

velocidades contiene la concentración volumétrica además de la constante de Karman, y restantes magnitudes adimensionales.

En conclusión, se ha obtenido con la ayuda de la dimensionalidad el perfil logarítmico de las velocidades promediadas en la sección del flujo turbulento de líquidos heterogéneos. Este mismo perfil se ha obtenido a partir de la teoría semiempírica de turbulencia.

Si se analiza la hidromezcla como medio continuo con propiedades promediadas, entonces las ecuaciones promediadas del movimiento de líquidos heterogéneos de Frankl conducen a las ecuaciones de Reynolds con la única diferencia que el término determinado por las fuerzas de presión y viscosidad resulta multiplicado por la concentración media. Si en caso contrario se analiza la hidromezcla como un sistema de dos fases cuyo movimiento se describe matemáticamente con diferentes ecuaciones para cada fase, entonces estas ecuaciones no tienen en la actualidad aplicación práctica.

REFERENCIAS

1. MONIN, A. S. y otros: Hidromecánica Estadística. Parte I. Ciencia, Moscú, 1969 (en ruso).
2. PEREZ BARRETO, R.: "Sobre el movimiento turbulento de líquidos viscosos incompresibles y heterogéneos". Series Tecnológicas, no. 1, Ingeniería de Minas, Universidad de Oriente, 1972.
3. PEREZ BARRETO, R.: "Sobre las ecuaciones diferenciales del movimiento de los líquidos heterogéneos". Series Tecnológicas, no. 3, Ingeniería de Minas, Universidad de Oriente, 1973.
4. SLYOSKIN, S. A.: Dinámica de líquidos viscosos e incompresibles. Goizdat Tejnikoteoreticheskoy Literatury, Moscú, 1961.

CDU 622.74:621.926 (729.16)

ANÁLISIS DEL PROCESO DE MOLIENDA EN LA EMPRESA "COMANDANTE RENE RAMOS LATOUR" Y POSIBILIDADES DE AUMENTO DE SU CAPACIDAD

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza el régimen de flujo de minerales en las unidades de molienda de la planta vieja de la empresa "Comandante René Ramos Latour" y se establece su influencia en el trabajo de las unidades. Sobre la base de los resultados obtenidos se propone una variante que al estabilizar el flujo aumente la productividad y le de un carácter más racional al esquema con modificaciones relativamente simples.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ НА ФАБРИКЕ "КОМАНДАНТЕ РЕНЕ РАМОС ЛАТОУР" И ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Резюме

В данной работе анализируется режим подачи потока минерала для дробления в старый цех фабрики "Команданте Рене Рамос Латоур" и устанавливается её влияние на работу оборудования. На основе полученных результатов предлагается вариант стабилизации потока, повышающий производительность работы. Кроме того предлагается более рациональная схема дробления, которая может быть получена довольно простыми изменениями.

ANALISIS DEL PROCESO DE MOLIENDA DE LA EMPRESA "COMANDANTE RENE RAMOS LATOUR" Y POSIBILIDADES DE AUMENTO DE SU CAPACIDAD

Ing. Osvaldo Quintana Romero
Instructor del Departamento de Electromecánica del ISMMMOA

En las empresas mineras que incluyen la molienda y trituración entre sus etapas de beneficio de minerales, estas consumen gran parte de la energía gastada en la empresa, que por lo general varía entre 7 y 20 kW-h por tonelada de mineral procesado.

En el presente trabajo se hace un estudio de las capacidades potenciales de las instalaciones de molienda de minerales de la Empresa "Comandante René Ramos Latour" de Nicaro y se dan algunas recomendaciones prácticas para el mejor aprovechamiento de estas capacidades y de la energía consumida en el proceso de molienda, así como para la disminución de las averías de algunos equipos.

En el esquema tecnológico de esta empresa, el mineral, a partir de su clasificación, se divide en dos flujos para ser procesado de distinta manera.

