

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, СООБЩАЕМОЙ ЗАГРУЗКЕ ПОМОЛЬНЫХ КАМЕР НАКЛОННЫХ ВИБРАЦИОННЫХ МЕЛЬНИЦ

Одним из основных параметров, характеризующих процесс вибрационного измельчения, является мощность, сообщаемая загрузке помольных камер N_3 . Теоретическое определение N_3 производится с большими допущениями и не учитывает влияние ряда факторов, поэтому целесообразным является экспериментальный путь изучения данного вопроса с использованием статистических методов планирования многофакторных экспериментов. На основании априорной информации и предварительных экспериментов установлено, что основными факторами, определяющими величину N_3 , являются: частота и амплитуда колебаний корпуса мельницы n и A ; угол наклона помольных камер α ; коэффициент заполнения помольных камер мелющими телами $\Sigma_{\text{м}}$; диаметр помольной камеры D_k ; масса загрузки помольных камер m_3 . Произведен также выбор первоначального вида искомой математической модели для определения величины N_3

$$N_3 = C \cdot m_3 \left(\frac{n}{1000} \right)^{\beta_1} A^{\beta_2} \Sigma_{\text{м}}^{\beta_3} D_k^{\beta_4} \exp(\beta_5 \alpha + \beta_6 \Sigma_{\text{м}} + \beta_7 D_k). \quad (1)$$

В дальнейшем масса загрузки была исключена из (1) и эксперименты проводились с определенным значением мощности, сообщаемой единице массы загрузки, что позволило производить сравнение вибрационных мельниц, имеющих различные диаметры помольной камеры. Уравнение (1) после исключения m_3 , логарифмирования и выведения членов, учитывающих взаимодействия факторов α , $\Sigma_{\text{м}}$, D_k и квадратичных переменных, принимает вид:

$$\begin{aligned} \ln \Theta = \beta_8 + \beta_1 \ln \left(\frac{n}{1000} \right) + \beta_2 \ln A + \beta_3 \ln \Sigma_{\text{м}} + \beta_4 \ln D_k + \\ + \beta_5 \alpha + \beta_6 \Sigma_{\text{м}} + \beta_7 D_k + \beta_8 \alpha \Sigma_{\text{м}} + \beta_9 \alpha D_k + \beta_{10} \Sigma_{\text{м}} D_k + \\ + \beta_{11} \alpha \Sigma_{\text{м}} D_k + \beta_{12} \alpha^2 + \beta_{13} \Sigma_{\text{м}}^2 + \beta_{14} D_k^2. \end{aligned} \quad (2)$$

где $\Theta = \frac{N_3}{m_3}$ — мощность, сообщаемая единице массы загрузки; β_8 , β_1 , ..., β_{14} — коэффициенты уравнения регрессии. Был составлен композиционный план, который состоял из полного факторного эксперимента, позволяющего произвести оценку линейных членов и парных взаимодействий факторов, а также экспериментов, реализованных на вибрационной мельнице МВН2-1 [1], для оценки коэффициентов уравне-

ния регрессии при квадратах факторов и учета в модели изменения влияния факторов при переходе от лабораторных испытаний к промышленным. Выбор базовых значений и интервалов варьирования факторов производился с учетом режимов работы современных высокопроизводительных вибрационных мельниц непрерывного действия (таблица).

Таблица

| Факторы | Коловос обозначение | Базовый уровень | Интервал варьирования |
|---|---------------------|-----------------|-----------------------|
| Частота колебаний $\frac{n}{1000} \cdot \text{мин}^{-1}$ | X_1 | 1,18 | 0,22 |
| Амплитуда колебаний $A, \text{мм}$ | X_2 | 5,5 | 1,5 |
| Угол наклона помольных камер $\alpha, \text{рад}$ | X_3 | 0,52 | 0,26 |
| Коэффициент заполнения помольных камер мелющими телами. $\epsilon_{\text{ш}}$ | X_4 | 0,725 | 0,075 |
| Диаметр помольных камер $D_{\text{к}}, \text{м}$ | X_5 | 0,235 | 0,03 |

Каждая точка плана эксперимента дублировалась пять раз с рандомизацией во времени. Достаточность количества параллельных опытов в каждой точке плана экспериментов проверялась по t -критерию Стьюдента. Для оценки коэффициентов уравнения регрессии (2) применялся метод наименьших квадратов. Обработка результатов экспериментов и окончательный выбор вида математической модели производились на ЭВМ. При составлении программы учитывалась возможность ввода различных видов модели. Качество модели оценивалось величиной дисперсии.

На основании выполненных экспериментов получено уравнение, определяющее связь между мощностью, сообщаемой единице массы загрузки, и основными технологическими и конструктивными параметрами вибрационной мельницы

$$\begin{aligned} \Theta = 1,954 \left(\frac{n}{1000} \right)^{2,42} A^{1,31} \Sigma_{\text{ш}}^{1,12} D_{\text{к}}^{-0,26} \exp (1,44 \alpha - 1,08 \epsilon_{\text{ш}} - \\ - 1,44 \alpha \Sigma_{\text{ш}} - 3,43 \alpha D_{\text{к}} - 1,71 \Sigma_{\text{ш}} D_{\text{к}} + 4,94 \epsilon_{\text{ш}} D_{\text{к}} \alpha - 0,15 \alpha^2) \cdot \frac{Bm}{\kappa z} \quad (3) \end{aligned}$$

Усложнение вида математической модели (3) не привело к уменьшению ошибки между предсказанным уравнением (3) и экспериментальными значениями мощности, сообщаемой единице массы загрузки.

