

8. Пономарев Б.В. Взвешивание твердых частиц в горизонтальном пневмотранспортном потоке // Геотехническая механика (НАНУ ИГТМ, межведомств. сборн. научн. трудов). - 1998. - № 8.

9. Пономарев Б.В. Движение вращающихся частиц в потоке газа по горизонтальному трубопроводу с ударами об обе стенки // Геотехническая механика (НАНУ ИГТМ, межведомств. сборн. научн. трудов). - 1998. - № 7.

10. Пономарев Б.В. О силах сопротивления движению частиц в потоке газа по горизонтальному трубопроводу // Геотехническая механика (НАНУ ИГТМ, межведомств. сборн. научн. трудов). - 1998. - № 7.

11. Пономарев Б.В. Инженерный метод расчета пневмотранспортных систем // Геотехническая механика (НАНУ ИГТМ, межведомств. сборн. трудов). - 1998. - № 8.

12. Потураев В.Н., Волошин А.И., Пономарев Б.В. Вибрационно-пневматическое транспортирование сыпучих материалов. - Киев: Наук. Думка, 1989. - 246 с.

13. Потураев В.Н., Волошин А.И., Пономарев Б.В. Об одномерном потоке двухфазной смеси // Прикладная механика. - 1989. - 25, № 8. - С. 111-118.

14. Потураев В.Н., Волошин А.И., Пономарев Б.В., Кордюк О.Л. Математическое моделирование двухфазных потоков при пневмотранспорте сыпучих материалов // Докл. АН УССР. Сер.А. физ.-мат. и техн. науки. - 1988. - № 7 - С. 48-51.

15. Смолдырев А.Е. Трубопроводный транспорт. - М.: Недра, 1980. - 292 с.

16. Соу С. Гидродинамика многофазных систем.- М.: Мир, 1971.- 536 с.

17. Tanaka T, Tsuji Y. Numerical simulation of gas - solid two- phase flow in a vertical pipe: on the effect of inter - particle collision // The American Society of Mechanical Engineers. - 1991. - Book № G00609. - FED - Vol. 121, Gas - Solid Flows.

**УДК 622.732:51.001.5**

В.Н. Потураев, В.П. Надутый, А.М. Эрперт

## **РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ИХ РАБОТЫ**

Розроблено лінійну регресійну модель дробарки та вібраційного грохота і на цій основі розроблено математичну модель двухстадіального циклу дроблення. Іл. 2. Бібліогр.: 4 найм.

Разработка полезных ископаемых является одной из важнейших отраслей народного хозяйства Украины. При этом совершенствование процесса переработки добытого сырья решает комплекс проблем природопользования: технологических, энергетических, экологических и социальных.

Целью работы является совершенствование и повышение эффективности работы циклов дробления и грохочения горной массы на основе математического моделирования процесса и теоретического анализа работы цикла в целом, контроля и прогнозирования его параметров с помощью вычислительной техники. Совершенствование процесса дробления и классификации предложено осуществлять за счет выбора регулируемых и управляющих элементов схемы цикла дробления и использования современных методов управления производством на базе создания математической модели цикла и использования компьютерной техники для моделирования процесса и принятия решений по выбору параметров оборудования на основе такого анализа. Дробление и классификация являются одними из важнейших процессов переработки горной массы и одним из самых энергоёмких в цикле добычи и обогащения. Поэтому важной задачей является оптимальное использование оборудования при интенсификации процесса и получения высокого качества продуктов на каждой стадии переработки. Учитывая экстремальные условия эксплуатации и круглосуточную работу дробильно-классифицирующего оборудования, актуальной задачей является разработка комплексного подхода в выборе схемных решений установки оборудования, наиболее рациональных его режимных и конструктивных параметров с учетом физико-механических свойств перерабатываемой горной массы.

