

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВИБРАЦИОННОГО ГРОХОТА

Запропоновано лінійну та нелінійну ідентифікацію математичної моделі вібраційного грохоту. По рівню адекватності нелінійна модель на 14-20 % точніше за лінійну. Грансклад продуктів грохочення рекомендовано ідентифікувати двоохпараметричним законом розподілення. Бібліогр.: 4 найм.

Работа вибрационного грохота характеризуется производительностью по исходному продукту только из соображений его пропускной способности. Одним из важнейших показателей работы грохота является эффективность грохочения по контрольному классу крупности. Этот параметр определяется на основании экспериментальных опробований его работы, так как зависит от различных факторов, в частности: от величины технологической нагрузки, физико-механических свойств грохотимого материала, режимных и конструктивных параметров грохота, а также его рабочей поверхности. Эти факторы являются варьируемыми и могут изменяться для корректировки технологических показателей грохота или всего технологического цикла, в котором он работает. Так, например, изменение размера ячейки сита грохота в промышленных условиях вызвано, в основном, двумя причинами:

1) необходимостью повышения эффективности грохочения при переработке руд, склонных к налипанию, так как сито с большей ячейкой имеет большее живое сечение и меньше залипает. В этом случае имеет место снижение качества подрешетного продукта из-за его закругления;

2) с целью повышения срока службы сита, так как с увеличением ячейки сита увеличивается толщина его полотна.

Увеличение угла наклона грохота позволяет применять сита с увеличенным размером ячейки по отношению к граничной крупности разделения, а уменьшение угла позволяет увеличить эффективность грохочения, однако при этом снижается

производительность грохота по исходному продукту (пропускная способность).

Существенное влияние на технологические показатели грохочения имеет длина сита. Это обстоятельство на практике приходится учитывать при боковой загрузке грохота и при организации участков перечистки горной массы.

Поскольку поведение сыпучей горной массы очень изменяется в зависимости от частотного спектра воздействия, то и зависимость технологических показателей грохочения от частоты колебаний короба следует учитывать при анализе или прогнозировании работы грохота.

Практически все технологии добычи и переработки минерального сырья имеют циклический или поточно-циклический характер. Поэтому вибрационные грохоты имеют неравномерную технологическую загрузку. Практический опыт их эксплуатации показывает существенную зависимость показателей грохочения от удельной нагрузки.

Проведенные экспериментальные исследования зависимости технологических показателей грохочения от режимных и конструктивных факторов в условиях мелкого [1] и среднего грохочения [2] показали, что изменение каждого из них существенно и это обстоятельство позволяет использовать их как регулирующие в схемах технологической цепи с виброгрохотом.

Анализ имеющегося экспериментального материала по определению показателей работы грохотов в зависимости от различных факторных признаков позволяет решить задачу математического моделирования работы грохота. Актуальность такой задачи связана с возможностью на модельном уровне рассмотреть синтез работы оборудования в единой технологической схеме, а также с выбором рациональных (оптимальных) параметров оборудования. Экспериментальный выбор рациональных параметров требует значительных затрат времени и средств, а для анализа на ЭВМ по минимуму экспериментальных данных необходима разработка адекватной модели. Предварительный анализ разработанных ранее моделей работы

виброгрохота [3] показал, что они учитывали определенные факторы и требуют дальнейшего совершенствования, с одной стороны, а с другой - он показал, что наличие определенного экспериментального материала позволяет привлечь к моделированию статистические закономерности на основе регрессионных моделей, в которых могут быть учтены все перечисленные выше факторные признаки. Поэтому была предложена математическая модель грохота в виде регрессионной зависимости. Порядок этой зависимости определяется из условия значимости коэффициентов регрессии согласно критерию Стьюдента, а адекватность полученных уравнений устанавливается по критерию Фишера. Работа грохота идентифицируется моделью с учетом количества надрешетного S_1 и подрешетного P_1 продуктов и в результате имеет вид [4]:

$$S_1 = a_0 + a_1g + a_2\alpha_1^n + a_3\beta_1^n + a_4\omega + a_5\alpha_r + a_6l + a_7\delta_r;$$

$$\alpha_2^n = b_0 + b_1g + b_2\alpha_1^n + b_3\beta_1^n + b_4\omega + b_5\alpha_r + b_6l + b_7\delta_r;$$

$$\beta_1^n = c_0 + c_1g + c_2\alpha_1^n + c_3\beta_1^n + c_4\omega + c_5\alpha_r + c_6l + c_7\delta_r;$$

$$P_1 = a'_0 + a'_1g + a'_2\alpha_1^n + a'_3\beta_1^n + a'_4\omega + a'_5\alpha_r + a'_6l + a'_7\delta_r;$$

$$\alpha_2^n = b'_0 + b'_1g + b'_2\alpha_1^n + b'_3\beta_1^n + b'_4\omega + b'_5\alpha_r + b'_6l + b'_7\delta_r;$$

$$\beta_1^n = c'_0 + c'_1g + c'_2\alpha_1^n + c'_3\beta_1^n + c'_4\omega + c'_5\alpha_r + c'_6l + c'_7\delta_r;$$

