

АНАЛИЗ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ЩЕТКОПОДОБНЫХ ЗВЕНЬЕВ С ИЗМЕЛЬЧАЕМОЙ ЧАСТИЦЕЙ

О. И. НАЛИВКО¹, Л. А. СИВАЧЕНКО²

¹Барановичский государственный университет

Барановичи, Беларусь

²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Сосредоточим внимание на частной конструкции машины с рабочими звеньями, поверхности которых изготовлены в виде щеткоподобных звеньев. Фрагмент принципиальной схемы такой машины показан на рис. 1.

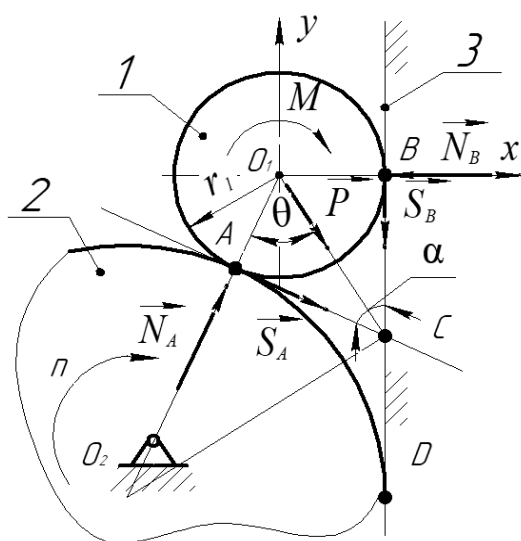


Рис. 1. Схема сил взаимодействия рабочих звеньев машины с измельчаемой частицей

Движение частицы во время вхождения в контакт со звеньями 2, 3 будем считать равномерным. Это позволяет игнорировать силы инерции и определить силы взаимодействия со звеньями 2, 3 из условий равновесия.

Реакции связей обозначим как N_A , S_A , N_B , S_B и приложим их к частице 1. Такие же силы противоположного направления действуют на звенья 2, 3. К активным силам относятся сила тяжести частицы и силы давления материала, находящегося в пространстве над частицей. Активные силы определяются отдельно и в нашей задаче считаются заданными, которые представлены равнодействующей силой P и парой сил с моментом M .

Заметим, что частица 1 при повороте щетки 2 может втягиваться в зону разрушения, а может и оставаться неподвижной. Движение частицы в зону разрушения зависит от угла захвата $\alpha = 2\arctg(\sqrt{\rho})$, где $\rho = r_1 / r_2$.

Вводим систему осей координат O_1xy . Учитывая, что $S_A = f N_A$, из условий равновесия определяем следующее:

$$P_B N_A - N_B + P \sin \theta = 0; \quad (1)$$

$$P_C N_A - S_B + P \cos \theta = 0; \quad (2)$$

$$f r_1 N_A - S_B r_1 - M = 0. \quad (3)$$

Из уравнения (3) получаем $S_B = f N_A - M / r_1$, подставляя в уравнение (2)

$$f N_A - P \cos \theta + M / r_1 = 0.$$

Преобразуем в формулу

$$N_A = Q / P_A . \quad (4)$$

Подставляем N_A в формулы (1)–(3), определяем следующее:

$$N_B = (P_B / P_A)Q + P \sin \theta; \quad (5)$$

$$S_B = (P_C / P_A)Q + P \cos \theta; \quad (6)$$

$$S_A = f(Q / P_A). \quad (7)$$

Используя формулы (1)–(7), получаем

$$\begin{aligned} P_A &= \sin \alpha - (1 + \cos \alpha)f; P_B = \cos \alpha + f \sin \alpha; \\ P_C &= \sin \alpha - f \cos \alpha; Q = P \cos \theta - M / r_1. \end{aligned} \quad (8)$$

Представим силы взаимодействия (5)–(7) в виде функции радиуса частицы r_1 , используя параметр угла захвата $\operatorname{tg}(\alpha / 2)$.

Используем зависимость

$$t = \operatorname{tg}(\alpha / 2) = \sqrt{(1 - \cos \alpha) / (1 + \cos \alpha)} = \sin \alpha / (1 + \cos \alpha).$$

Преобразуя её, получим $\sin \alpha = 2t / (1 + t^2)$; $\cos \alpha = (1 - t^2) / (1 + t^2)$.

Формулы (8) примут вид:

$$P_A = 2(t - f) / (1 + t^2); P_B = (1 + 2ft - t^2) / (1 + t^2); P_C = [2t - f(1 - t^2)] / (1 + t^2).$$

Величины P_A , P_B , P_C , а значит, и силы взаимодействия (4)–(7) можно рассматривать как функции соотношения ρ , а при $r_2 = \text{const}$ – как функции радиуса частички r_1 . Заметим, что компоненты сил взаимодействия, приложенные в пунктах A , B , по-разному влияют на разрушение частички. Касательные к ее поверхности силы S_A , S_B вызывают преимущественно истирание, нормальные N_A , N_B – измельчение.

Рассмотрим частный случай, при котором внешние силы, приложенные к частичке, приводятся к равнодействующей $Q = P$ ($M = 0$). Примем $\theta = 0$, тогда формулы (4) и (5) примут вид:

$$N_A = P / P_A; N_B = (P_B / P_A)P. \quad (9)$$

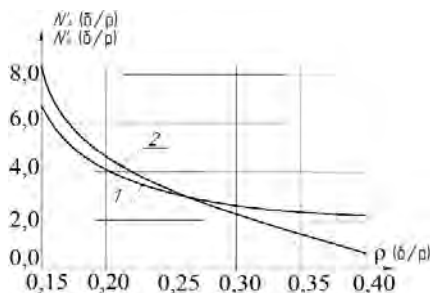


Рис. 2. Изменение нормальных сил взаимодействия: 1 – сила N'_A ; 2 – сила N'_B

Изменение сил (9) в зависимости от радиуса r_1 при внешнем воздействии P представлено на рис. 2. Приведены графики на интервале $r_1 = (0,1 \dots 0,4)r_2$ при $f = 0,3$ в безразмерных координатах $N'_A = N_A / P$; $N'_B = N_B / P$. Исходя из них, равновесие относительно большей частички обеспечивается меньшими нормальными силами. Такой результат можно обосновать присутствием клинового эффекта.