La fracción gruesa (compuesta mayormente por mineral serpentinitico) se procesa en las unidades de molienda de planta vieja (unidades 1, 2, 3 y 7), y la fracción fina (mayormente limonita) se envía a las unidades de molienda de planta nueva (unidades 4, 5 y 6).

Por la mayor complejidad del proceso, el mayor número de equipos por unidad de molienda y la mayor influencia de los parámetros de la molienda sobre los equipos, el estudio se referirá principalmente a las unidades 1, 2 y 3, cuyo esquema de flujo se muestra en la Figura 1.

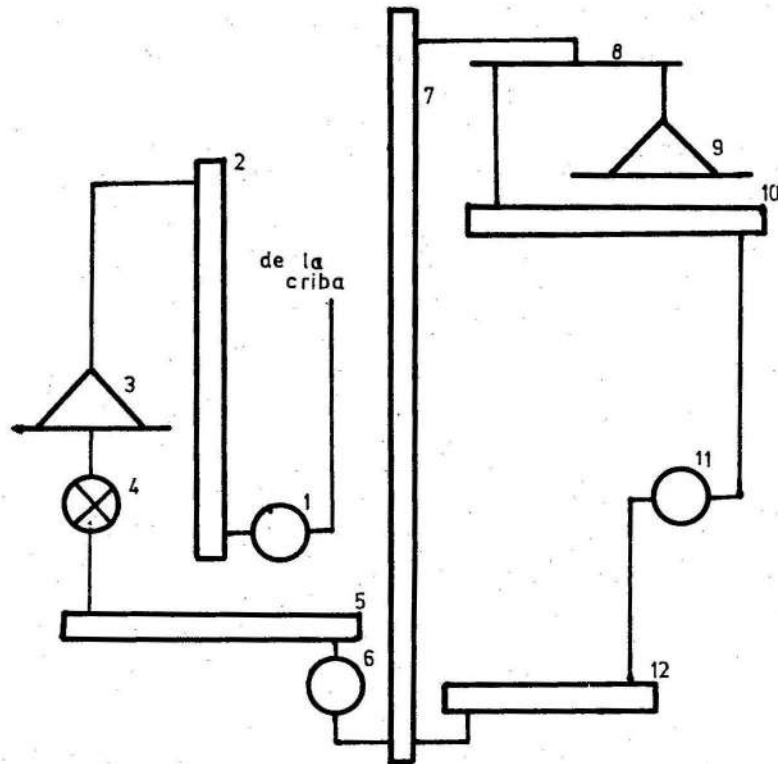


Fig. 1. Esquema de molienda de serpentina.
 1 y 6 - trituradores de martillo; 2 y 7 - elevadores de cangilones; 3 y 9 - tolvas; 4 - alimentador de estrella; 5, 10 y 12 - transportadores de sinfín; 8 - clasificador; 11 - molino de bolas.

Los molinos de bolas deben reducir la granulometría del mineral hasta dimensiones menores de 0,074 mm .

El circuito cerrado de la molienda de las unidades objeto de estudio se puede representar por el esquema simplificado de la Figura 2.

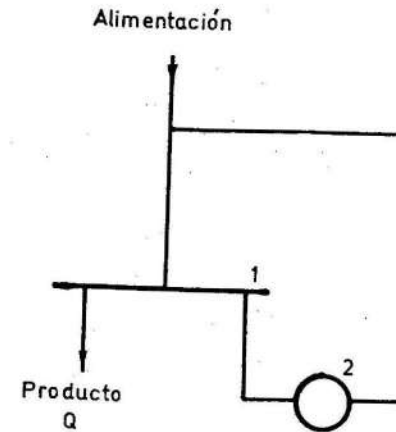


Fig. 2. Esquema simplificado de molienda.
 1 - clasificador; 2 - molino de bolas.