Для оперативного принятия решений по выбору наиболее рациональных или оптимальных схемных решений в расстановке оборудования и выборе его параметров необходима разработка модельных представлений циклов дробления. При этом важным вопросом является установление взаимосвязи между крупностью питания и разгрузкой

дробилок при изменении размеров отверстий сита грохота, величины и крупности питания, технологических показателей грохочения, ширины разгрузочной щели дробилки, угла наклона и режимных параметров грохота, физико-механических свойств перерабатываемой горной массы. Для решения поставленных задач необходимо создание адекватных математических моделей, учитывающих с необходимой точностью физические процессы, влияние конструктивных и технических факторов и позволяющих проводить имитационное моделирование при условии возможности предсказать характеристики грансостава горной массы на каждой стадии переработки цикла по известным характеристикам исходного материала, режимным и конструктивным параметрам дробилок и грохотов.

Анализ подходов к моделированию процессов дробления и грохочения показал [1], что для их идентификации целесообразно привлекать статистические закономерности, поэтому одним из перспективных методов предлагается математическое моделирование на основе регрессивных моделей, в которых учитываются одновременно как особенности процессов разрушения и классификации, так и особенности функционирующего оборудования. В качестве исходных требований или граничных условий при этом являются требования к величинам грузопотоков (производительности) и грансоставу перерабатываемой горной массы.

При идентификации процессов дробления и грохочения с помощью регрессионных зависимостей важным является доказательство адекватности принятых моделей. В исследуемом случае проверка на адекватность проводилась поэтапно при выборе закона распределения грансостава после каждой стадии переработки горной массы. Выбор закона распределения производился на основании экспериментальных данных, а проверка достоверности закона производилась по одному из критериальных распределений. Адекватность уравнения регрессии в целом проверялась рассчитанными коэффициентами значимости и с помощью критерия Фишера [2].

При разработке модели конусной дробилки приняты во внимание следующие параметры: входные - первые два момента распределения грансостава питания дробилки: математическое ожидание  $m_x$  (или средний размер куска) и дисперсия грансостава  $\sigma_x^2$  питания дробилки (или отклонение от среднего куска). В качестве модели дробилки предложено линейное регрессионное уравнение:

$$\begin{aligned} \alpha_{2g} &= a_0 + a_1 \delta + a_2 G_1 + a_3 m_{xg} + a_4 \sigma_{xg}, \\ \beta_{2g} &= b_0 + b_1 \delta + b_2 G_1 + b_3 m_{xg} + b_4 \sigma_{xg}, \end{aligned} \quad (1)$$

где: входные параметры  $m_x$  и  $\sigma_x^2$  дробилки соответствуют параметрам двухпараметрического закона распределения  $\alpha_{1g}$  и  $\beta_{1g}$ ; контролируемые параметры - величина технологической нагрузки  $G_1$  и размер щели  $\delta$ , выходные параметры - двухпараметрический закон распределения грансостава разгрузки дробилки  $\alpha_{2g}$  и  $\beta_{2g}$ .

При переработке модели грохота, работающего в цикле совместно с дробилкой, учитывались не только параметры закона распределения грансоставов, но и количество надрешетного и подрешетного продуктов грохочения. При этом в замкнутом цикле дробления надрешетный продукт грохота вновь возвращается в дробилку, что при неизвестном исходном питании приводит к росту циркуляции горной массы и требует ограничения роста циркуляции с учетом максимальной пропускной способности дробилки. В результате модель работы грохота представлена [2,3] в виде:

$$\begin{aligned} S_1 &= a_0 + a_1 g + a_2 \alpha_1'' + a_3 \beta_1'' + a_4 \omega + a_5 \alpha_r + a_6 l + a_7 \delta_r; \\ \alpha_2'' &= b_0 + b_1 g + b_2 \alpha_1'' + b_3 \beta_1'' + b_4 \omega + b_5 \alpha_r + b_6 l + b_7 \delta_r; \\ \beta_2'' &= c_0 + c_1 g + c_2 \alpha_1'' + c_3 \beta_1'' + c_4 \omega + c_5 \alpha_r + c_6 l + c_7 \delta_r; \\ P_1 &= a'_0 + a'_1 g + a'_2 \alpha_1'' + a'_3 \beta_1'' + a'_4 \omega + a'_5 \alpha_r + a'_6 l + a'_7 \delta_r; \\ \alpha_2'' &= b'_0 + b'_1 g + b'_2 \alpha_1'' + b'_3 \beta_1'' + b'_4 \omega + b'_5 \alpha_r + b'_6 l + b'_7 \delta_r; \\ \beta_2'' &= c'_0 + c'_1 g + c'_2 \alpha_1'' + c'_3 \beta_1'' + c'_4 \omega + c'_5 \alpha_r + c'_6 l + c'_7 \delta_r, \end{aligned} \quad (2)$$

