© М.В. Гегелашвили, Т.Г. Медоев, А.А. Стрельцов, 2007

УДК 622.73

М.В. Гегелашвили, Т.Г. Медоев, А.А. Стрельцов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕЛЬНИЦЫ – КЛАССИФИКАТОРА ДЛЯ МОКРОГО РАЗМОЛА РУДНОГО СЫРЬЯ

Семинар № 20

Процесс динамического самоизмельчения руд является новым технологическим процессом и не имеет аналогов. Одним из существенных недостатков базовой конструкции является значительное количество в продуктах разгрузки частиц, размер которых определяется целыми миллиметрами, что делает невозможным их последующее обогащение без дополнительной обработки. Эта проблема может быть решена на основе совмещения этого процесса с классификацией [1].

При проведении лабораторных исследований требовалось определить зависимость мощности на валу и производительности по питанию мельницы – классификатора от основных независимых факторов процесса.

Для выбора плана эксперимента необходимо иметь либо априорную информацию, либо провести ориентирующие опыты для предварительного выявления характера зависимости [2]. Для проведения ориентирующих экспериментов опытная модель мельницы – классификатора на базе мельницы МАЯ Р-4,5 [1,3] была смонтирована в специальной лаборатории кафедры "Технологические машины и оборудование" Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета).

Мельница – классификатор (рис.1) содержит станину *1* с закрепленным на ней вертикальным коническим корпусом *2,* приводом *3*. В подшипниковом узле *4* консольно закреплен вал *5*, на котором в свою очередь крепится чаша *6* с ребрами *7* предназначенными для разгона материала. С неподвижным кольцом *8* чаша образует кольцевой зазор. Регулировка зазора осуществляется посредством упругого компенсатора *9* и регулировочных винтов *10*. Измельчение происходит в среде транспортирующего агента поступающего в корпус через картер *11* из приточного патрубка *12*. Крупность слива регулируется количеством подаваемой воды и высотой сменной вставки уровня слива *13*. Готовый класс удаляется через сливную сетку *14* и короб *15*.

Испытания проводили по следующей методике. Интервалы варьирования влияющих факторов принимали исходя из априорной информации и данных ориентирующих опытов (размол щебня - 40 мм, размол доломита -20 мм). Обрабатываемый материал был представлен полиметаллической рудой Садонского рудника Садонского свинцово-цинкового комбината (РСО-Алания) размером - 55 мм.

Подача транспортирующей воды и загрузка измельчаемого материала осуществлялась вручную.