Хорошее совпадение расчетных данных и экспериментальных результатов, что доказано адекватностью модели и оценкой абсолютной и относительной ошибкой несоответствия этих результатов [2, 3], свидетельствуют об отсутствии парных взаимодействий частоты и амплитуды колебаний между собой и с другими факторами в исследу-

дованной области варьирования факторов. Учитывая, что мощность, сообщаемая всей нагрузке помольных камер, равна $N_3 = m_3 \mathcal{E}$ и подставляя вместо m_3 ее величину, выраженную через размеры и коэффициенты заполнения помольных камер

$$m_3 = \frac{\pi D_k^2}{4} L_k c \Sigma_{\text{ш}} 0.6 \rho. \quad (4)$$

где $L_k = \lambda D_k$ — длина секции помольной камеры, c — суммарное число секций в помольных камерах; ρ — плотность материала мелющих тел, получим следующее выражение для определения мощности, сообщаемой нагрузке помольных камер:

$$N_3 = 92.55 \cdot 10^{-2} \lambda c \rho \left(\frac{n}{1000} \right)^{2.32} A^{1.51} \Sigma_{\text{ш}}^{2.12} D_k^{2.74} \exp(1.44 \alpha - 1.08 \Sigma_{\text{ш}} - 1.44 \alpha \Sigma_{\text{ш}} - 3.43 \alpha D_k - 1.71 \Sigma_{\text{ш}} D_k + 4.94 \Sigma_{\text{ш}} D_k \alpha - 0.15 \alpha^2), \text{ Вт}. \quad (5)$$

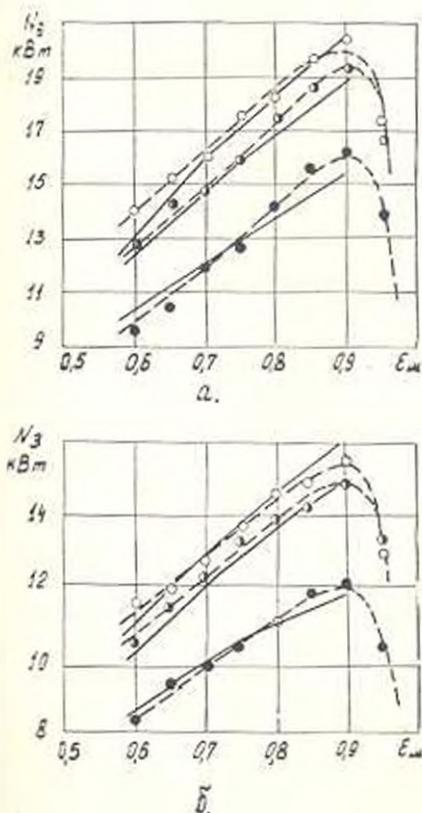


Рис. Зависимость мощности, сообщаемой загрузке N_3 , от коэффициента заполнения $\alpha_{\text{ш}}$: а. — $A = 7.7 - 51 \text{ м.м}$; б. — $A = 7.7 - 81 \text{ м.м}$. ● — $\alpha = 0$, ○ — $\alpha = 30^\circ$, ○ — $\alpha = 45^\circ$, - - - - : эксперимент, — — — — расчет.

Анализ уравнений (3) и (5) показал, что увеличение диаметра помольной камеры приводит к уменьшению величины мощности, сообщаемой единице массы загрузки, а следовательно и удельной производительности мельницы, хотя при этом мощность, сообщаемая загрузке и производительность мельницы возрастают за счет опережающего роста массы загрузки.

Экспериментальная проверка полученной математической модели, проведенная на лабораторной и промышленной вибрационных мельницах, показала, что она удовлетворительно описывает также и области варьирования факторов, не включенные в план эксперимента. На рисунке в качестве примера приведены зависимости мощности сообщаемой загрузке от коэффициента заполнения для промышленной мельницы с диаметром помольной камеры $D_c = 0,38$ м, что доказывает пригодность математической модели (5) для практических расчетов.

Кир. ф-л.
ЕрПИ

25 I. 1986

Վ. Ա. ԲԱՇՏԱԿԱՆ, Ն. Ի. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Գ. Ա. ՂԱՍՅԱԿՅԱՆ

**ԹԵՐ ԹՐԹԻՌԱՅԻՆ ԱՂԱՑՆԵՐԻ ԱՂԱՄԱՆ ԽՅՆՐԻ ԲԵՌՆՎԱՏՔԻՆ
ՀԱՂՈՐԴՎՈՎ ՀՁՈՐՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՈՒԹՅՈՒՆ**

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ստացված է երկրորդ կարգի ուղղանկյունի հավասարում, որը թույլ է տալիս ի հայտ բերել թեր աղման խցերով թրթրային աղացի շիմնական կառուցվածքային և տեխնոլոգիական պարամետրերի աղղեցությունը մեքենայի բեռնվածքին հաղորդվող հզորության և նրա արտադրողականության վրա: Կատարված է ստացված մաթեմատիկական մոդելի վիճակագրական գնահատումը և նրա ստուգումը արդյունաշերտի պայմաններում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Теймурзян С. А.* Вибрационная мельница с изклонными помольными камерами // Реферативная информация. Промышленность неметаллургических материалов — ВИНЦИСМ — 1977. — № 3 — С. 8—9.
2. *Кайса П. Г.* Статистические методы исследования режущего инструмента. — М.: Машиностроение, 1968 — 155 с.
3. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике. — М.: Наука, 1977. — 831 с.