

УДК 004

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЫ С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Терлецкая А.М., Райц Н.Р., Лимарева И.Г., Апачиди К.Н.

Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: ternast@mail.ru, e-mail: nadyareiz@mail.ru, e-mail: innalim21@mail.ru; e-mail: zeniya92-28@mail.ru

В статье приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований по тонкому измельчению в планетарной мельнице с двумя степенями свободы. Использование в качестве привода дифференциального механизма позволяет в широком диапазоне изменять режимные параметры размольной установки, повышая эффективность размельчения и снижая энергозатраты. Решена задача определения мощности, расходуемой электродвигателем размольной установки с двумя степенями свободы.

Ключевые слова: планетарная мельница, тонкое измельчение, степени свободы, размольная установка

CALCULATION OF ENERGETIC AND POWER ARGUMENTS OF THE PLANETARY CRUMBER WITH TWO DEGREES OF FREEDOM

Terletskaia A.M., Rajts N.R., Limareva I.G., Apachidi K.N.

The Karaganda state engineering university, Karaganda, e-mail: ternast@mail.ru, e-mail: nadyareiz@mail.ru, e-mail: innalim21@mail.ru; e-mail: zeniya92-28@mail.ru

In the article outcomes idealised and experimental researches on a pulverisation in the planetary crumber with two degrees of freedom are resulted. Usage in the capacity of a drive gear of a box of tricks allows to variate in a broad band operating conditions of plate installation, increasing effectiveness of a making small and reducing power inputs. The problem of the power rating, plate installation outlayed by the electromotor with two degrees of freedom is decided.

Keywords: the planetary crumber, a pulverisation, degrees of freedom, plate installation

Эффективность измельчения и расход энергии на измельчение материала существенно зависит от режима движения помольной среды в размольной установке. В планетарной мельнице, как и в обычной шаровой, возможен один из следующих режимов: каскадный – без подбрасывания мелющих тел; смешанный – частично перекачивание мелющих тел, частично подбрасывание; водопадный – с подбрасыванием, но с частотой вращения барабана меньше критической; режим со сверхкритической скоростью – частично подбрасывание и частично центрифугирование и режим махового колеса – только с центрифугированием.

Режим движения помольной среды существенно зависит от кинематических параметров привода и прежде всего от безразмерной частоты вращения рабочего барабана ψ , а также от степени заполнения шарами φ . При использовании в качестве привода мельницы зубчатого дифференциала безразмерная частота вращения барабана определяется следующим образом:

$$\psi = \left(\omega_1 \cdot i_{21}^H + \omega_H (1 - i_{21}^H) \right) / \omega_H \sqrt{\frac{R}{r}}, \quad (1)$$

где ω_1 и ω_H – частоты вращения центрального вала и водила, соответственно; $i_{21}^H = \frac{r_1}{r_2}$ – передаточное отношение планетарного механизма; R и r – радиусы водила и барабана, соответственно.

Определена полезная мощность для каскадного и водопадного режимов движения помольной среды в мельнице с планетарным приводом. При конструировании мельницы, имеющей в качестве привода дифференциальный механизм с двумя степенями свободы, возникает задача определения мощности, потребляемой каждым электродвигателем.

Начало водопадного режима при полном отсутствии скольжения шаровой загрузки возможно при безразмерной частоте вращения барабана, большей, чем $\psi_{\min} = 0,6116$ (при $\varphi = 0,5$ и $\frac{R}{r} = 3,5$). Чисто водопадный

режим при гладкой футеровке барабана и величине коэффициента трения шаровой загрузки, близкой в 0,4, может начаться только при безразмерной частоте вращения барабана, превышающей 0,65 (для любых степеней заполнения).

