

УДК 621.87.068

**ЭНЕРГОСИЛОВЫЕ ЗАТРАТЫ
ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ПЛОСКИХ ЖЕСТКИХ МАТЕРИАЛОВ
ДУГОВЫМ ЛЕНТОЧНЫМ ТРАНСПОРТЕРОМ**

**THE POWER EXPENSES
AT TRANSPORTATION OF FLAT RIGID MATERIALS
BY THE ARC TAPE CONVEYOR**

М.Ш. ШАРДАРБЕК, К.Т. МАХАНБЕТАЛИЕВА
M.SH. SHARDARBEK, K.T. MAHANBETALIEVA

(Таразский государственный университет им. М.Х.Дулата, Республика Казахстан)
(Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Republic of Kazakhstan)
E-mail: muhamedjansh@mail.ru

В работе рассматриваются энергосиловые параметры дугового ленточного транспортера при циклическом перемещении плоских жестких материалов. Получены зависимости, позволяющие найти тяговое усилие несущей ветви и необходимой мощности дугового ленточного транспортера.

In this paper the power parameters of the arc of the conveyor belt of the cyclical movement of the flat rigid materials. The dependencies, allowing the carrier to find traction branches and the necessary power of the arc of the conveyor belt. Installed power required for the cyclic movement of the flat rigid materials arc of the radius conveyor belt bearing surface and the coefficient of friction. Recommendations for the design parameters of arc belt conveyors.

Ключевые слова: дуговой ленточный транспортер, плоский жесткий материал, необходимая мощность, трение между материалом и лентой, транспортирующий сектор.

Keywords: arc belt conveyor, flat rigid material, the required power, the friction between the material and ribbon, transporting sector.

Энергосиловыми параметрами дугового ленточного транспортера, при перемещении плоских жестких материалов, являются тяговое усилие (F_T) несущей ветви ленты, вращающий момент барабана (M_T)

и мощность, необходимая для перемещения ленты с материалом.

Транспортировку плоских жестких материалов дуговым ленточным транспорте-

ром можно осуществить на следующих режимах.

1. Циклическое перемещение – материал поступает на транспортер после выгрузки предыдущего материала.

2. Последовательное перемещение – материал поступает на транспортер в момент перехода предыдущего материала на сектор разгрузки.

3. Непрерывное перемещение – материалы поступают на транспортер один за другим.

В статье рассматриваются энергосиловые параметры дугового ленточного транспортера при циклическом перемещении плоских жестких материалов. При этом несущая поверхность транспортера испытывает максимальную нагрузку тогда, когда транспортируемый материал находится на нижней точке дуги несущей ветви ленты. В таком положении материала его центробежная сила и сила тяжести направлены по вертикали в одну сторону. На

рис.1 показана схема сил при расчетном положении материала на транспортере.

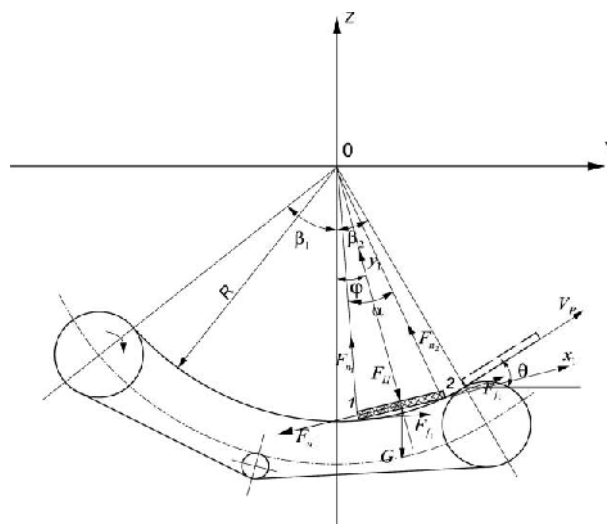


Рис. 1

От транспортируемого материала на несущую поверхность транспортера действуют следующие силы [1]:

1) силы нормального давления:

$$F_{n1} = Nm(\dot{H}\dot{\phi}^2 + g \sin \phi) - \frac{MA}{B}m(\dot{H}\dot{\phi}^2 + g \sin \phi) + \frac{M}{B}m(H\ddot{\phi} - g \cos \phi), \quad (1)$$

$$F_{n2} = \frac{m}{B} \left[A(\dot{H}\dot{\phi}^2 + g \sin \phi) - (H\ddot{\phi} - g \cos \phi) \right]; \quad (2)$$

2) силы трения между материалом и несущей поверхностью:

$$F_{f1} = fF_{n1}; \quad F_{f2} = fF_{n2}, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения между материалом и несущей поверхностью.

