ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXXIX, № 3, 1986 Серия технических наук

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

В. А. БАЛАЯН, Г. А. КАСАБЯН, Н. О. ГРИГОРЯН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПОЛНЕНИЯ ПОМОЛЬНЫХ КАМЕР ВИБРАЦИОННЫХ МЕЛЬНИЦ МЕЛЮЩИМИ ТЕЛАМИ

Одним из параметров вибрационной мельницы, определяющим ее производительность, является коэффициент заполнения помольных камер мелющими телами. Опыт применения вибрационных мельниц показывает, что существует оптимальная величина заполнения помольных камер мелющими телами $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{опт}}$, при которой мощность, сообщаемая загрузке, а следовательно, и производительность мельницы достигает максимума. При этом энергозатраты, эксплуатационные расходы и себестоимость продукции достигают минимума. Учитывая, что на величину $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{опт}}$ оказывает влияние ряд факторов, а также ввиду сложности процессов, протекающих в вибрационных мельницах, для определения величины $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{опт}}$ целесообразно проведение экспериментального исследования.

Исследование зависимостей мощности, сообщаемой загрузке помольных камер, от коэффициента заполнения при различных амплитудах и частотах колебаний, диаметрах и углах наклона помольных камер показало, что частота колебаний не оказывает существенного влияния на величину $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{опт}}$. В то же время остальные из вышеуказанных факторов оказывают значительное влияние на величину $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{опт}}$, поэтому для точного определения влияния вышеуказанных факторов и получения уравнения, позволяющего с достаточной для практики точностью определить значение $\varepsilon_{\text{п}}^{\text{опт}}$, для различных мельниц при заданных режимах работы и конструктивных параметрах, было проведено планирование эксперимента второго порядка, целью которого было получение математической модели в виде уравнения регрессии второго порядка.

В качестве математической модели была принята функция:

$$M\{y\} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i \bar{X}_i + \sum_{i<j}^{k} \beta_{ij} \bar{X}_i \bar{X}_j + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} X_i^2, \qquad (1)$$

где $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots$ — теоретические коэффициенты регрессии; $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \ldots$ — переменные факторы, от которых зависит отклик и которыми можно варьировать при проведении экспериментов.

Выбор базовых значений факторов, интервалов и пределов их варьирования производился на основании анализа литературных данных, результатов проведенных экспериментов влияния угла наклона на величину мощности сообщаемой загрузке помольных камер, а также учета режимов работы современных промышленных мельниц. Исходные данные приведены в таблице

Таблица

Факторы	Кодовое обозначение факторов	Базовый уровень	Интервал варьирования	Пределы варьирования факторов
Амплитуды A, *мм*	X_1	6,2	2	2,6 ... 10
Угол наклона помольных камер α, *рад*	X_2	0,52	0,26	0 ... 0,78
Диаметр помольных камер $D_к$, *м*	X_3	0,168	0,037	0,13 ... 0,39

Уравнение регрессии для трех факторов имеет вид:

$$\bar{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \hat{\beta}_3 X_3 + \hat{\beta}_4 X_1 X_2 + \hat{\beta}_5 X_1 X_3 + \hat{\beta}_6 X_2 X_3 +$$

$$+ \hat{\beta}_7 X_1^2 + \hat{\beta}_8 X_2^2 + \hat{\beta}_9 X_3^2, \qquad (2)$$

где $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \ldots, \hat{\beta}_9$ — выборочные коэффициенты регрессии, являющиеся оценками для соответствующих теоретических коэффициентов β; $\bar{y}$ — оценка математического ожидания отклика $M[y]$; X_1, X_2, X_3 — безразмерные значения факторов.

Переход от размерных физических значений факторов к безразмерным производился по формуле преобразования [1]. Для определения коэффициентов уравнения регрессии (2) был составлен и реализован композиционный план, включающий в себе лабораторный и промышленный эксперименты. В лабораторных условиях был реализован полный факторный эксперимент, дополненный опытами в центральных точках. План был дополнен также результатами исследований на помольных камерах с диаметрами 0,265 и 0,38 *м*. Составленный композиционный план позволял учесть варьирование диаметра помольной камеры и распространить результаты исследований на промышленные установки. В качестве критерия при проведении экспериментов была принята мощность, потребляемая вибромельницей, что позволило считать условия проведения лабораторных и промышленных экспериментов идентичными. План эксперимента состоял из 36 опытов с трехкратным дублированием каждого из них. Определение значений коэффициентов регрессии производили методом наименьших квадратов. Вычисления проводили на ЭВМ-40-30.

