

Д-р техн. наук В.П. Надутый,  
канд. техн. наук Л.Н. Прокопишин  
м.н.с. В.Ф. Ягнюков  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАЛКОВОГО КЛАССИФИКАТОРА ВИБРАЦИОННОГО ТИПА**

Експериментально встановлено показники продуктивності та ефективності поділу валкового класифікатора в залежності від ексцентриситету та швидкості обертання валків.

## **DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL INDECES OF DIVISION ROLLES OF VIBRATION TYPE**

Parameters of productivity and efficiency of division roller screen experimentally established depending on eccentric and run velocity rollers.

Разделение горной массы на отдельные фракции (грохочение) широко используется при дроблении, понижении крупности сыпучей горной массы, получении кондиционного по крупности кокса, руды, угля, окатышей, щебня, и выявило целый ряд проблем, решение которых особенно актуально при рассеивании влажного материала, когда приходится прибегать к различным способам интенсификации процесса просеивания [1]. Основными проблемами при этом являются получение готового продукта с заданными параметрами, а также определение производительности и эффективности, как функции влияющих факторов. Для валкового грохота – это частота вращения, эксцентриситет, ширина щели, длина, диаметр и количество валков, физико-механические свойства горной массы и др. [2, 3, 4].

Целью настоящих исследований является определение зависимости технологических показателей (производительности  $Q$  и эффективности  $E$ ) вибрационного валкового классификатора от частоты вращения  $\omega$  и эксцентриситета валков  $\Delta$  для различных горных пород и их влажности.

Исследования проводились на модели валкового грохота, содержащей 8 валков, установленных в коробе параллельно друг другу в одной плоскости. Длина валков 0,18 м, диаметр – от 55 до 85 мм. Эксцентриситет – от 1 до 7 мм. Длина грохота 0,7 м, а угол его наклона к горизонту  $\varphi$  - от 2 до 15 градусов. В качестве сыпучего материала использовались: известняк в виде измельченного ракушечника, отсева железной руды, гранита и мрамора – все крупностью до 15 мм и влажностью до 15 %.

Результаты, полученные на модели валкового грохота, проверялись на натурном экспериментальном грохоте с размерами рабочего органа 1,0×2,0 м и производительностью от 100 до 200 тонн в час.

Функциями цели являлись удельная производительность ( $Q$ , т/ч·м<sup>2</sup>) и эффективность грохочения ( $E$ , %). Производительность  $Q$  определялась по подрешетному продукту, поскольку через грохот пропускалось постоянное количество сыпучего материала с постоянным грансоставом и фиксированным време-

нем просеивания. Эти условия соблюдались и при определении эффективности грохочения  $E$ , которая вычислялась по формуле [4]:

$$E = \frac{(\beta - \alpha) \cdot (\alpha - \theta) \cdot 10^4}{(\beta - \theta) \cdot (100 - \alpha) \cdot \alpha}, \%$$

где  $\alpha$  - содержание мелкого класса в исходном материале (%);  $\beta, \theta$  - содержание того же класса в подрешетном и надрешетном продуктах (%).

Результаты исследований зависимости удельной производительности валкового грохота от частоты вращения валков ( $\omega$ , об/мин.) представлены в табл. 1; при этом остальные параметры процесса просеивания, также существенно влияющие на производительность (ширина щели между валками, диаметр валков и их эксцентриситет, угол наклона грохота, влажность материала, его грансостав и др.) оставались неизменными.

Таблица 1 – Зависимость удельной производительности ( $Q$ , т/ч·м<sup>2</sup>) валкового грохота от частоты вращения ( $\omega$ , об/мин.), при некоторых значениях влажности материала ( $W$ , %) и угла подъема грохота ( $\varphi$ , град.):