Debido a que este esquema no incluye las etapas anteriores de trituración primaria y secundaria, estas se tienen en cuenta mediante la fracción (en masa) de mineral que llega al circuito de molienda con la granulometría del producto final (f). Según criterios de diversos autores este esquema de molienda es económico establecerlo cuando el valor de f sea mayor que 0,5.

El balance de masas en la unidad de molienda se da a continuación:

Alimentación de carga fresca	Q
Fino en la alimentación	fQ
Grueso en la alimentación	$(1 - f) Q$
Alimentación al clasificador	$(1 + c) Q$
Grueso alimentado al clasificador	$(1 + c - \frac{1}{\epsilon}) Q$

En la descarga del clasificador:

Como producto final

Q

Como rechazo

cQ

Fino en el rechazo

$(\frac{1}{\epsilon} - 1) Q$

Grueso en el rechazo

$(c - \frac{1}{\epsilon}) Q$

Alimentación al molino:

Grueso

$(c - \frac{1}{\epsilon} + f) Q$

Fino

$(\frac{1}{\epsilon} - f) Q$

donde:

ϵ - efectividad del separador que se toma por definición como la relación entre el fino alimentado a él y el producto final obtenido

c - carga circulante

El valor de la carga circulante se establece para la molienda seca en valores cercanos a 2 debido a que el aumento de este valor implica la elevación de los costos de transportación por encima del ahorro obtenido por el mejor aprovechamiento de la capacidad del molino y de la energía utilizada en él. Se debe tener en cuenta que el valor de la carga en el molino influye muy poco sobre la potencia consumida por este.

La ecuación cinética de la molienda según Tovarov es:

$$Q' = Q_0 e^{-kt^m} \quad (1)$$

donde:

Q' - cantidad de la fracción gruesa dentro del molino al pasar el tiempo t

Q_0 - cantidad de grueso alimentado al molino

m y k - coeficientes característicos del tipo de mineral y el tipo de molino, respectivamente

Esta ecuación se encuentra graficada para la molienda de serpentina y limonita en molino cilíndrico-cónico, según los coeficientes determinados experimentalmente por el C. Dr. ingeniero José Falcón Hernández, en la Figura 3.