Подставив рассчитанные значения b_i в уравнение (2), получили

$$y = 0{,}79 - 4{,}47 \cdot 10^{-2} X_1 - 1{,}66 \cdot 10^{-2} X_2 + 3{,}69 \cdot 10^{-2} X_3 -$$
$$- 1{,}6 \cdot 10^{-3} X_1 X_2 + 7{,}06 \cdot 10^{-3} X_1 X_3 + 3{,}45 \cdot 10^{-3} X_2 X_3 + 1{,}13 \cdot 10^{-3} X_1^2 +$$
$$+ 3{,}55 \cdot 10^{-3} X_2^2 - 3{,}27 \cdot 10^{-3} X_3^2. \qquad (3)$$

При анализе полученной модели первоначально внимание обращалось на совпадение расчетных и экспериментальных значений y. Оказалось, что максимальная относительная ошибка несоответствия расчетных и экспериментальных значений y не превышала 3%, в связи с чем была произведена лишь оценка дисперсии, величина которой оказалась незначительной. Как показано в [2], при хорошей сходимости расчетных и экспериментальных данных проверка адекватности по F — критерию носит формальный характер.

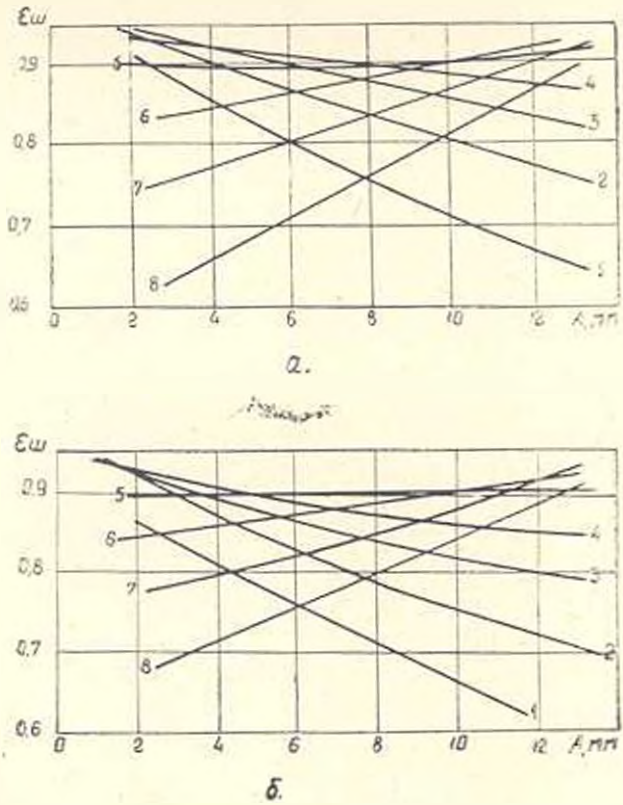

Рис. Зависимость величин оптимального коэффициента заполнения комольных камер мелющими телами от амплитуды колебаний при $D_к$ равном: 1 — 0,13 м; 2 — 0,205 м; 3 — 0,265 м; 4 — 0,32 м; 5 — 0,38 м; 6 — 0,45 м; 7 — 0,52 м; 8 — 0,6 м. а) при α=0°, б) при α=30°

Преобразование уравнения (3) дает следующее уравнение в натуральных значениях факторов:

$$\varepsilon_{\text{м}}^{\text{опт}} = 0{,}873 - 4{,}03 \cdot 10^{-2} A - 0{,}16\alpha + 1{,}02 D_{\text{в}} - 3{,}08 \cdot 10^{-3} A\alpha +$$

$$+ 9{,}54 \cdot 10^{-2} D_{\text{в}} A + 0{,}36\alpha D_{\text{в}} + 2{,}8 \cdot 10^{-4} A^2 + 4{,}97 \cdot 10^{-2} \alpha^2 - 2{,}39 D_{\text{в}}^2 . \quad (4)$$

Анализ уравнений (3) и (4) показал, что при малых диаметрах помольных камер увеличение амплитуды колебаний приводит к уменьшению величины $\varepsilon_{\text{м}}^{\text{опт}}$, что видно из графических зависимостей, представленных на рисунке. При увеличении диаметра камеры влияние амплитуды колебаний несколько ослабевает, а при $D_{\text{в}} > 0{,}4$ *м* наблюдается увеличение величины $\varepsilon_{\text{м}}^{\text{опт}}$ при возрастании A. Наклон помольных камер малых диаметров ($D_{\text{в}} \leq 0{,}32$ *м*) приводит к снижению значения $\varepsilon_{\text{м}}^{\text{опт}}$, в то время, как при $D_{\text{в}} \geq 0{,}4$ *м* наблюдается обратная картина. Следовательно, в промышленных мельницах увеличение амплитуды колебаний позволяет повысить эффективность и производительность мельницы за счет повышения значения оптимального коэффициента заполнения помольных камер мелющими телами.

Установление зависимости между $\varepsilon_{\text{м}}^{\text{опт}}$ и основными параметрами наклонных вибрационных мельниц, с целью выбора рациональных величин этих параметров позволяет повысить производительность мельницы при одновременном снижении удельных энергозатрат. Она может быть применена для инженерных расчетов при проектировании и эксплуатации вибрационных мельниц, а также для оптимизации процесса вибрационного измельчения.

Кир. фил. ЕрПИ им. К. Маркса

20. X. 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. *Адлер Ю. П.* Введение в планирование эксперимента.— М.: Наука, 1976.— 279 с.
2. *Даниэль К.* Применение статистики в промышленном эксперименте.— М.: Мир, 1979.— 294 с.