| $\varphi$ , град | $W$ , % | $\omega$ , об/мин | 400  | 600  | 800  | 1000 | 1200 | $\frac{Q(1200)}{Q(400)}$ |
|------------------|---------|-------------------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| Руда железная    |         |                   |      |      |      |      |      |                          |
| 6                | 3       | $Q$               | 12,5 | 13,5 | 14,0 | 14,5 | 14,8 | 1,2                      |
| 6                | 7       | $Q$               | 5,3  | 6,6  | 7,5  | 8,0  | 8,5  | 1,6                      |
| 15               | 9       | $Q$               | 1,5  | 2,8  | 3,4  | 3,8  | 4,0  | 2,6                      |
| Известняк        |         |                   |      |      |      |      |      |                          |
| 6                | 11      | $Q$               | 10,6 | 12,3 | 14,2 | 16,2 | 18,6 | 1,8                      |
| 15               | 4       | $Q$               | 8,4  | 10,0 | 10,8 | 12,5 | 15,0 | 1,8                      |
| 15               | 11      | $Q$               | 2,8  | 3,6  | 4,6  | 5,4  | 6,0  | 2,1                      |
| Песок            |         |                   |      |      |      |      |      |                          |
| 6                | 11      | $Q$               | 15,6 | 19,2 | 21,6 | 22,0 | 19,8 | 1,3                      |
| 6                | 15      | $Q$               | 8,8  | 9,3  | 9,6  | 9,7  | 9,8  | 1,1                      |
| 15               | 19      | $Q$               | 4,4  | 5,7  | 6,3  | 6,4  | 6,5  | 1,5                      |

Анализ представленных результатов показывает, что увеличение частоты вращения валков (в исследованном диапазоне) приводит к увеличению производительности грохота, причем с увеличением влажности материала этот эффект проявляется более существенно. Зависимость имеет монотонно возрастающий характер, близкий к прямолинейному.

Существенное влияние на производительность валкового грохота оказывает эксцентриситет валков, при обеспечении их синхронного вращения.

Зависимость  $Q = f(\Delta)$  имеет монотонно возрастающий характер. Это объясняется разрушением сплошности слоев сыпучего материала за счет дополнительного его перемещения в вертикальной плоскости, что приводит к интенсификации процесса сегрегации и улучшению процесса просеивания [3]. Стати-

стическая обработка экспериментальных данных показала, что зависимость производительности валкового грохота от эксцентриситета  $\Delta$  его валков может быть аппроксимирована с высоким уровнем адекватности многочленом второго порядка относительно  $\Delta$  (критерий Фишера  $F = 164,9$ , что значительно больше его критического значения) [5] (табл. 2).

Таблица 2 – Зависимость производительности ( $Q$ , т/ч·м<sup>2</sup>) валкового грохота от эксцентриситета ( $\Delta$ , м) валков для известняка

| $\varphi$ , град | $\omega$ , об/мин | $\Delta$ , мм | 0   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | $\frac{Q(\Delta=5)}{Q(\Delta=0)}$ |
|------------------|-------------------|---------------|-----|------|------|------|------|------|-----------------------------------|
| 6                | 420               | $Q$           | 7,2 | 8,0  | 9,3  | 11,2 | 14,0 | 18,0 | 2,5                               |
| 6                | 660               | $Q$           | 8,0 | 9,1  | 10,7 | 12,0 | 15,6 | 19,3 | 2,4                               |
| 6                | 960               | $Q$           | 9,7 | 10,9 | 12,5 | 14,7 | 17,6 | 21,0 | 2,2                               |
| 15               | 420               | $Q$           | 4,0 | 4,8  | 5,8  | 6,9  | 8,6  | 11,0 | 2,9                               |
| 15               | 660               | $Q$           | 5,4 | 6,2  | 7,2  | 8,5  | 10,6 | 14,0 | 2,6                               |
| 15               | 960               | $Q$           | 6,7 | 7,3  | 8,4  | 10,1 | 12,9 | 16,5 | 2,5                               |

Помимо производительности, процесс классификации может быть оценен также его эффективностью. Ограниченное количество экспериментальных данных по исследованию эффективности классификации на валковых грохотах мелких классов говорит о недостаточной изученности этой характеристики. Результаты исследования зависимости эффективности классификации от частоты вращения валков  $E = f(\omega)$ , при изменении угла наклона грохота  $\varphi = 0-14$  град., влажности  $W = 0-12$  % и ширине щели между валками  $d = 1,2,3 \text{ м} \cdot 10^{-3}$  представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты экспериментальных исследований зависимости эффективности классификации ( $E$ , %) валкового грохота от частоты вращения валков ( $\omega$ , об/мин.)