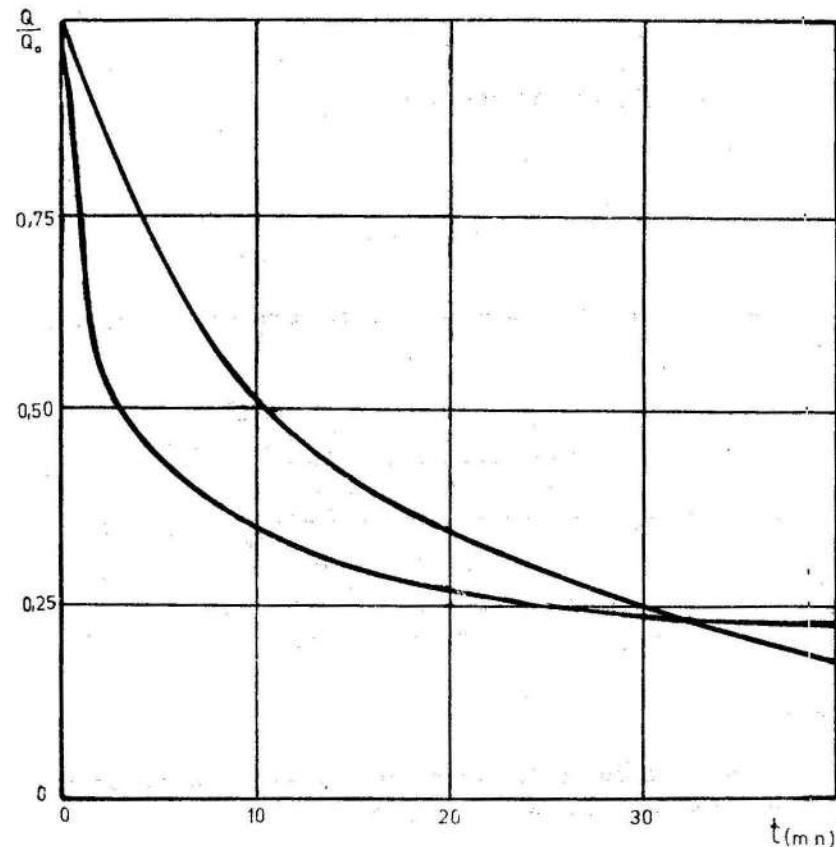


Fig. 3. Cinética de la molienda de lateritas en molino de bolas.
1 - serpentinita; 2 - limonita.

En esta figura se aprecia la influencia del tiempo de molienda y la composición granulométrica dentro del molino sobre la velocidad de la molienda.

Con los valores obtenidos del balance de masas se establece:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{(c + f - \frac{1}{\epsilon}) Q}{(c + 1 - \frac{1}{\epsilon})} \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1) tenemos:

$$e^{-kt^m} = \frac{(c + f - \frac{1}{\epsilon})}{(c + 1 - \frac{1}{\epsilon})} \quad (3)$$

Despejando t en esta ecuación y transformando obtenemos que:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{c_1 \ln \left[\frac{(c_1 + 1 - \frac{1}{\epsilon_1})}{(c_1 + f_1 + \frac{1}{\epsilon_1})} \right]^{\frac{1}{m}}}{c_2 \ln \left[\frac{(c_2 + 1 - \frac{1}{\epsilon_2})}{(c_2 + f_2 - \frac{1}{\epsilon_2})} \right]^{\frac{1}{m}}}$$

donde:

Q_1 - productividad de la unidad de molienda cuando trabaja con los parámetros c_1 , f_1 y ϵ_1

Q_2 - productividad de la unidad de molienda cuando trabaja con los parámetros c_2 , f_2 y ϵ_2

Con esta ecuación se obtiene la influencia de cada uno de estos parámetros sobre la productividad de la unidad de molienda.

