

АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАНЕТАРНЫХ МЕЛЬНИЦ

Минск, Белорусский государственный технологический университет

Основными направлениями совершенствования помольных агрегатов являются повышение эффективности помола при одновременном снижении энергозатрат на помол и металлоёмкости помольных агрегатов. Всем этим требованиям отвечают планетарные мельницы [1]. Широкое внедрение этих мельниц в производство сдерживается отсутствием надежных методов расчёта.

Нами проведен анализ движения одиночного мелющего тела в планетарной мельнице с внешней обкаткой, расчетная схема которой представлена на рис. 1.

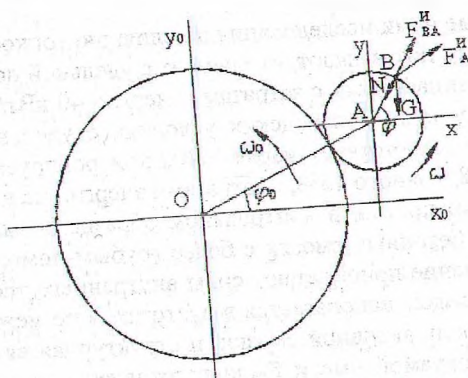


Рис. 1. Расчетная схема планетарной мельницы

При этом руководствовались принципом Даламбера [2], согласно которому

$$\vec{G} + \vec{N} + \vec{F}_A^{II} + \vec{F}_{BA}^{II} = 0, \quad (1)$$

где G – сила тяжести мелющего тела; N – нормальная реакция; F_A^{II} – переносная инерционная сила; F_{BA}^{II} – относительная инерционная сила.

В результате оценки режимов движения мелющих тел, характерных для всех барабанных мельниц [3], удалось получить формулы для расчета минимальной и максимальной угловых скоростей вращения барабана планетарной мельницы:

$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{g(1+k)}{kR[f(1+k) + fk \sin \varphi_0 - k \cos \varphi_0]}} \quad (2)$$

$$\omega_{\max} = \sqrt{\frac{g(1+k)}{kR}}, \quad (3)$$

где $k=r/R$ – геометрический параметр; f – коэффициент трения; φ_0 – угол поворота водила.

Далее проанализировано изменение нормальной реакции за один оборот водила, рис. 2, и определено условие отрыва мелющего тела от стенки барабана, которое соответствует $N \leq 0$. Математически это условие можно записать в следующем виде:

$$\omega_0^2 R(1+k) \left[\frac{1+k}{k} + \cos \frac{\varphi_0}{k} \right] - g \sin \left(\frac{1+k}{k} \varphi_0 \right) \leq 0, \quad (4)$$

где ω_0 – угловая скорость водила.

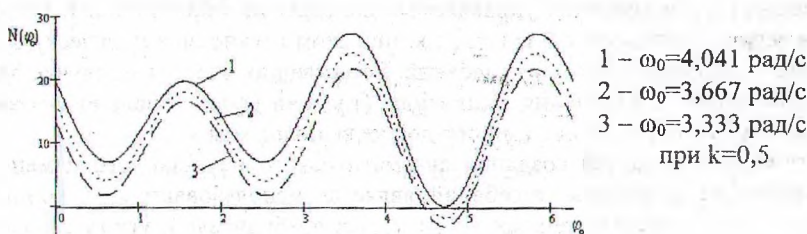


Рис. 2. Зависимость относительной реакции N от угла поворота водила

Из графика видно что величина реакции и цикличность её изменения у планетарных мельниц значительно выше, чем у обычных барабанных. Это должно способствовать повышению эффективности помола.

После отрыва мелющее тело под действием силы тяжести и переносной силы инерции летит по параболической траектории. Совместное решение уравнений параболы и поступательно перемещающейся окружности дало возможность установить координаты точки их пересечения.

Используя эти координаты, можно определить высоту падения мелющего тела и таким образом оценить энергозатраты на помол в планетарных мельницах. В перспективе намечается провести комплекс экспериментальных исследований по определению эффективности помола в планетарных мельницах.

Литература

1. Дуда В. Цемент. – М.: Стройиздат. 1981. – 464 с.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1998. – 416 с.
3. Андреев С.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых/ С.Е. Андреев, В.А. Перов, В.В. Зверевич. – М.: Недра, 1988. – 415 с.