальнейших исследований.

#### Список литературы

1. Ступник Н.И., Письменный С.В. Перспективные технологические варианты дальнейшей отработки железорудных месторождений системами с массовым обрушением руды/ Н.И. Ступник, С.В. Письменный//Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг. – Вип. 30, 2012. – С. 3-7.
2. Чернокур В.Р., Шкробко Г.С., Шелегеда В.И. Добыча руд с поэтажным обрушением/ В.Р. Чернокур., Г.С. Шкробко, В.И. Шелегеда. – М.: Недра, 1992. – 271 с.
3. Учитель А.Д., Гушин В.В. Вибрационный выпуск горной массы/ А.Д. Учитель, В.В. Гушин. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
4. Каварма И.И., Кальницкий А.М., Бровко А.В. Опыт применения вибрационного выпуска руды на подземных рудниках Криворожского бассейна/ И.И. Каварма, А.М. Кальницкий, А.В. Бровко. – М.: Экспресс-информация/ин-т «Черметинформация», 1981. – 18 с.
5. Гончаревич И.Ф. Вибротехника в горном производстве/ И.Ф. Гончаревич. – М.: Недра, 1992.–317 с.
6. Потураев В.Н. Элементы конструкций вибрационных транспортно-технологических машин, – К.: Н думка, 1984. – 287 с.

Рукопись поступила в редакцию 30.03.13

УДК 622

И.К. МЛАДЕЦКИЙ А.А. ЛЫСЕНКО О. Г. ПОПОВА .

ГВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск

### ТРЕБУЕМАЯ ТОЧНОСТЬ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Опробование и контроль в обогащении полезных ископаемых в значительной степени служит для того, чтобы с помощью измерения качественных показателей определять количественные. Измерение расходов пульповых потоков затруднено и поэтому выход, например для бинарного разделения, определяют как  $\gamma = \frac{\alpha - \nu}{\beta - \nu}$ , где  $\alpha, \beta, \nu$  - содержания ценного минерала в ис-

ходном продукте и продуктах разделения.

Априори известно, что чем выше точность контроля качественных показателей, тем выше будет точность вычисления количественных показателей.

Из дифференциального исчисления известно, что погрешность функции  $\sigma_y$  определяется на основании погрешностей аргументов  $\sigma_x$  как

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial Y}{\partial X_i} \right)^2 \sigma_{X_i}^2, \quad (1)$$

где  $n$  - количество измеряемых переменных функции  $Y = f(\bar{X}) = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ .

Из выражения (1) также следует, что для достижения высокой точности определения показателей необходимо, чтобы частные производные были бы меньше единицы. Тогда существует вероятность, что погрешность функции будет меньше погрешности измерения ее аргументов. Однако, изменить значения производных в точке технологической линии не всегда удастся, а если такое возможно, то изменения происходят в нешироких пределах. Таким образом, возникает задача: какие необходимо обеспечить погрешности измерений  $\sigma_{X_i}$ , чтобы погрешность функции не превышала некоторого заданного значения  $\sigma_{y3}$ .

На основании выражения (1) запишем

$$1 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial Y}{\partial X_i} \frac{\sigma_{X_i}}{\sigma_Y} \right)^2,$$

откуда видно, что чем больше будет производная, тем меньше должна быть погрешность измерения аргументов, т.е. существует обратная зависимость между значением производной и погрешностью измерения аргументов. Если определяется погрешность функции одного аргумента, то

$$\sigma_y^2 = \left( \frac{\partial Y}{\partial X} \right)^2 \sigma_X^2, \quad \sigma_y = \frac{\partial Y}{\partial X} \sigma_X, \quad \sigma_{X_i} = \frac{\sigma_Y}{\frac{\partial Y}{\partial X_i}}$$

Если функция множества переменных и погрешность измерения всех аргументов предположительно одинаковая и производные тоже, тогда

$$1 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial Y}{\partial X_i} \frac{1}{\sigma_Y} \frac{K}{\frac{\partial Y}{\partial X_i}} \right)^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{\sigma_Y} \frac{K}{1} \right)^2 = n \left( \frac{K}{\sigma_Y} \right)^2,$$

отсюда  $nK^2 = \sigma_Y^2$ , или  $K = \frac{\sigma_Y}{\sqrt{n}}$ . Тогда  $\sigma_{X_i} = \frac{\sigma_Y}{\sqrt{n} \frac{\partial Y}{\partial X_i}}$ .

