

# **Математичне обґрунтування кута нахилу робочої поверхні кулькового млина**

**Ю.І. Бойко аспірант, Ю.Г. Сухенко доктор техн. наук**

**Національний університет харчових технологій**

Перспективним засобом для подрібнення зернових продуктів є кульковий подрібнювач, в якому реалізується новий спосіб подрібнення, оснований на застосуванні регульованих стискаючо-зсувних деформацій і втомлювальних процесів [1, 2].

Основним конструктивним параметром подрібнювача є кут нахилу робочої поверхні розмелювального кільця до вертикальної вісі подрібнювача, тому що він має визначальний вплив на режим руху подрібнюваного продукту по поверхні розмелювального кільця. Цей рух є комбінацією двох складових – переміщення продукту по конічній поверхні за рахунок відцентрової сили і за рахунок відкидання його кульками в процесі складного осцилюючого руху.

Конструкція кулькового подрібнювача дозволяє змінювати в певних межах кут нахилу робочої поверхні кільця і, відповідно, швидкість переміщення продукту, лише на етапі його виготовлення. А тому важливо визначити раціональні величини кутів нахилу розмелювального кільця вже на етапі проектування подрібнювача.

Теоретичний кут нахилу розраховали за умови поступового руху розмелюваної частинки продукту  $P$  (рис.1) по поверхні розмелювального

кільця. Для частинки масою  $m$  сила тяжіння  $G$  направлена вертикально вниз, а сама частинка  $P$  переміщується по поверхні розмелювального кільця, яка нахилена до вертикалі під кутом  $\varphi_1$ .

Розкладемо складний вектор сили тяжіння на нормальну та дотичну складові до поверхні розмелювального кільця:

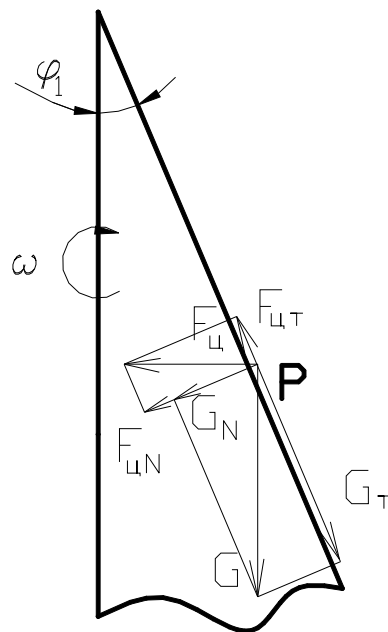


Рис. 1. Схема руху частинки по поверхні розмелювального кільця

$$G_N = mg \sin \varphi_1,$$

$$G_T = mg \cos \varphi_1,$$

де  $G_N$  – нормальна складова сили тяжіння, Н;

$G_T$  – дотична складова сили тяжіння, Н;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

При обертанні кільця на частинку  $P$  діє відцентрова сила  $F_{\text{ц}}$ , яку також можна розкласти на дві складових:

$$F_{yN} = m_c \omega^2 r \cos \varphi_1,$$

$$F_{yT} = m_c \omega^2 r \sin \varphi_1,$$

де  $F_{yN}$  – нормальна складова відцентрової сили, Н;

$F_{yT}$  – дотична складова відцентрової сили, Н;

$\omega$  – кутова швидкість обертання вала,  $\text{с}^{-1}$ .

Сумарна нормальна складова, яка притискає частинку до поверхні розмелювального кільця:

$$N = F_{yN} + G_N = m_c \omega^2 r \cos \varphi_1 + mg \sin \varphi_1 \quad (1)$$

Сила тертя, яка перешкоджає руху частинки по поверхні:

$$F = f (m_c \omega^2 r \cos \varphi_1 + mg \sin \varphi_1) \quad (2)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя.

Дотична сила, що діє на частинку:

$$T = F_{yT} - G_T = m_c \omega^2 r \sin \varphi_1 - mg \cos \varphi_1 \quad (3)$$

Умовою того, що частинка буде рухатись вгору по поверхні розмелювального кільця кулькового подрібнювача є нерівність  $T \leq F$ , коли сила тертя частинки менша за відцентрову дотичну складову, що діє на частинку по поверхні розмелювального кільця [3]:

$$F_{yT} \leq Nf + mg \cos \varphi_1. \quad (4)$$

Підставимо відповідні величини для  $F_{yT}$  і  $N$ :

$$m \omega^2 r \sin \varphi_1 = mg \cos \varphi_1 - f m (\omega^2 r \cos \varphi_1 + g \sin \varphi_1) + mg \cos \varphi_1. \quad (5)$$

Після перетворень отримаємо:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{f \omega^2 r + g}{\omega^2 r - gf}. \quad (6)$$

Рівняння (6) перепишемо у вигляді:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{f + \frac{g}{\omega^2 r}}{1 - \frac{gf}{\omega^2 r}}, \quad (7)$$

де  $f = 0,3$  – коефіцієнт тертя зерна пшениці по сталі;

$\omega = 6,7$  – кутова швидкість обертання вала,  $\text{с}^{-1}$ ;

$r = 0,14$  – відстань від осі обертання до частинки матеріалу, м;

$g = 9,8$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

Порівняння розрахованого кута нахилу розмелювального кільця ( $19^\circ$ ) та отриманого експериментальним шляхом ( $17^\circ$ ) показало, що результати розрахунку та експерименту є адекватними.

#### Література

1. Сухенко Ю.Г., Бойко Ю.І. Кульковий млин для подрібнення відходів олійно-жирової сировини // Хранение и переработка зерна. – 2005. – №12 – С.55 – 56.
2. Деклараційний патент України № 65015 А. Спосіб тонкого подрібнення матеріалів і пристрій для його здійснення / Сухенко Ю.Г., Бойко Ю.Г., Білий В.І. – Опубл. 15.03.04р. Бюл. № 3.
3. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики Ч. 1. Статика Кинематика: Учебник. – М., “Высшая школа”, 1971 – 424 стр., с ил.