Модель грохота может быть идентифицирована через его технологические показатели: эффективность грохочения E , закругление ε_+ и замельченность ε_- :

$$E = a_0 + a_1q + a_2\omega + a_3\alpha_r + a_4l + a_5\delta_r;$$

$$\varepsilon_+ = b_0 + b_1q + b_2\omega + b_3\alpha_r + b_4l + b_5\delta_r;$$

$$\varepsilon_- = c_0 + c_1q + c_2\omega + c_3\alpha_r + c_4l + c_5\delta_r;$$

где a, b, c - коэффициенты уравнения; g, α_r, l, ω и δ_r соответственно, удельная нагрузка, угол наклона, длина, частота колебаний и размер ячейки сита грохота; α_1, β_1 и α_2, β_2 - входные и выходные параметры закона распределения грансостава, определяемые на основании разовых опробований грохота.

Представленные линейные регрессионные модели грохота являются адекватными объекту, поскольку рассчитанные на основании экспериментальных данных множественный

коэффициент корреляции $R=0,85$, статистика Фишера $F = 63,81$ и при уровне значимости $0,05$ практическое значение коэффициента корреляции равно $0,18$ критическое значение статистики Стьюдента $-1,98$.

С целью повышения точности расчетов может быть использована нелинейная модель, учитывающая влияние перекрестных значений членов в уравнении, т.е. когда имеет место изменение двух регулируемых параметров грохота, например, угла наклона и размера ячейки сита и т.д. Поэтому уравнение регрессии для эффективности грохочения E , закругления ε_+ и замельченности ε_- проверялось на уровень адекватности по параболической и полной регрессионным моделям, у которых уровень адекватности по коэффициенту детерминации на $14-20\%$ выше, чем у линейной модели. В результате по критериям надежности коэффициентов регрессии и значимости частных коэффициентов корреляции уточненная за счет учета нелинейных членов уравнения модель грохота имеет вид:

$$\begin{aligned}
 E &= a_0 + a_1\omega + a_2l + a_3\alpha_r + a_4\delta_r + a_5\omega^2 + a_6l^2 + \\
 &+ a_7\delta_r^2 + a_8\omega\alpha_r + a_9\omega\delta_r + a_{10}\lg; \\
 \varepsilon_+ &= b_0 + b_1\omega + b_2\delta_r + b_3g - b_4\omega^2 + b_5l^2 + b_6\alpha_r^2 + \\
 &b_7\delta_r^2 + b_8\omega\delta_r + b_9l\delta_r + b_{10}\lg + b_{11}\delta_r g; \\
 \varepsilon_- &= c_0 + c_1\omega + c_2l + c_3\alpha_r + c_4\delta_r + c_5g.
 \end{aligned}$$

Таким образом, для эффективности грохочения E и закругления ε_+ приняты нелинейные модели, а для замельченности ε_- принята линейная модель. В целом, все три уравнения представляют математическую модель вибрационного грохота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение технологических и эксплуатационных показателей резонирующих ленточно-струнных сит по крупности 5 мм / Червоненко А.Г., Надутый В.П., Морус В.Л., Ванжа А.И. -Деп. ВИНТИ. Днепропетровск, Деп. № 811-61-1386. 1986. - 12 с.

2. Надутый В.П. Исследование влияния режимных и конструктивных параметров на технологические показатели виброгрохотов с резиновыми ленточно-струнными ситами. Сб. науч. трудов 11 Международного симпозиума по механике эластомеров. - Днепропетровск, 1997. - С. 314-323.

3. Надутый В.П. Анализ математических моделей циклов дробления для разработки из статистического представления. ВИНТИ. Деп. № 2651-В90. Днепропетровск, 1990. - 14 с.

4. Надутый В.П. Разработка математических моделей циклов дробления на основе регрессионных зависимостей. ВИНТИ. Деп. № 2938-В90. Днепропетровск, 1990. - 9 с.

УДК 532.517:532.526

А.В. Хаминич

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ПРИ НАЛИЧИИ ДВИЖУЩЕЙСЯ ТОЧКИ ОТРЫВА

Запропоновано методику дослідження нестационарних течій в пограничному шарі, який характеризується наявністю рухомої точки відриву. При ряді допущень зона чисельного інтегрування поширюється за рахунок включення додаткових вузлів сітки, які в попередні моменти часу знаходилися поза границь пограничного шару нижче за течією в області відриву. Іл. 1. Бібліогр.: 1 найм.

Возможность численного моделирования процессов в нестационарном пограничном слое представляет для исследователя несомненный интерес. Далеко не всегда при помощи физического эксперимента имеется возможность получить необходимые результаты. Это связано с динамичностью процессов, происходящих при нестационарных течениях. При этом значительно усложняется регистрирующая аппаратура, повышаются материальные затраты. Большинство этих требований удается преодолеть, заменяя натурный эксперимент вычислительным.

Основные уравнения для несжимаемого нестационарного пограничного слоя и способы их получения изложены в многочисленных фундаментальных работах по теории пограничного слоя.