где:  $g=G/F$  - удельная нагрузка на грохот;  $G$  и  $F$  - нагрузка на грохот и площадь сита;  $S_1$  и  $P_1$  - количество надрешетного и подрешетного продуктов;  $\omega$  - частота колебаний короба грохота;  $\alpha_r l$  и  $\delta_r$  - соответственно угол наклона, длина и размер ячейки сита грохота;

$\alpha_1'', \beta_1'', \alpha_2'', \beta_2'', \alpha_1'', \beta_1'', \alpha_2'', \beta_2''$  - входные и выходные параметры двухпараметрических законов распределения грансостава надрешетного и подрешетного продуктов. Следует отметить, что на основании анализа грансоставов продуктов дробления и грохочения в исследуемом случае установлен двухпараметрический закон распределения Вейбулла с входными параметрами  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  выходными -  $\alpha_2$  и  $\beta_2$ .

Общий вид модели грохота в виде зависимости эффективности грохочения ( $E$ ), закрупнения ( $\epsilon_+$ ) и замельченности ( $\epsilon_-$ ) от различных факторов рекомендуется [2,3] записать в виде:

$$\begin{aligned} E &= a_0 + a_1 g + a_2 \omega + a_3 \alpha_r + a_4 l + a_5 \delta_r, \\ \epsilon_+ &= b_0 + b_1 g + b_2 \omega + b_3 \alpha_r + b_4 l + b_5 \delta_r, \\ \epsilon_- &= c_0 + c_1 g + c_2 \omega + c_3 \alpha_r + c_4 l + c_5 \delta_r, \end{aligned} \quad (3)$$

В приведенных выше уравнениях коэффициенты  $a, b, c$  определяются независимым разовым экспериментом для дробилок и грохотов. Система уравнений (3) предполагает, что зависимость всех трех показателей грохочения от удельной нагрузки  $g$ , частоты  $\omega$ , угла наклона  $\alpha_r$ , длины и размера ячейки сита  $\delta_r$  определена независимыми экспериментами отдельно для каждого фактора. Поэтому были проведены специальные экспериментальные исследования, результаты которых представлены ранее [2,3].

Для разработки модели дробильно-сортировочного комплекса выбиралась расчетная схема для наиболее типичной для дробильных фабрик трехстадиальной схемы дробления. При этом цикл крупного дробления не моделируется, а его продукты в виде параметров: количества горной массы  $G_1$ , среднего размера куска  $m$  и дисперсии распределения грансостава  $\sigma$  - характеризуют исходный поток, загружаемый в среднюю дробилку. Моделированию подлежит последующий двухстадиальный цикл среднего и мелкого дробления, причем цикл мелкого дробления рассматривается в двух вариантах - открытый и замкнутый. Расчетные схемы таких двухстадиальных циклов представлены на рис. 1 и 2.

Регулирующим параметром для дробилки среднего дробления (КСД) и для дробилки мелкого дробления (КМД) является размер разгрузочной щели.