Откуда следует, что погрешность измерения аргументов должна быть тем меньше, чем больше производная функции и иметь некоторый весовой коэффициент. Поэтому необходимо определить влияние каждой из них на общую допустимую погрешность

Поскольку функция погрешности является единственной, а измеряемых аргументов в ней может быть множество, то для определения допустимых погрешностей измерения необходимо такое же множество уравнений. Для этого требуется ввести некоторые возможные соотношения между погрешностями измерения.

При обогащении полезных ископаемых главной функцией является выход обогащенного продукта  $\gamma$ , и погрешность его определения регламентирована -  $\sigma_{y3}^2$ . В этом случае необходимо проводить измерение аргументов  $X_i$  с требуемой точностью -  $\sigma_{X_i T}^2$ , чтобы  $\sigma_y^2$  не вышла за допустимые пределы

$$\sigma_y^2 < \sigma_{y3}^2.$$

Рассмотрим, каким образом, имеется возможность подобрать требуемые значения погрешностей измерения аргументов.

Допустим, имеем функцию погрешности

$$\sigma_{\gamma}^2 = \left( \frac{\partial \gamma}{\partial \alpha} \right)^2 \sigma_{\alpha}^2 + \left( \frac{\partial \gamma}{\partial \beta} \right)^2 \sigma_{\beta}^2 + \left( \frac{\partial \gamma}{\partial \nu} \right)^2 \sigma_{\nu}^2.$$

Возьмем одно слагаемое и решим полученное уравнение одной переменной относительно погрешности измерения аргумента, при условии, что погрешность выхода задана:

$$\sigma_{\alpha}^2 = \left( \frac{\sigma_{\gamma\beta}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} \right)^2.$$

Предположим также, что каждое слагаемое входит в уравнение погрешности с некоторым весовым коэффициентом  $K_i$ , т.е.

$$\sigma_{\alpha}^2 = \left( \frac{\sigma_{\gamma\beta}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} K_1 \right)^2.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \sigma_{\gamma}^2 &= \left( \frac{\partial \gamma}{\partial \alpha} \frac{\sigma_{\gamma}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} K_1 \right)^2 + \left( \frac{\partial \gamma}{\partial \beta} \frac{\sigma_{\gamma}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \beta}} K_2 \right)^2 + \left( \frac{\partial \gamma}{\partial \nu} \frac{\sigma_{\gamma}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \nu}} K_3 \right)^2 = \\ &= (\sigma_{\gamma} K_3)^2 + (\sigma_{\gamma} K_2)^2 + (\sigma_{\gamma} K_1)^2, \text{ или } 1 = K K_3^2 + K_2^2 + K_1^2. \end{aligned}$$

Обозначим производные  $\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha} = A$ ,  $\frac{\partial \gamma}{\partial \beta} = B$ ,  $\frac{\partial \gamma}{\partial \nu} = C$  и отношения между весовыми коэффициентами и производными представим как

$$K_1^2 : K_2^2 : K_3^2 = \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} : \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \beta}} : \frac{1}{\frac{\partial \gamma}{\partial \nu}}.$$

Теперь уже информации достаточно для составления совместной системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} K_1^2 : K_2^2 &= \frac{1}{(\partial \gamma / \partial \alpha)} : \frac{1}{(\partial \gamma / \partial \beta)}, \\ K_2^2 : K_3^2 &= \frac{1}{(\partial \gamma / \partial \beta)} : \frac{1}{(\partial \gamma / \partial \nu)}, \\ 1 &= K_3^2 + K_2^2 + K_1^2. \end{aligned} \right\}$$

Из этой системы уравнений имеем

$$K_1 = \frac{C}{A} \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{C}{B}\right)^2 + \left(\frac{C}{A}\right)^2}}, \quad K_2 = \frac{C}{B} \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{C}{B}\right)^2 + \left(\frac{C}{A}\right)^2}}, \quad K_3 = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{C}{B}\right)^2 + \left(\frac{C}{A}\right)^2}}.$$