Параметры уравнений (1) и (2) [1]:

$$A = \frac{\sin \frac{\alpha}{2} + f \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2} - f \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (4)$$

$$B = \left(\sin \frac{\alpha}{2} - f \cos \frac{\alpha}{2} \right) + A \left(\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2} \right), \quad (5)$$

$$N = \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2} - f \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (6)$$

$$M = \frac{\cos \frac{\alpha}{2} + f \sin \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2} - f \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (7)$$

$$H = R \cos \frac{\alpha}{2} - 0,5 \delta, \quad (8)$$

$$\alpha = 2 \arcsin(\ell / 2R). \quad (9)$$

В этих формулах: α – секторный угол транспортируемого материала; ℓ – длина транспортируемого материала; R – радиус несущей поверхности транспортера; m – масса транспортируемого материала; H – радиус вращения центра тяжести материала; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести; $\dot{\phi}$ – угловая скорость материала; $\ddot{\phi}$ – угло-

вое ускорение материала; ϕ – угол расположения материала на транспортере.

Моменты сил трения относительно оси Ox в сумме составляют момент сопротивления вращению ленты относительно оси Ox :

$$M_c = R(F_{f1} + F_{f2}). \quad (10)$$

При этом тяговое усилие для перемещения ленты с материалом с учетом радиуса вогнутости несущей поверхности будет:

$$F_T = \frac{M_c}{R} = \frac{R(F_{f1} + F_{f2})}{R} = (F_{f1} + F_{f2}) = f(F_{n1} + F_{n2}). \quad (11)$$

$$F_T = \frac{fHMm}{B} \ddot{\phi} + (H\dot{\phi}^2 + g) \left(N - \frac{MA}{B} \right) mf + \frac{fAm}{B} (H\dot{\phi}^2 + g) - \frac{fHm}{B} \ddot{\phi},$$

$$F_T = \frac{fm}{B} \{ H(M-1)\ddot{\phi} + (H\dot{\phi}^2 + g)[NB - A(M-1)] \}. \quad (14)$$

Линейная скорость материала на секторе β_1 транспортера (рис.1) определяется формулой [1]:

$$V = \sqrt{2R^2 \left[k(1+L)\phi - \frac{Lk}{24}\phi^4 - \frac{k}{6}\phi^3 + C_1 \right]}, \quad (15)$$

где $k = \frac{g}{H}; \quad (16)$

$$L = \frac{A(M+C) - NB}{M+C-DB}; \quad (17)$$

$$C_1 = \frac{V_0^2}{2R^2} - k(1+L)\phi_1 + \frac{Lk}{24}\phi_1^4 + \frac{k}{6}\phi_1^3. \quad (18)$$

Осуществив преобразования в формулах (17) и (18), получим:

$$C = \frac{\sin \frac{\alpha}{2} - f \cos \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2} + f \cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (19)$$

$$D = \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2} + f \cos \frac{\alpha}{2}}, \quad (20)$$

Силы нормального давления при рассматриваемом положении материала, то есть при $\phi = \frac{\pi}{2}$:

$$F_{n1} = \frac{HMm}{B} \ddot{\phi} + (H\dot{\phi}^2 + g) \left(N - \frac{MA}{B} \right) m, \quad (12)$$

$$F_{n2} = \frac{Am}{B} (H\dot{\phi}^2 + g) - \frac{Hm}{B} \ddot{\phi}. \quad (13)$$

Подставляя уравнения (12) и (13) в формулу (11), получим:

V_0 – скорость поступления материала на транспортер; ϕ_1 – угол расположения материала в начале движения на секторе β_1 .

Обе части уравнения (15) делим на R и находим угловую скорость материала:

$$\dot{\phi} = \sqrt{2k(1+L)\phi - \frac{Lk}{12}\phi^4 - \frac{k}{3}\phi^3 + 2C_1}. \quad (21)$$

Дифференцируя уравнение (21) по времени, найдем угловое ускорения материала:

$$\ddot{\phi} = \frac{d\dot{\phi}}{dt} = 2k(1+L) - \frac{kL}{3}\phi^3 - k\phi^2. \quad (22)$$

Угловая скорость и угловое ускорение материала в рассматриваемом положении, то есть при $\phi = \frac{\pi}{2}$:

$$\dot{\phi} = \sqrt{k(1+L)\pi - \frac{\pi^4 Lk}{192} - \frac{\pi^3 k}{24} + 2C_1}, \quad (23)$$

$$\ddot{\phi} = 2k(1+L) - \frac{\pi^3 kL}{24} - \frac{\pi^2 k}{4}. \quad (24)$$

Движущий момент барабана для перемещения ленты с материалом без учета

$$M_T = \frac{fmd_6}{2B} \{ H(M-1)\ddot{\phi} + (H\dot{\phi}^2 + g)[NB - A(M-1)] \}, \quad (25)$$

где d_6 – диаметр барабана.