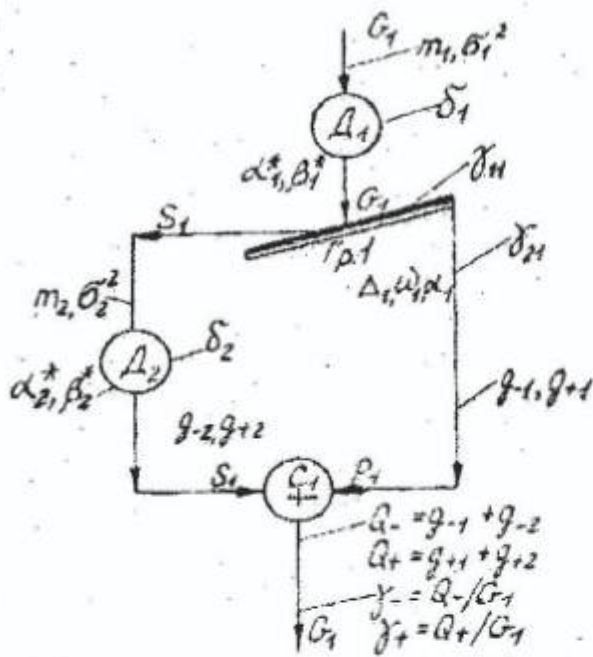


Рис. 1. Расчетная схема двухстадийного цикла с открытым циклом мелкого дробления

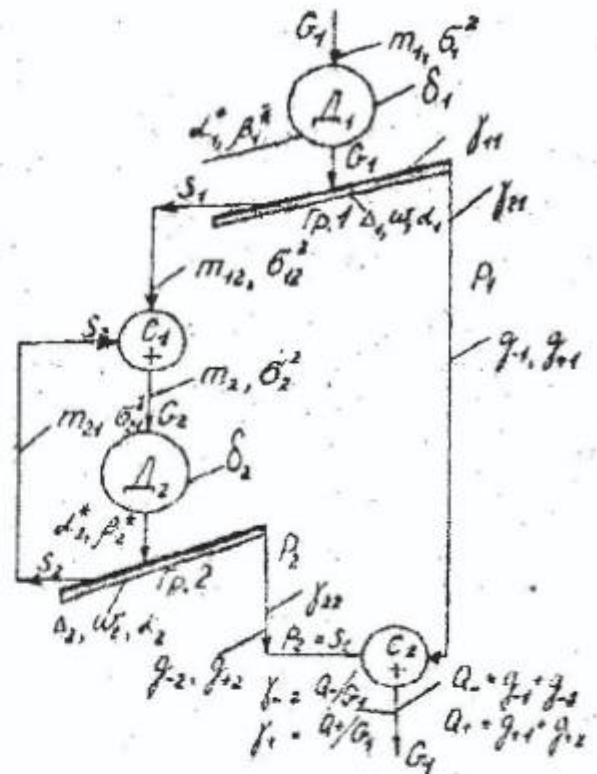


Рис. 2. Расчетная схема двухстадийного цикла с замкнутым циклом мелкого дробления

Регулирующими параметрами грохотов являются: удельная нагрузка ( $g$ ), угол наклона ( $\alpha_r$ ), длина сита ( $l$ ), частота колебаний короба грохота ( $\omega$ ) и размер ячейки сита грохота ( $\delta$ ). Для определения параметров законов распределения и построения регрессионных моделей дробилок КСД-3000 и КМД-3000 и грохотов ГИГ-51 были использованы результаты промышленных опробований циклов дробления на дробильной фабрике Стойленского ГОКа службой технического контроля за качеством [4]. При этом разработка математической модели цикла дробления не является конечной целью исследования, а позволяет продолжить их на модельном уровне с помощью вычислительной техники, осуществить анализ работы цикла при варьировании контролируемых и регулируемых (управляющих) факторов, выбирать оптимальное решение при управлении процессом рудоподготовки для получения максимальной производительности цикла

при удовлетворении требований по качеству и грансоставу дробленого продукта.

Таким образом, появляется возможность оперативного получения научных и практических результатов при анализе зависимости производительности цикла от параметров технологического оборудования.