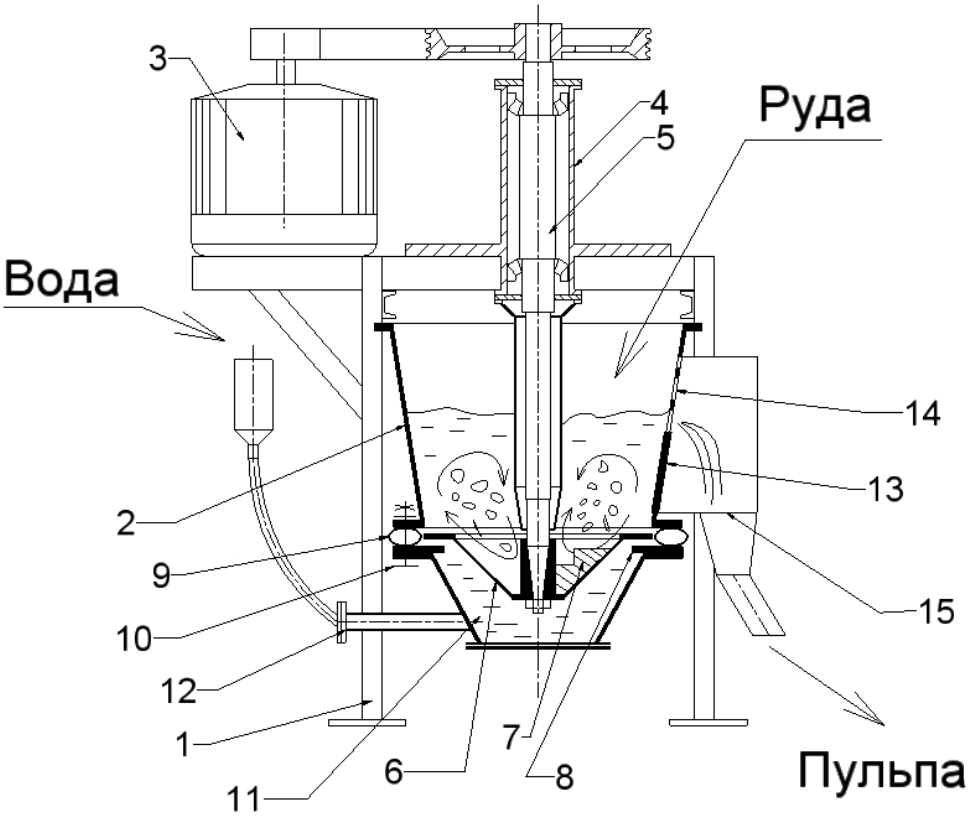


Рис. 1. Экспериментальная модель мельницы – классификатора

Показания фиксировались после установки нового режима работы. Каждый опыт повторялся 3-5 раз.

Для определения искомых зависимостей от различных факторов использовался метод планирования экспериментов [4]. На основании ориентирующих опытов при постановке экспериментов был принят центральный ротатабельный униформ план второго порядка, реализация которого позволяет при минимальном числе экспериментов получить наиболее информативное представление о поверхности отклика. Ранее по результатам аналитического исследования было выявлено, что из факторов легко варьируемых в производственных условиях наибольшее влияние на параметры оптимизации (N и Q) оказывают угловая скорость чаши – (ω), высота столба материала – ($H_м$) и подача транспортирующего агента (воды) – ($Q_в$). Интервал варьирования факторов принимался, исходя из результатов ориентирующих опытов.

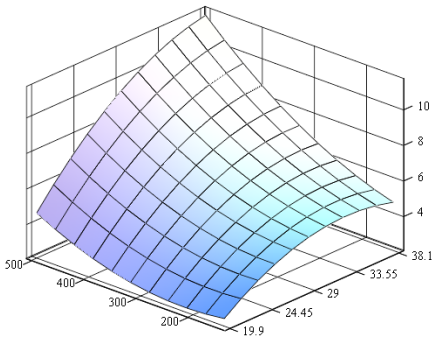
Опыты были рандомизированы, и порядок их выполнения определялся по таблице случайных чисел. В таблице приводятся интервалы варьирования в натуральном выражении и кодировка факторов.

Реализация центрального ротатабельного униформ плана второго порядка осуществляется в соответствии с матрицей планирования.

После обработки уравнение регрессии для определения мощности привода, адекватное при 1%-ном уровне значимости,

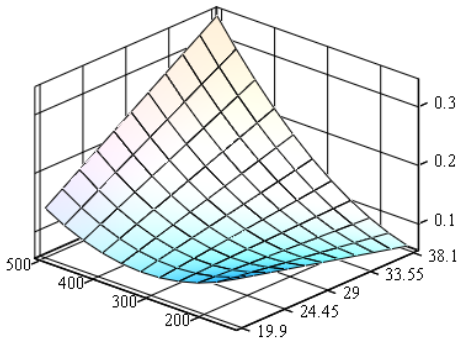
Интервалы варьирования и кодировка факторов

Точки факторного пространства	ω, c^{-1}	$H_м$, мм	$Q_в$, л/мин
Кодировка факторов	x_1	x_2	x_3
Основной уровень (x_{i0})	29	320	4
Интервал варьирования (Δx_i)	5,4	107	1
Верхний уровень +1	34,4	427	5
Нижний уровень -1	23,6	213	3
Звездная точка +α (+1,682)	38,1	500	5,7
Звездная точка -α (-1,682)	19,9	140	2,3



(ω1, H1, N)

Рис. 2. Поверхность отклика по уравнению регрессии угловой скорости ротора (x_1) и высоты столба материала (x_2) на мощность привода (расход воды – 4 л/мин)



(ω1, H1, Q)

Рис. 3. Поверхность отклика по уравнению регрессии угловой скорости ротора (x_1) и высоты столба материала (x_2) на производительность по питанию (т/ч)

приняло следующий вид

$$N = 6{,}235 + 1{,}358x_1 + 1{,}308x_2 - 0{,}264x_3 + 0{,}403x_1x_2 - 0{,}206x_2x_3 - 0{,}461x_1^2 + 0{,}332x_2^2 - 0{,}328x_3^2 \quad (1)$$

Полученная модель приведена к каноническому виду. Осуществлен параллельный перенос начала координат в новый центр S и рассчитаны его координаты. Для чего дифференцируем уравнение (1) по независимым переменным и приравниваем частные производные нулю. В результате решения этого уравнения с помощью ЭВМ определены координаты нового центра:

$x_{1s} = 0{,}515$; $x_{2s} = -2{,}194$; $x_{3s} = 0{,}288$.