| $\varphi$ , град                | $W$ , % | $d$ , мм | $\omega$ , об/мин | 500  | 600  | 700  | 800  | 900  |
|---------------------------------|---------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|
| 8                               | 0       | 1        | $E$ , %           | 19,5 | 20,5 | 20,5 | 18,5 | 14,0 |
| 8                               | 0       | 2        | $E$ , %           | 13,0 | 16,5 | 17,4 | 13,0 | 8,0  |
| 8                               | 0       | 3        | $E$ , %           | 20,0 | 32,5 | 35,0 | 28,5 | 21,5 |
| 8                               | 6       | 2        | $E$ , %           | 11,0 | 20,0 | 25,0 | 24,0 | 21,5 |
| 8                               | 9       | 3        | $E$ , %           | 5,0  | 12,0 | 18,5 | 15,0 | 7,5  |
| 14                              | 0       | 1        | $E$ , %           | 6,0  | 17,5 | 37,5 | 24,0 | 16,5 |
| 20                              | 12      | 3        | $E$ , %           | 4,0  | 10,0 | 20,0 | 18,0 | 14,0 |
| среднее по всем $\varphi, W, d$ |         |          | $E_{cp}$ , %      | 11,2 | 18,4 | 23,4 | 20,1 | 15,0 |

Анализ результатов показал, что в исследованном диапазоне изменения параметров  $\varphi$ ,  $W$  и  $d$  зависимость  $E = f(\omega)$  имеет хорошо выраженный экстремум в области частот вращения валков  $\omega = 700 \pm 50$  об/мин. Очевидно, при этой частоте имеет место оптимальное соотношение между вертикальной и горизонтальной составляющими вектора скорости перемещения материала на просеи-

вающей поверхности, что создает наилучшие условия для перемещения мелких фракций к просеивающей поверхности.

Существенное влияние на эффективность грохочения оказывает эксцентриситет валков. Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Зависимость эффективности грохочения  $E = f(\Delta)$  на валковом грохоте от эксцентриситета валков при  $\omega = 700$  об/мин.

| $\varphi$ , град                | $W$ , % | $d$ , мм | $\Delta$ , мм | 0    | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 3,5  |
|---------------------------------|---------|----------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 14                              | 0       | 3        | $E$ , %       | 40,0 | 48,5 | 55,0 | 54,0 | 51,5 | 47,5 | 49,0 | 40,0 |
| 8                               | 3       | 3        | $E$ , %       | 36,0 | 47,0 | 51,5 | 49,0 | 46,5 | 44,0 | 41,0 | 37,5 |
| 20                              | 0       | 3        | $E$ , %       | 35,0 | 42,5 | 46,5 | 46,0 | 44,0 | 41,0 | 38,0 | 35,0 |
| 8                               | 6       | 3        | $E$ , %       | 31,0 | 35,5 | 38,5 | 42,0 | 41,0 | 39,0 | 36,0 | 33,0 |
| 8                               | 3       | 2        | $E$ , %       | 27,5 | 33,0 | 36,5 | 39,0 | 39,5 | 37,0 | 34,5 | 31,0 |
| 8                               | 6       | 2        | $E$ , %       | 22,0 | 26,0 | 29,0 | 31,5 | 31,0 | 30,0 | 27,5 | 25,0 |
| 8                               | 9       | 3        | $E$ , %       | 17,0 | 22,5 | 26,0 | 28,0 | 29,0 | 27,5 | 25,5 | 22,0 |
| среднее по всем $\varphi, W, d$ |         |          | $E_{cp}$ , %  | 29,8 | 36,4 | 40,4 | 41,3 | 40,4 | 38,0 | 36,0 | 32,0 |

Анализ зависимости  $E = f(\Delta)$  показывает, что она имеет хорошо выраженный экстремум в диапазоне  $\Delta 1,5 \pm 0,5$  мм.

В процессе обработки результатов экспериментальных исследований была установлена также зависимость эффективности грохочения ( $E$ , %) от удельной производительности ( $Q$ , т/ч·м<sup>2</sup>) валкового классификатора, представленная в табл. 5.