Используя полученные линейные уравнения регрессии, алгоритмизацию работы цикла производим в следующем порядке:

1. Формируем входной массив постоянных и варьируемых величин:

$$G_1, m_1, \sigma_1^2, G, F$$

$$\delta_1, \delta_2$$

$$g_1, l_1, \delta_r, l_2, a_r$$

$$\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$$

2. Составляем вектор-столбцы для двухстадиального цикла дробления:

$$D_1^\alpha = \begin{bmatrix} D_{11}^\alpha \\ D_{12}^\alpha \\ D_{13}^\alpha \\ D_{14}^\alpha \\ D_{15}^\alpha \end{bmatrix}; \quad D_1^\beta = \begin{bmatrix} D_{11}^\beta \\ D_{12}^\beta \\ D_{13}^\beta \\ D_{14}^\beta \\ D_{15}^\beta \end{bmatrix}; \quad D_2^\alpha = \begin{bmatrix} D_{21}^\alpha \\ D_{22}^\alpha \\ D_{23}^\alpha \\ D_{24}^\alpha \\ D_{25}^\alpha \end{bmatrix}; \quad D_2^\beta = \begin{bmatrix} D_{21}^\beta \\ D_{22}^\beta \\ D_{23}^\beta \\ D_{24}^\beta \\ D_{25}^\beta \end{bmatrix};$$

Коэффициенты вектор-столбцов  $D_1^\alpha$  и  $D_1^\beta$  характеризуют зависимость параметров распределения Вейбулла от варьируемых параметров дробилки КСД и технологического потока, а вектор-столбцы  $D_2^\alpha$  и  $D_2^\beta$  - параметры дробилки КМД. Значения соответствующих членов  $D^\alpha$  и  $D^\beta$  выбираются согласно зависимости (1).

Коэффициенты вектор-столбцов  $\Gamma^B$ ,  $\Gamma^{E^*}$ ,  $\Gamma^E$  выбираются согласно уравнениям, характеризующим работу грохотов (2 и 3) в цикле среднего и мелкого дробления

$$\Gamma^B = \begin{bmatrix} \Gamma_1^B \\ \Gamma_2^B \\ \Gamma_3^B \\ \Gamma_4^B \\ \Gamma_5^B \end{bmatrix}; \quad \Gamma^{E^*} = \begin{bmatrix} \Gamma_1^{E^*} \\ \Gamma_2^{E^*} \\ \Gamma_3^{E^*} \\ \Gamma_4^{E^*} \\ \Gamma_5^{E^*} \end{bmatrix}; \quad \Gamma^E = \begin{bmatrix} \Gamma_1^E \\ \Gamma_2^E \\ \Gamma_3^E \\ \Gamma_4^E \\ \Gamma_5^E \end{bmatrix};$$

3. Для расчета параметров цикла среднего дробления выполним следующие операции:

3.1. Сформируем вектор-строку  $|G_1, \delta n_1, \sigma_1^2| = B_1$ ;

3.2. Присвоим и вычислим

$$G_2 = G_1, \alpha_2 = B_1 / D_1^{\alpha-1} + D_{11}^\alpha; \beta_2 = B_1 / D_1^{\beta-1} + D_{11}^\beta;$$

где  $D_1^{\alpha-1}, D_1^{\beta-1}$  - соответственно векторы  $D_1^\alpha$  и  $D_1^\beta$  без строк  $D_{11}^\alpha$  и  $D_{11}^\beta$ .

3.3. Сформируем вектор-строку  $|G_2|f^E, g_{1..}, \alpha_1, l_1| = B_2$ ;

3.4. Вычислим

$$E_1 = B_2 \Gamma^{E-1} + \Gamma_1^E; \varepsilon_{.1} = B_2 \cdot \Gamma^{\varepsilon-1} + \Gamma_1^\varepsilon; \varepsilon_{.1} = B_2 \cdot \Gamma_1^{\varepsilon-1} + \Gamma_1^\varepsilon;$$

где  $\Gamma^{E-1}, \Gamma^{\varepsilon-1}, \Gamma_1^{\varepsilon-1}$  - соответственно векторы  $\Gamma^E, \Gamma^\varepsilon, \Gamma^\varepsilon$  - без строк  $\Gamma^E, \Gamma^\varepsilon, \Gamma^\varepsilon$ .

