ИЗМЕНЕНИЕ ОСЕВОЙ СКОРОСТИ ЧАСТИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ В ПРУЖИННОМ ТРАНСПОРТЕРЕ

ИсаевЮ.М.
Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия
Ульяновск, Россия
isurmi@yandex.ru

Перемещение частицы пружиной по внутренней поверхности кожуха наклонного транспортера можно представить следующими дифференциальными уравнениями:

$$\begin{cases} N_1 \cos a \cos q - f_1 N_1 \sin a - ma\dfrac{d^2 j}{dt^2} - G\cos g - f_2 N_2 \sin b = 0; \\ G\cos g \sin e + f_2 N_2 \cos b - f_1 N_1 \cos a - N_1 \sin a \cos q - mr\dfrac{d^2 j}{dt^2} = 0; \\ G\sin g \cos e + mrw_0^2 + mr\left(\dfrac{dj}{dt}\right)^2 - N_2 + N_1 \sin q - 2mrw_0\dfrac{dj}{dt} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

Решение дифференциальных уравнений (1) для установившегося режима работы транспортера записывается в виде соотношения:

$$\frac{f_2\left[w_0^2 r^2 \sin^2 a \cos^2 b + rg \sin g \cos e \sin^2(a+b)\right]\cdot}{rg\sin^2(a+b)\left[\cos g\,(f_1 \cos a - f_2 \cos b \sin q + \sin a \cos q) + \right.} \mathbf{a}$$
$$\frac{\left[\cos(a+b)\cos q - f_1 \sin(a+b)\right]}{\left.+\sin g \sin e\,(f_1 \sin a + f_2 \sin b \sin q - \cos a \cos q)\right]} = 1 \quad (2)$$

Осевая скорость частицы $u_1 = u \cdot \sin b$ является функцией угла $u_1 = u_1(u, b)$. Рассмотрим в отдельности влияние каждого из указанных аргументов на осевую скорость частицы u_1.

На рисунках 1-3 приводятся результаты расчетов для пружинного транспортера с характеристиками: f_1 = 0,5 – коэффициент трения частицы о проволоку пружины; f_2 = 0,5 – коэффициент трения частицы о корпус кожуха; r = 0,05 м – внутренний радиус трубы кожуха; ω = 100 с$^{-1}$ – круговая частота вращения пружины; γ = 15° – угол наклона транспортера к вертикали; d = 0,008 м – диаметр проволоки пружины; r_1 = 0,0045 м – средний радиус частицы; r_2 = 0,045 м – радиус пружины; s = 0,1 м – шаг винтовой линии пружины.

Изменение осевой скорости частицы υ_1 в зависимости от коэффициента трения f_1.

На рисунке 1 изображены кривые $u = u(e)$, изменения осевой скорости в зависимости от того, на какой образующей кожуха находится в данный момент времени движущаяся частица. В положении ε = 0 частица пересекает образующую под соответствующим углом, определяемым уравнением (2).

Для того чтобы частица перемещалась поступательно вдоль образующей кожуха, необходимо соблюсти условие b = 90°. Это возможно только при малых значениях коэффициента трения f_1 в данном случае в пределах от 0 до 0,4.

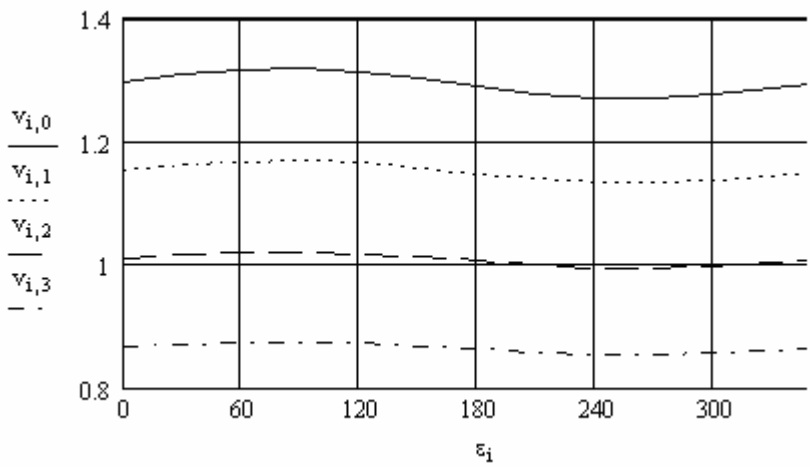


Рис. 1. Зависимость осевой скорости частицы υ_1 от угла положения ее на кожухе ε при различных коэффициентах трения f_1.
Обозначения: v_1– при $f_1 = 0{,}2$; v_2 – при $f_1 = 0{,}4$;
v_3 – при $f_1 = 0{,}6$; v_4 – при $f_1 = 0{,}8$.

Представляет интерес изменение осевых скоростей частицы u_1 в районе ε от 0° до 180° при малых коэффициентах трения f_1, кривые которых изображены на рис.2. Кривые построены для случая, когда γ = 15°, ω = 100 с$^{-1}$, r = 0,05м, r_1 = 0,005м, f_2 = 0,5.