В итоге каноническая форма уравнения (1) имеет вид:

$$N - 5{,}111 = -0{,}512 \cdot X_1^2 + 0{,}394X_2^2 - 0{,}338 \cdot X_3^2 \quad (2)$$

Поскольку коэффициенты канонического уравнения имеют разные знаки, изучаемая поверхность отклика относится к поверхности типа минимакс. На рис. 2 приведена поверхность отклика при расходе воды, соответствующем основному уровню.

Уравнение регрессии для производительности по питанию примет вид

$$Q = 0{,}121 + 0{,}019x_1 + 0{,}042x_2 + 0{,}024x_1x_2 + 0{,}017\,x_2^2 \quad (3)$$

Полученная математическая модель адекватна при 5%-ном уровне значимости. После приведения его к канониче-

скому виду выяснилось, что коэффициенты имеют разные знаки. Но величина коэффициента при угловой скорости очень мала. Отсюда делаем вывод, что для увеличения производительности целесообразно, прежде всего, увеличивать высоту столба материала над вращающимся ротором.

Одновременно с этим обращает на себя внимание то, что коэффициенты при третьем факторе (расход воды, подаваемой в мельницу) оказались в предлагаемом интервале варьирования статистически незначимыми. Этот факт перекликается с результатами проведенных ранее испытаний мельниц динамического самоизмельчения различных типоразмеров при мокром размоле различных руд в промышленных и лабораторных условиях [5, 6], на основе которых был сделан вывод о независимости производительности по питанию от количества подаваемой в мельницу воды [7].

На рис. 3 приведена соответствующая поверхность отклика.

Выводы

Для мельницы – классификатора в диапазоне варьирования факторов экспериментально установлено что:

1. Мощность привода возрастает при увеличении угловой скорости и высоты столба материала в корпусе и уменьшается при увеличении количества воды, подаваемой внутрь.

2. Производительность по исходному питанию зависит только от частоты вращения и высоты столба, причем основное влияние на этот параметр оказывает высота столба материала, а от количества подаваемой воды производительность по исходному питанию не зависит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гегелашвили М.В., Медоев Т.Г.* Мельница-классификатор для мокрого размола рудного сырья. // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2003 №2. с. 210 – 212.
2. *Барский Л.А.. Козин В.З.* Системный анализ в обогащении полезных ископаемых. – М.: Недра, 1978. 486 С.
3. . *Гегелашвили М.В., Медоев Т.Г.* Разработка мельницы-классификатора на основе мельницы динамического самоизмельчения. // Перспективы развития горнодобывающего и металлургического комплекса России. Мат. всеросс. науч.-практ. конф., посвященной 70 летию СКГТУ (13 – 15 июня 2002 г.) – г. Владикавказ. Терек. 2002.
4. *Новик Ф.С.* Планирование эксперимента в металловедении. М.: Машиностроение, 1974. 40 с.
5. *Ягупов А.В., Гегелашвили М.В., Хетагуров В.Н., Палванов В.П.* Измельчение крепких руд в мельнице МАЯ // Горный журнал, 1987, № 3, С. 41-42.
6. *Гегелашвили М.В.* Размалываемость марганцевой руды в лабораторной модели мельницы МАЯ / Сев.-Овет.гос.ун-т. Сев.-Кавк. горно-металлург.ин-т. Орджоникидзе. 1987. 12с Деп. в ЦНИИЭИчертмет. 9.10.87. № 3Д/3733.
7. *Гегелашвили М.В.* Теория и практика мельниц динамического самоизмельчения. – Владикавказ: Терек, 2001. – 208 с.

Коротко об авторах

Гегелашвили М.В. – доктор технических наук, профессор,
Медоев Т.Г. – кандидат технических наук, доцент,
Стрельцов А.А. –

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).