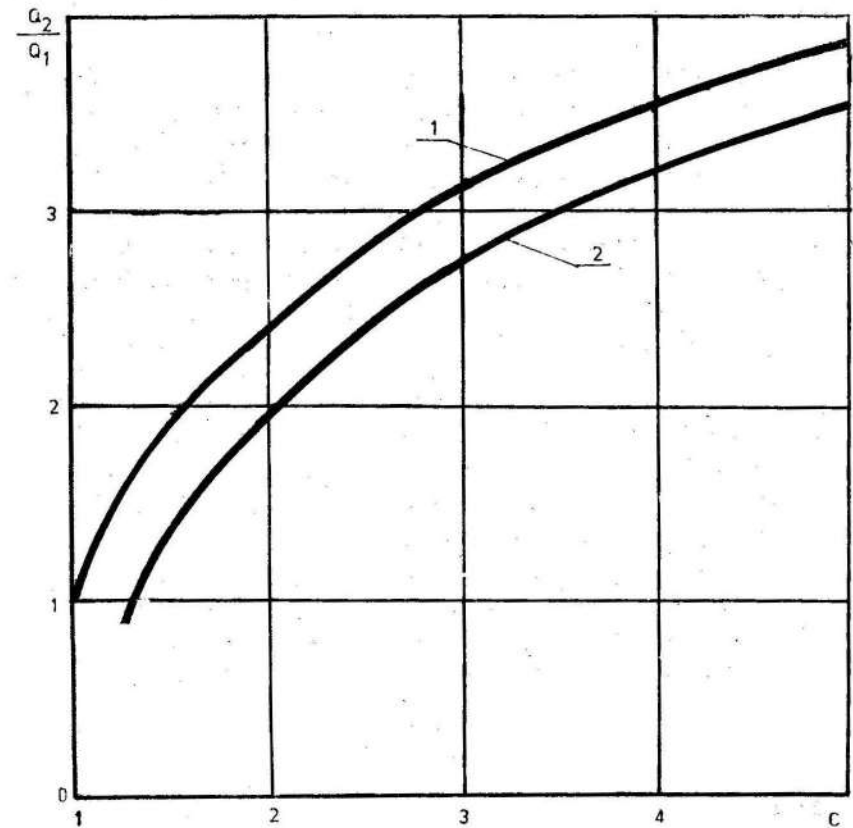


Fig. 4. Influencia de la carga circundante sobre la productividad de la unidad de molienda.
1 para $\epsilon = 1$ $F = 0,15$
2 para $\epsilon = 0,8$ $F = 0,15$

Como muestra la figura, la elevación del valor de la carga circulante y la efectividad de la separación elevan la productividad de la unidad de molienda. Sin embargo, la elevación del valor de la carga circulante por encima de 2,5-3 debe analizarse desde el punto de vista del consumo de energía y además se debe tener en cuenta que la elevación de c hace disminuir la efectividad de la separación.

Como quiera que los parámetros c , f y ϵ varían y hacen cambiar la productividad del molino, el mayor trabajo de la unidad de molienda se logra para valores de estos coeficientes distintos para diferentes tipos de minerales, por lo cual la alimentación del molino debe cambiar cuando cambian las características físico-mecánicas del mineral. Sin embargo, el estado actual de las unidades de molienda no permite el establecimiento de los valores deseados de estos parámetros.

Originalmente la regulación de estos parámetros se realizaba con la variación de la carga alimentada por el alimentador de estrella el cual se accionaba con un reductor de velocidad variable del tipo de rueda de fricción. Estos reductores fueron sustituidos por reductores de ruedas dentadas y por tanto surgió la necesidad de utilizar un nuevo método para la regulación. Este método consiste en la parada y puesta en marcha del alimentador. En este caso la cantidad de mineral alimentado será:

$$Q = \frac{Q_a t_t}{t_t + t_p}$$

donde:

Q_a - productividad del alimentador $\frac{m^3}{s}$

t_t - tiempo de trabajo del alimentador s

t_p - tiempo de parada del alimentador s

Cuando la parada y puesta en marcha se realizan automáticamente el tiempo de las mismas se determina a través de la carga (consumo de energía) en el elevador o sinfín que alimenta al molino.

En la Figura 5 se da el gráfico de carga de los equipos de la unidad de molienda en función del tiempo en el cual se ven los inconvenientes de este sistema de alimentación.