Таблица 5 – Связь эффективности грохочения ( $E$ , %) с удельной производительностью ( $Q$ , т/ч·м<sup>2</sup>) для валкового классификатора при ширине щели  $d = 1-3$  мм и эксцентриситете  $\Delta = 0$

| $Q$ , т/ч·м <sup>2</sup> | 0 | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  |
|--------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| $E$ , %                  | 0 | 16,5 | 22,5 | 26,5 | 29,0 | 32,0 | 34,0 |

Зависимость  $E = f(Q)$  имеет нелинейный возрастающий характер, причем интенсивность возрастания  $E$  при увеличении  $Q$ , когда слой сыпучего материала над валками значительно – в десятки раз – превышает средний размер куска, замедляется, кривая выполаживается. Это происходит вследствие того, что при таких больших (для исследуемого грохота)  $Q$  значительно возрастает слой горной массы над валками, в котором происходят интенсивные циркуляции, хорошо заметные при работе грохота. Эти циркуляции отрицательно влияют на процесс сегрегации материала над валками, поскольку возмущающей силы валков недостаточно ( $\Delta = 0$ ) для разрушения сплошности толстого слоя горной массы. Поэтому в условиях мелкого грохочения использование вибрации валков за счет их эксцентриситета ( $\Delta = 1-7$  мм) существенно улучшает технологические показатели грохота.

Таким образом, экспериментально установлено, что эффективность, как и

производительность, валкового грохота существенно зависят от режима работы, параметров грохота и свойств материала, подвергаемого грохочению. Установлен характер этих зависимостей и значения переменных параметров, при которых технологические показатели имеют оптимальные значения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый В.П. Моделирование и средства интенсификации дробильно-сортировочных комплексов / Монография. – Днепропетровск: НГА Украины, 2002. – 203 с.
2. Надутый В.П., Ягнюков В.Ф., Прокопишин Л.Н. Определение влияния конструктивных параметров вибрационного валкового классификатора на технологические показатели / Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків, НГУ "ХПИ". – 2003. – С.75-78.
3. Надутый В.П., Лапшин Е.С. Сегрегация сыпучей среды при вибрационном воздействии / Всеукр. науч.-техн. журн. "Вібрації в техніці та технологіях". – Вып.3(12). – Винница. – 1999. – С.4-5.
4. Перов В.А., Андреев Е.Е. Биленко А.Ф. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: Уч. пособие для вузов. 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 301 с.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2001. – 479 с.

**УДК 622.28**

Д-р техн. наук, проф. Е.А. Воробьев,  
асс. В.В. Андреева, И.Ю. Положинская (ДонНТУ),  
проф. А.П. Калфакчян (ГП «Артемуголь»)

#### **СХЕМА УКРЕПЛЕНИЯ НАДШТРЕКОВОЙ ЗОНЫ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРУШЕНИЯ УГОЛЬНОГО МАССИВА**

Розглянуто технологічну схему зміцнення надштрекової зони для запобігання обвалення вугільного масиву при комбайновій виїмці вугілля на крутому падінні. Представлено полімерні розчини закріплювача. Виконано необхідні теоретичні обґрунтування й розрахунки. Дано технічні рішення використання розглянутої технології.

#### **THE SCHEMA OF REINFORCING OF A ZONE ABOVE DRIFT FOR PREVENTION OF A ROOF FALL OF A COAL MASSIF**

The flow diagram of reinforcing of a zone above drift for prevention of a roof fall of a coal massif is reviewed at a shearer mining of coal on a high dip. The polymeric solutions are introduced to fixer. The indispensable idealized substantiations and accounts are carried out. The engineering solutions of implementation of considered know-how are given.

Технологическая схема физико-химического воздействия на крутые тонкие пласты полимерным раствором крепителя КМ-3, КМ-2 предназначена для укрепления нависающей части угольного массива над откаточным штреком в нижней части комбайновой лавы, что позволяет предотвратить обрушения и высыпания угольного пласта после проведения штрека, а также при выемке комбайновой ниши.

Технологическая схема позволяет применять полимерные растворы для создания вокруг выработки пояса укрепленного (склеенного) угля шириной 2-2,5 м. Укрепление достигается путем добавления в водный раствор полимера концентрации 24% отвердителя – щавелевой, соляной кислот, хлористого аммония, хлорного железа с концентрацией 0,12-0,8% по массе. В зависимости от