3.5. Вычислим количество класса (-20 мм) в исходном продукте дробления как интегральную оценку закона распределения грансостава разгрузки дробилки:

$$\gamma_{11} = 100 \int_0^{20} f(\alpha_2, \beta_2, x) dx, f(x) = \frac{\alpha_2}{\beta_2} \left(\frac{x}{\beta_2}\right)^{\alpha_2-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta_2}\right)^{\alpha_2}\right];$$

3.6. Вычислим количество класса (-20) мм в подрешетном продукте грохота, установленного после дробилки КСД:

$$\gamma_{21} = \frac{100(E_1 + \varepsilon_{.1})\gamma_{11}}{(E_1 + \varepsilon_{.1})\gamma_{11} + (100 - \gamma_{11})\varepsilon_{.1}};$$

3.7. Вычислим количество готового класса контрольной крупности (-20) мм

$$P_1 = \frac{\varepsilon_{.1} G_2 (100 - \gamma_{11})}{100(100 - \gamma_{21})};$$

3.8. Вычислим количество надрешетного продукта (+20) мм первого грохота (после КСД):

$$S_1 = G_2 - P_1;$$

3.9. Вычислим откорректированное значение среднего куска в надрешетном продукте грохота:

$$m_2 = \phi_1 \frac{\gamma_{12}}{100} + \left(1 - \frac{\gamma_{12}}{100}\right) \phi_2;$$

3.10. Вычислим среднеквадратическое отклонение (дисперсию) размера куска в надрешетном продукте грохота

$$\sigma_2^2 = \frac{\gamma_{12}}{100} \left[ (M_1 - \phi_1)^2 + \left(1 - \frac{\gamma_{12}}{100}\right) (M_1 - \phi_2)^2 \right];$$



где  $\phi_1$  и  $\phi_2$  - средний кусок подрешетного и надрешетного продуктов верхнего грохота, соответственно.

4. Для расчета параметров замкнутого цикла мелкого дробления выполним следующие операции:

4.1. Сформируем вектор-строку:  $|S_1 \delta_2 M_1 T_1| = B_3$ ;

4.2. Присвоим и вычислим:

$$G_5 = S_1, \alpha_5 = B_3 / (I_2^{\alpha-1} + D_{21}^{\alpha}); \beta_5 = B_3 / (I_2^{\beta-1} + D_{21}^{\beta});$$

4.3. Сформируем вектор-строку  $|G_5|F; g_2, \alpha_2, I_2| = B_4$ ;

4.4. Вычислим

$$E_2 = B_4 I^{\alpha-1} + \Gamma_1^E; \varepsilon_{+2} = B_4 \cdot \Gamma_1^{\alpha-1} + \Gamma_1^{\varepsilon_+}; \varepsilon_{-2} = B_4 \cdot \Gamma_1^{\alpha-1} + \Gamma_1^{\varepsilon_-};$$

4.5. Вычислим количество готового класса (-20) мм в разгрузке дробилки КМД:

$$\gamma_{21} = 100 \int_0^{20} f(\alpha_2, \beta_2, x) dx; f(x) = \frac{\alpha_2}{\beta_2} \left(\frac{x}{\beta_2}\right)^{\alpha_2-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta_2}\right)^{\alpha_2}\right];$$

4.6. Вычислим количество готового класса (-20) м в подрешетном продукте грохота, установленного после дробилки КМД

$$\gamma_{21} = \frac{100(E_2 + \varepsilon_{+2})\gamma_{21}}{(E_2 + \varepsilon_{+2})\gamma_{21} + (100 - \gamma_{21})\varepsilon_{-2}};$$

4.7. Вычислим количество готового класса контрольной крупности (-20) мм для второго грохота (после КМД)

$$P_2 = \frac{\varepsilon_{+2} G_2 (100 - \gamma_{21})}{100(100 - \gamma_{22})};$$

4.8. Вычислим количество надрешетного продукта (+20) мм, возвращаемого на додробливание в замкнутом цикле КМД (циркулирующая нагрузка)

$$S_2 = G_2 - P_2.$$

4.9. Вычислим откорректированное значение среднего куска в надрешетном продукте грохота после КМД

$$m_{21} = \phi \frac{\gamma_{21}}{100} + \left(1 - \frac{\gamma_{21}}{100}\right) \phi_1;$$

4.10. Вычислим среднеквадратичное отклонение (дисперсию) размера куска в надрешетном продукте грохота

$$\sigma_{21}^2 = \frac{\gamma_{22}}{100} [M_2 - \phi]^2 + \left(1 - \frac{\gamma_{22}}{100}\right) [M_1 - \phi]^2;$$

где:  $\phi_3$  - средний кусок надрешетного продукта второго грохота (после КМД).