Экспериментальные исследования, проведенные на лабораторной и промышленной мельницах, показали, что при измельчении карбонатных пород в качестве рациональных могут быть рекомендованы $\psi = 0,75 \dots 0,76$ и $\varphi = 0,48 \dots 0,49$. Так как $0,6116 < \psi_{\text{рац}} < 0,85$, то можно предположить, что режим движения помольной среды в этом случае является смешанным, т.е. каскадно-водопадным. Поэтому при расчете полезной мощности будем исходить из таких предпосылок: часть энергии рас-

ходуется на преодоление момента сил сопротивления относительно оси барабана, создаваемого переносными силами инерции и равного

$$M_a = \frac{2}{3} \cdot 1000 \cdot \chi \cdot \gamma \cdot r^3 \cdot L \cdot \sin^3 \frac{\delta}{2} \sin \theta, \quad (2)$$

$$A = 2000 \cdot \pi \cdot \chi \cdot \gamma \cdot r^3 \cdot L \cdot \psi^3 \sqrt{\mu} \cdot \left[(1 - \xi^4) - \frac{2}{3} \psi^4 (1 - \xi)^6 \right], \quad (3)$$

Где $\mu = \frac{R}{r}$; ξ – безразмерный параметр, являющийся отношением радиусов внутреннего и внешнего слоев шаров. Величины угла поворота шаровой загрузки θ при $f = 0,4$ и $h < 0$ приведены в табл. 1, а безразмерного параметра ξ – в табл. 2.

Таблица 1
Величины угла θ при равных значениях μ , ϕ и ψ'

μ	$\phi \cdot \psi'$	0,7	0,8	0,9
2	0,4	55°16'	61°35'	70°25'
	0,5	54°01'	60°42'	68°23'
3	0,4	50°15'	55°53'	62°52'
	0,5	49°53'	55°44'	62°66'
4	0,4	47°43'	52°52'	59°07'
	0,5	47°50'	53°16'	60°

где $\chi = \omega_H^2 \cdot \frac{R}{g}$ – характеристическое число мельницы; γ – насыпной вес загрузки; L – длина барабана; δ – центральный угол загрузки; θ – угол поворота загрузки.

Другая часть энергии расходуется на перемещение шаров по круговым траекториям. При этом затрачивается работа

Таблица 2

Величина параметров ξ при различных значениях μ , ϕ и ψ'

	$\phi \cdot \psi'$	0,7	0,8	0,9
3,0	0,4	0,665	0,7228	0,7516
	0,45	0,5946	0,742	0,7117
	0,5	0,5	0,6181	0,6678
3,2	0,4	0,6518	0,7181	0,7498
	0,45	0,5735	0,6676	0,7089
	0,5	0,4515	0,6085	0,6649
4,0	0,4	0,6366	0,7135	0,7471
	0,45	0,5446	0,66	0,7061
	0,5	-	0,597	0,6602

Полезные мощности, затрачиваемые двигателями центрального колеса и водила на преодоление момента M_c при числе рабочих барабанов P соответственно равны:

$$N'_1 = P \cdot M_c \cdot |i_{21}^H| \cdot \omega_1 = \frac{2 \cdot 1000}{3 \cdot 102} \cdot P \cdot \chi \cdot \gamma \cdot r^3 \cdot L \cdot |i_{21}^H| \cdot \sin^3 \frac{\delta}{2} \cdot \sin \theta; \quad (4)$$

$$N'_N = P \cdot M_c \cdot |(1 - i_{21}^H)| \cdot \omega_N = \frac{2 \cdot 1000}{3 \cdot 102} \cdot P \cdot \chi \cdot \gamma \cdot r^3 \cdot L \cdot |(1 - i_{21}^H)| \cdot \sin^3 \frac{\delta}{2} \cdot \sin \theta. \quad (5)$$

Мощность, расходуемая на перемещение шаров по круговым траекториям с учетом (3), равна:

$$N = \frac{P \cdot A}{60 \cdot 102} \cdot (n_3 - n_H) = \frac{P \cdot A}{60 \cdot 102} \cdot |i_{21}^H| \cdot (n_1 - n_H). \quad (6)$$

Так как

$$\gamma \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L = G \cdot \phi,$$

то полезная мощность, расходуемая двигателем центрального колеса, определяется следующим образом:

$$N_1 = \frac{2 \cdot 1000}{102 \cdot 120} \cdot P \cdot \chi \cdot D \cdot \frac{G}{\phi} \cdot |i_{21}^H| \cdot h_1 \left\{ \frac{2}{3} \sin^3 \frac{\delta}{2} \cdot \sin \theta + \psi^3 \sqrt{\mu} \cdot \left[(1 - \xi^4) - \frac{2}{3} \psi^4 (1 - \xi^6) \right] \right\}, \text{ кВт} \quad (7)$$