Предположим, что  $A=10$ ,  $B=5$ ,  $C=2$ , тогда

$$K_3^2 + K_2^2 + K_1^2 = \sqrt{25/30} + \sqrt{4/30} + \sqrt{1/30} = 1.$$

Теперь, для того, чтобы пользоваться уравнением ( ) необходимо эти коэффициенты еще разделить на производные от функции. Предположим, что заданная погрешность выхода составляет  $\sigma_{\gamma\beta}^2 = (0,05)^2$ , тогда

$$\sigma_{\alpha}^2 = \left( \frac{\sigma_{\gamma\beta}}{\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha}} K_1 \right)^2 = \left( \frac{0,05}{10} \sqrt{\frac{1}{30}} \right)^2 = \frac{5}{6} 10^{-7};$$

$$\sigma_{\beta}^2 = \left( \frac{\sigma_{\gamma\beta} K_2}{\frac{\partial \gamma}{\partial \beta}} \right)^2 = \left( \frac{0,05}{5} \sqrt{\frac{4}{30}} \right)^2 = \frac{2}{15} 10^{-4}$$

$$\sigma_v^2 = \left( \frac{\sigma_{\gamma\beta} K_3}{\frac{\partial \gamma}{\partial v}} \right)^2 = \left( \frac{0,05}{2} \sqrt{\frac{25}{30}} \right)^2 = \frac{125}{24} 10^{-4}$$

Проверим какова получена точность определения выхода

$$\sigma_{\gamma}^2 = \left( \frac{\partial \gamma}{\partial \alpha} \right)^2 \sigma_{\alpha}^2 + \left( \frac{\partial \gamma}{\partial \beta} \right)^2 \sigma_{\beta}^2 + \left( \frac{\partial \gamma}{\partial v} \right)^2 \sigma_v^2 = 100 \frac{5}{6} 10^{-7} + 25 \frac{2}{15} 10^{-5} + 4 \frac{125}{24} 10^{-4} =$$

$$0,08 \cdot 10^{-4} + 3,33 \cdot 10^{-4} + 20,8 \cdot 10^{-4} = 24,21 \cdot 10^{-4} .$$

$$\sigma_{\gamma} = \sqrt{24,21 \cdot 10^{-4}} = 0,049 \approx 0,05.$$

Что и требовалось доказать.

Таким образом, имеется возможность подобрать требуемую точность контроля параметров функции с целью выполнения заданной точности ее вычисления.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.13

УДК 622.775

К.В. НИКОЛАЄНКО, канд. техн. наук, доц.,  
В.Д. ЄВТЄХОВ, д-р геол.-мінерал. наук, проф.,  
В.В. ФІЛЕНКО, викладач, П.К. НИКОЛАЄНКО, студент  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

### ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЗБАГАЧЕННЯ БІДНИХ ГЕМАТИТОВИХ РУД ШТАТУ ОРІСА (ІНДІЯ), ДЛЯ ОТРИМАННЯ З НИХ КОНДИЦІЙНОГО КОНЦЕНТРАТУ

Розглянуто питання особливостей мінерального складу бідних гематитових руд штату Оріса (Індія), та послідовності технологічних операцій для отримання з них кондиційного залізовмісного концентрату.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** У процесі дроблення та сортування багатих гематитових руд утворюються відходи, у вигляді бідних гематитових руд крупністю 20-0 мм, які складаються у відвал. Вихід даного продукту від вихідної сировини складає 10-15%. Мінералогічний аналіз даних руд показав, що вони представлені як розкритими рудними і нерудними мінералами, та і їх зростками. Питання про залучення до переробки відвалів бідних гематитових руд дробарно-сортувальних фабрик, які в даний час не збагачуються, є актуальним. Одним з таких техногенних родовищ є заскладовані бідні гематитові руди штату Оріса (Індія). Об'єм заскладованих відходів такого мінерального складу тільки в Індії складає близько 300 млн т.

**Аналіз досліджень і публікацій.** В свій час проведені досліди зі збагачення гематитових руд магнітним та флотаційним методами. Застосуванню флотаційного методу збагачення заважає недостатньо вивчені екологічні наслідки в густонаселений районах. Крім того, як показав досвід роботи збагачувальних фабрик комбінатів, цей метод не дозволяє досягнути планових показників якості та виходу кінцевих продуктів збагачення. Магнітний метод використовувався для збагачення бідних гематитових руд України в різних варіантах (високоінтенсивна магнітна сепарація на КГЗКОР та ГЗК комбінату «АрселорМіттал» (B=0,8-1 Тл), магнітна сепарація при виробництві агломераційної руди на устаткуванні фірми «Укрекологія»). Флотація та високоінтенсивна магнітна сепарація потребують подрібнення гематитових руд до крупності 90-95% класу менше 0,074 мм, та проводяться у мокрому середовищі. Магнітна сепарація при виробництві агломераційної руди проводиться у сухому середовищі на сепараторах з постійними ма-