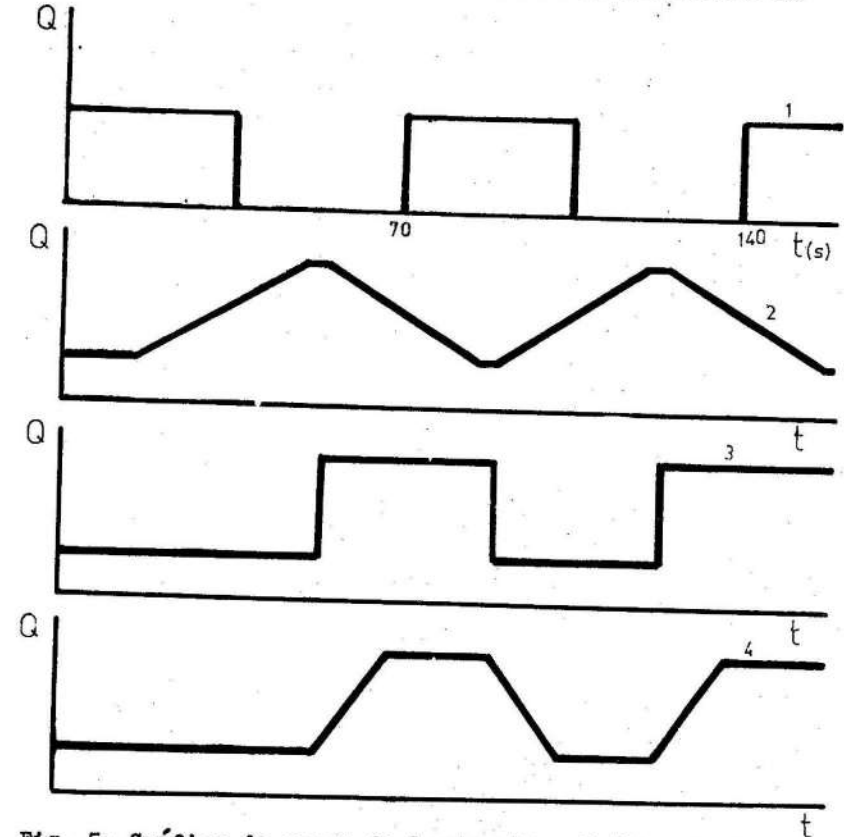


Fig. 5. Gráfico de carga de los equipos de la unidad de molienda.
1 - alimentador y triturador de martillos; 2 - sinfín 1;
3 - clasificador; 4 - sinfín 2 y elevador.

La forma de alimentación no influye mucho sobre el trabajo del molino ya que el tiempo de residencia del mineral en él es mucho mayor que el tiempo del ciclo de alimentación. Sin embargo, la influencia de esta forma de alimentación es evidente. Cabe destacar que crea sobrecargas en los equipos del sistema de molienda y por lo tanto aumenta el consumo de energía y empeora el régimen de averías. Además, su influencia sobre el trabajo de triturador de martillo y sobre el clasificador es tal que perjudica su eficiencia, la productividad de la unidad de molienda y la calidad del producto final (aumenta la cantidad de grueso).

A continuación se propone una vía para la obtención de la regulación de la alimentación con entrega continua de mineral.

Para los alimentadores de estrella el volumen de trabajo se determina como:

$$q = b \left[\pi (R^2 - r^2) - (R - r) \delta Z \right] m^3/\text{rev}$$

donde:

b - ancho del alimentador m

R - radio exterior de la estrella m

r - radio del núcleo de la estrella m

δ - espesor de la paletas m

Z - número de paletas

La cantidad de mineral alimentada se da como:

$$Q_a = \frac{qn}{60} m^3/s$$

donde:

n - velocidad del alimentador en rpm

Realizando en un alimentador de este tipo algunas transformaciones se logra la variación del volumen de trabajo del mismo en rangos aceptablemente amplios.

En este caso los valores del volumen de trabajo serán:

$$q_{\max} = b_1 \left[\pi (R^2 - r_1^2) - (R - r_1) \delta Z \right] + \left[(R^2 - r_2^2) - (R - r_2) Z \delta \right] b_2$$

y

$$q_{\min} = b \left[\pi (R^2 - r_1^2) - (R - r_1) \delta Z \right]$$

donde:

todas las magnitudes están situadas en la Figura 6.

De la figura se ve que la regulación se logra a costa de disminuir el volumen de trabajo del alimentador por lo que debe establecerse la amplitud máxima de regulación necesaria para lograr el mayor volumen de trabajo posible del alimentador.

Las curvas de la Figura 7 muestran las capacidades de regulación del alimentador obtenidas haciendo algunas simplificaciones en las ecuaciones de los volúmenes de trabajo.

Teniendo en cuenta que los alimentadores actuales trabajan aproximadamente la mitad del tiempo de trabajo de la unidad de molienda se puede, con ellos mismos, lograr parámetros de regulación que permitan una variación de la alimentación satisfactoria para las unidades de molienda.