4.11. После вычислений необходимо выполнить условие: если  $S_1 + S_2 \geq G_k$ , то на печать выводим:

$$G_2, \alpha_2, \beta_2; E_1, \varepsilon_{11}, \gamma_{11}, \gamma_{21}, P_1, S_1;$$

$$G_3, \alpha_3, \beta_3; E_2, \varepsilon_{21}, \gamma_{21}, \gamma_{22}, P_2, S_2;$$

если  $S_1 + S_2 < G_k$ , то необходимо сформировать вектор-столбец, т.е. присвоить  $G_1 = 2G_1$ ;

$$|2G_1 \delta_1 m_1 \sigma_1^2| = B_1;$$

4.12. Произведем все вычисления с п.3.2 до п.3.10 (включительно), определив параметры усилия среднего дробления.

4.13. Присвоим

$$M = \frac{M_1 + M_2}{2}; \quad T = \frac{T_1 + T_2}{2}.$$

4.14. Произведем все вычисления от п.4.1. до п.4.11., определив параметры замкнутого цикла мелкого дробления.

Разработанный алгоритм может быть использован для расчета параметров всех типичных одно- или двухстадиальных циклов дробления, представленных на рис. 1 и рис. 2. Например, для расчета схемы одностадиального цикла недостаточно ограничиться выполнением п.3.1; для одностадиального замкнутого цикла дробления необходимо расчет выполнить от п.4.1 до п.4.12.

Таким образом, разработанные модели, алгоритмы расчета и его программная реализация представляют собой метод анализа работы цикла. Суть метода заключается в том, что на основе разовых опробований цикла, разработанной его модели и программы проводятся имитационные эксперименты на ПЭВМ при вариации параметрами оборудования или структурной схемы. При этом анализируется (или прогнозируется) количество и качество (по грансоставу) перерабатываемой горной массы и вырабатывается решение по изменению параметров или схемы цикла. Этот метод может послужить базой для современного метода управления

производством, например, при обеспечении дробильно-сортировочных фабрик системой АСУ ТП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый В.П. Анализ математических моделей циклов дробления для разработки их статистического представления. ВИНТИ. Деп. № 2651-В90. Днепропетровск, 1990. - 14 с.
2. Надутый В.П. Разработка математических моделей циклов дробления на основе регрессионных зависимостей. ВИНТИ. Деп. № 2938-В90. Днепропетровск, 1990. - 8 с.
3. Надутый В.П. Разработка математического метода анализа и планирования эксперимента в циклах дробления руд. - В кн.: Тез. докл. всесоюз. конф. по вибрационной технике. Тбилиси, 1991. - С. 61.
4. Надутый В.П. Исследование влияния режимных и конструктивных параметров на технологические показатели виброгрохотов с резиновыми ленточно-струнными ситами. - В кн.: Труды II международного симпозиума по механике эластомеров. Изд-во "Полиграфист". Днепропетровск, 1997. - С. 314-324.

УДК 622.271

В.Г.Красник

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ РЕЗЦОВ В МНОГОЛЕЗВИЙНОМ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ

Розглянуті питання моделювання процесу зносу різців в багатолезовому породоруйнівному інструменті, на основі яких розроблений ряд оригінальних конструкцій бурового інструменту.

Для изучения особенностей кинетики изнашивания резцов многолезвийного породоразрушающего инструмента при бурении абразивных горных пород, влияния износа резцов на перераспределение осевого усилия между ними, а также их взаимного расположения