Мощность, необходимая для перемещения ленты с материалом:

$$N_T = F_T V_{Л},$$

$$N_T = \frac{V_{Л} f m}{2B} \{ H(M-1)\ddot{\phi} + (H\dot{\phi}^2 + g)[NB - A(M-1)] \}, \quad (26)$$

где $V_{Л}$ – скорость движения ленты транспортера.

Полученная зависимость позволяет найти энергосиловые параметры процесса циклического перемещения плоских жестких материалов дугowym ленточным транспортером.

Проведем исследование зависимости мощности от радиуса несущей поверхности транспортера (рис. 2) при следующих параметрах: $\ell=0,100$ м; $\delta=0,005$ м; $f=0,2$; $V_0=0$ м/с; $\phi_1=0,6978$ рад; $\phi = \frac{\pi}{2}$; $m=1$ кг.

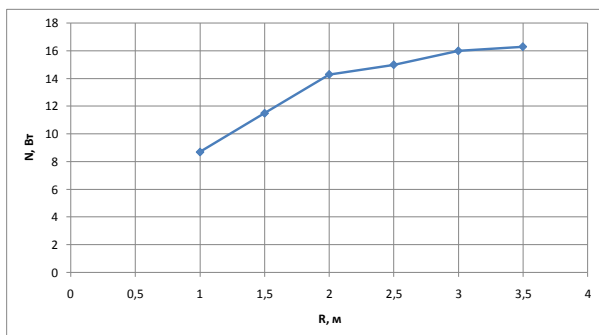


Рис. 2

Мощность, необходимую для циклического перемещения плоских жестких материалов дугowym ленточным транспортером, определяли для режима, когда материал транспортируется с возможной максимальной скоростью.

Из рис. 2 видно, что с увеличением радиуса несущей поверхности транспортера

других потерь:

$$M_T = F_T \frac{d_6}{2},$$

необходимая мощность увеличивается нелинейно.

Из анализа рис. 2 также следует, что мощность возрастает с большой силой до радиуса, равного 2 м, далее мощность возрастает медленнее. Поэтому при проектировании дугowych ленточных транспортеров, исходя из технических требований, желательно принимать радиус кривизны от 2 до 3,5 м.

Также проведем исследование зависимости мощности от коэффициента трения (рис. 3) при следующих параметрах: $\frac{\ell}{R}=0,067$; $R=1,5$ м; $\delta=0,005$ м; $V_0=0$ м/с.

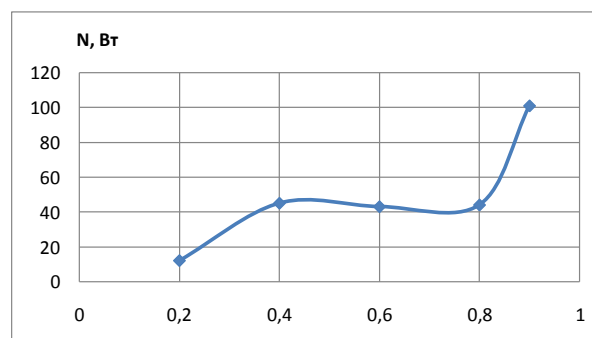


Рис. 3

Из рис. 3 видно, что с увеличением коэффициента трения необходимая мощность увеличивается нелинейно.

Также из анализа рис. 3 следует, что мощность возрастает с большой силой до коэффициента трения, равного 0,4, далее мощность снижается до коэффициента трения, равного 0,8. Поэтому при проектировании дугowych ленточных транспортеров коэффициент трения между материалом и несущей поверхностью желательно принимать в пределах от 0,4 до 0,8.

Характер изменения необходимой мощности в зависимости от коэффициента трения примерно соответствует характеру

изменения максимальной скорости движения плоских жестких материалов на дуговом ленточном транспортере [1].

ВЫВОДЫ

Получены зависимости, позволяющие найти энергосиловые параметры процесса циклического перемещения плоских жестких материалов дуговым ленточным транспортером, необходимые при проектировании таких устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Койайдаров Б.А., Шардарбек М.Ш.* Скорость движения плоских жестких материалов на дуговом ленточном транспортере // Механика и моделирование процессов технологии. – Тараз, 2004, №2. С.270...277.

2. *Шардарбек М.Ш., Байжанова С.Б., Джунисбеков М.Ш.* Математическая модель выгрузки плоских материалов ленточным транспортером // Изв вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №6. С.56...60.

Рекомендована кафедрой технологии текстильной промышленности и материаловедения. Поступила 20.04.15.