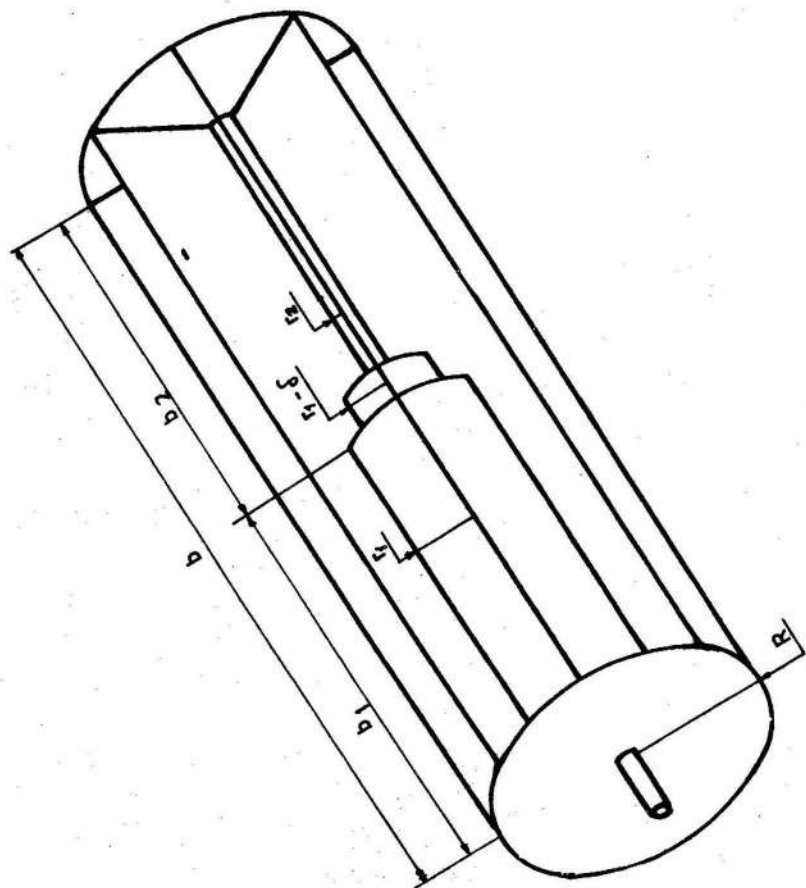


Fig. 6. Alimentador variable.