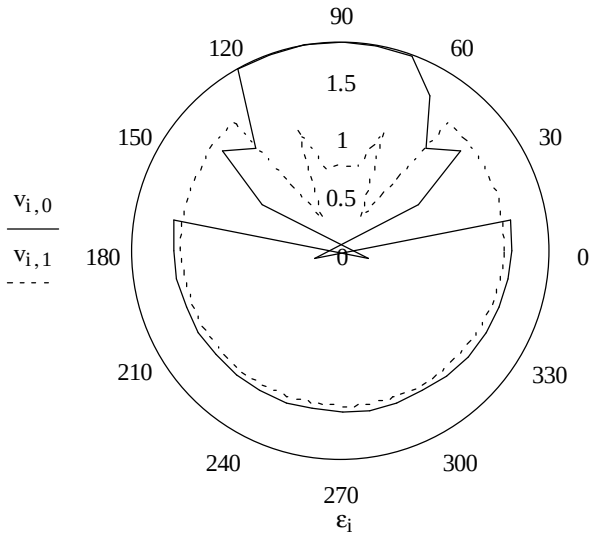


Рис. 2. Зависимость осевой скорости частицы υ_1, м/с, от угла положения ее на кожухе ε, град, при различных коэффициентах трения f_1 в полярной системе координат.
Обозначения: v_0– при $f_1 = 0{,}1$; v_1 – при $f_1 = 0{,}2$;

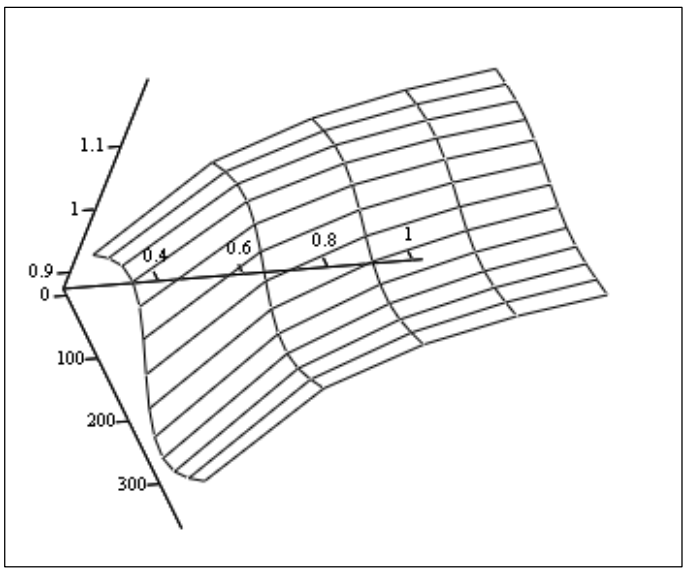
Для каждого значения можно определить среднее значение осевых скоростей частицы: $\bar{u}_1 = \dfrac{\int_0^{2p} u_1(e)de}{2p}$, или приближенное значение по формуле: $\bar{u}_1 = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} u_{1,i}(e_i)}{n}$. (3)

Где $u_{1,i}(e_i)$ – величины осевых скоростей частицы, взятые при соответствующих значениях угла ε_i; n – число суммируемых величин осевых скоростей частицы, входящих в числитель выражения (3).

По числовым значениям, найденным по формуле (3) построена зависимость $\bar{u}_1(f_1)$, из которой видно, что средняя осевая скорость частицы $\bar{u}_1$, находясь в зависимости от коэффициента трения, f_1, изменяется по закону прямой линии.

Изменение осевой скорости частицы υ_1 в зависимости от коэффициента трения f_2.

Значения осевых скоростей $\bar{u}_1$ определяются из графика, построенного для различных значений коэффициентов трения транспортируемого материала о поверхность кожуха транспортера f_2. На рис. 4 приведены зависимости $\upsilon_1 = \upsilon_1(\varepsilon)$ при различных значениях f_2 для наклонного транспортера. Как видно из графика $\bar{u}_1$ изменяется в зависимости от f_2 по параболической кривой.



(x, y, v1)

Рис. 4. Зависимость осевой скорости частицы υ_1 от угла положения ее на кожухе ε (ось x) и от коэффициента трения f_2 (ось y).

Выводы

1. Осевая скорость транспортируемого материала v_1 в наклонном транспортере, также как и в горизонтальном транспортере, увеличивается с уменьшением коэффициента трения (прямолинейная зависимость). В обоих случаях пружина должна быть тщательно обработана при изготовлении.
2. В наклонном и в горизонтальном транспортере зависимость $\bar{u}_1 = \bar{u}_1(f_2)$ выражается параболической кривой. С увеличением коэффициента трения осевая скорость увеличивается, с уменьшением скорость уменьшается. Желательно, чтобы работа транспортера обеспечивалась при возможно больших значениях, что позволит избежать забивания пружины и кожуха транспортируемым материалом