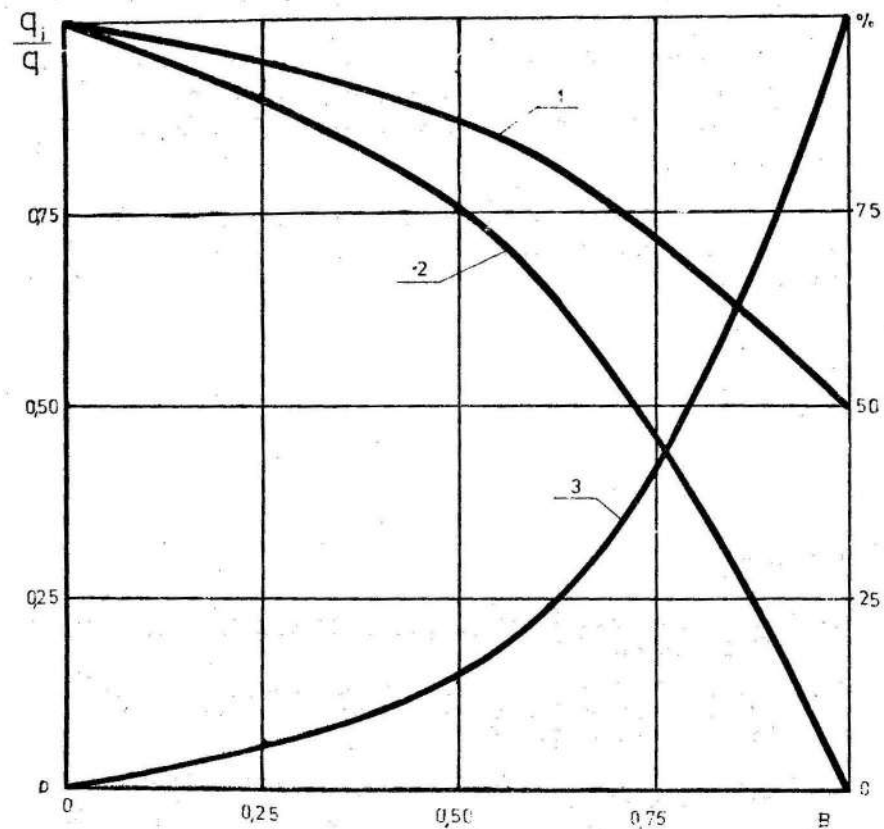


Fig. 7. Características de regulación del alimentador variable en función de $B = \frac{r_1}{R}$.
 1 - volumen de trabajo relativo máximo $\frac{Q_{max}}{Q}$; 2 - volumen de trabajo relativo mínimo $\frac{Q_{min}}{Q}$; 3 - variación relativa del volumen de trabajo $\frac{Q}{Q} \times 100$ (%).

En conclusión, se puede afirmar que la alimentación periódica existente en la actualidad empeora los índices técnico-económicos de las instalaciones de molienda.

La construcción propuesta en el presente trabajo es realizable con medios de la propia empresa, permite la alimentación continua de mineral y racionaliza el régimen de trabajo.

Deben precisarse los parámetros racionales de trabajo de las instalaciones para obtener las dimensiones del alimentador.

REFERENCIAS

1. ANDREIEV, S. E.: Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales. Ed. MIR, 1980.
2. FALCON HERNANDEZ, J.: "Molienda de minerales lateríticos". Informe I Encuentro Científico Técnico del Níquel, Fondo del ISMMMoa, 1981.
3. GUERRA, D.: "Sistema de control y muestreo Planta de secaderos y molinos empresa "Comandante René Ramos Latour". Trabajo de Diploma, Fondo del ISMMMoa, 1971.
4. RONDON, O.: "Estudio comparativo del funcionamiento de los sistemas de control automático de las unidades de molienda de la planta de secaderos". Trabajo de Diploma, Fondo del ISMMMoa, 1981.
5. TAGGART, A. F.: Elementos de preparación de minerales. Ed. Revolucionaria, La Habana, 1970.
6. TROPI, A. E.: Automatización en plantas de beneficio. Ed. MIR, Moscú, 1977.

NORMAS PARA LA PRESENTACION DE ORIGINALES DE LA REVISTA MINERIA Y GEOLOGIA

1. Los trabajos se presentarán redactados correctamente y escritos a máquina sin tachaduras, ni arreglos a mano, en original y una copia, a dos espacios, escritos en cuartillas de papel bond blanco con formato de 8½ x 13". Los márgenes laterales superiores e inferiores mantendrán 3 cm cada uno.
2. La primera cuartilla deberá contener los datos mostrados a continuación:
Título del trabajo, nombre y apellidos del autor (es), títulos académicos, cargo y categoría docente y/o científica; en hoja aparte la dirección del centro de trabajo, dirección particular y teléfono.
3. En el texto se indicará dónde deben insertarse las ilustraciones (fotos, gráficos, dibujos, cuadros estadísticos, etcétera). En el dorso de cada una se señalará, en el borde superior de la misma, su posición correcta y el número que le corresponde en el texto. Las fotografías se presentarán en papel sin brillo que garantice la reproducción con suficiente nitidez y contraste. Su tamaño debe ser de 148 mm que es el formato A-6. Los gráficos deberán ser entregados en tinta china y en papel alba o cartulina blanca. Todas las anotaciones, cifras y letras en los mismos deberán ser efectuadas con "Leroy" u otro tipo de plantilla, nunca a mano.
4. El título
Deberá ser conciso e informativo, así como reflejar la esencia del contenido del trabajo. Deberá enviarse la traducción al inglés y ruso.