

Е. В. Рачков, канд. техн. наук, доц.

ГОУ ВПО «МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА»

Москва, Россия

МИНИМИЗАЦИЯ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ ВИНТОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рассмотрен вопрос снижения удельных энергозатрат на транспортирование насыпных грузов тихоходными винтовыми конвейерами. Получено уравнение для определения оптимального отношения шага винта к его диаметру.

Винтовые конвейеры общего назначения предназначены для транспортирования по горизонтальным и пологонаклонным трассам насыпных грузов без их вращения относительно оси вала конвейера. Для этих машин применяют также термин "тихоходные винтовые конвейеры" (ТВК). Процесс перемещения груза ТВК сопряжен с высокими удельными затратами мощности, что предопределяет актуальность проработки вопроса минимизации этих затрат на транспортирование.

В целях установления влияния параметров груза и ТВК на удельные затраты мощности u на транспортирование, используя информацию [1, 2], получим

$$u = \frac{N}{QL} = \frac{k_1(\mu \cos \beta + \sin \beta) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{367 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (1)$$

где N – мощность на валу ТВК, [1]; Q – производительность ТВК; L – длина транспортирования ТВК; k_1 – коэффициент сопротивления от дробления и перемешивания транспортируемого груза [2]; μ – коэффициент трения груза о внутреннюю поверхность кожуха ТВК; β – угол наклона ТВК к горизонту; φ – угол трения груза о рабочую поверхность транспортирующего винта ТВК; α – угол подъема винтовой линии винта на радиусе r , где находится центр тяжести поперечного сечения транспортируемого потока груза.

Известно, что

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{l_B}{2\pi r}, \quad (2)$$

где l_B – шаг транспортирующего винта ТВК.

Приняв, что поперечное сечение потока груза в ТВК имеет форму кругового сегмента (рис.1), найдем радиус r , на котором расположен центр тяжести площади этого сечения

$$r = 0,5D_1 - 0,6AB;$$

$$AB = 0,5CE \operatorname{tg}\left(\frac{\delta}{4}\right);$$

$$CE = D_1 \sin\left(\frac{\delta}{2}\right);$$

$$D_1 = k_2 D_2,$$

где D_1 – внутренний диаметр кожуха ТВК; δ – центральный угол сегмента, зависящий от коэффициента заполнения ψ грузом поперечного сечения ТВК; k_2 – коэффициент пропорциональности, определяющий величину радиального зазора между винтом и кожухом; D_2 – внешний диаметр транспортирующего винта.

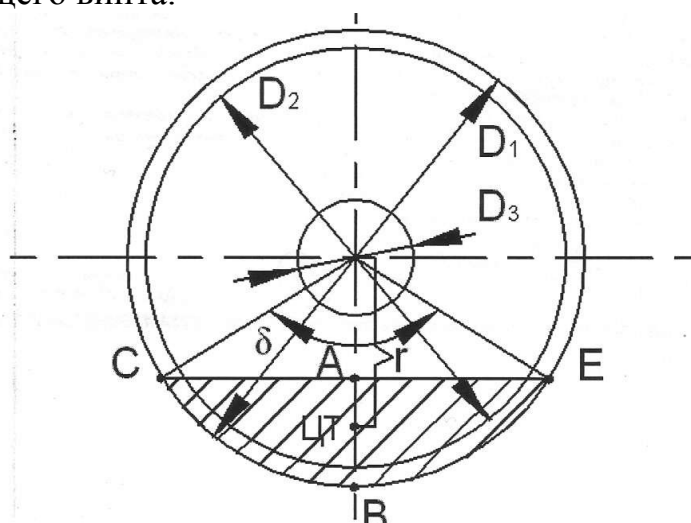


Рис. 1. Поперечное сечение конвейера и груза

Тогда с учетом выражения (3), формула (2) для определения угла подъема винтовой линии примет вид

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{k}{\pi k_2 (1 - 0,6 \sin\left(\frac{\delta}{2}\right) \operatorname{tg}\left(\frac{\delta}{4}\right))};$$

$$k = \frac{l_B}{D_2},$$

где k – коэффициент геометрических параметров транспортирующего винта.

Исходя из равенства площадей поперечного сечения потока груза

$$A_{\Gamma} = k_4 \psi \frac{\pi(D_1^2 - D_3^2)}{4} = 0,785 k_4 \psi (1 - k_3^2) D_1^2;$$

$$D_3 = k_3 D_1,$$

и, соответствующего ему, кругового сегмента

$$A_C = \frac{D_1^2}{8} \left(\frac{\pi \delta}{180} - \sin \delta \right),$$

где k_4 – поправочный коэффициент, учитывающий уменьшение площади поперечного сечения груза с ростом угла наклона β , принимаем [1] равным $k_4 = 1 - 0,02\beta$; D_3 – диаметр вала транспортирующего винта; k_3 – коэффициент пропорциональности.

Центральный угол сегмента δ можно найти из уравнения

$$A_{\Gamma} - A_C = 0,$$

или

$$0,0174\delta - \sin \delta - 6,28\psi(1 - k_3^2)(1 - 0,02\beta) = 0. \quad (3)$$

Решив уравнение (5) относительно угла δ , из уравнения (1) с учетом формул (2, 3, 4) найдем удельные затраты мощности на транспортирование ТВК как функцию

$$u = f(k, k_1, k_2, k_3, \psi, \mu, \varphi, \beta). \quad (4)$$

В рассматриваемых конкретных условиях транспортирования груза, принимая во внимание, что материал кожуха и транспортирующего винта ТВК – сталь, практическим инструментом минимизации функции u можно рассматривать только аргумент k , поэтому его выбор требует особого внимания. Вместе с тем, по известным рекомендациям [3, 4] коэффициент k принимают либо "равным $k = 1$ для горизонтальных и $k = 0,8$ для наклонных винтовых конвейеров", либо " $k = 1$ для легкоперемещаемых и $k = 0,8$ для трудноперемещаемых грузов". Такой, принятый при проектировании ТВК, нечеткий и приближенный подход к выбору коэффициента k , не учитывающий также влияние других переменных $k_1, k_2, k_3, \psi, \mu, \varphi, \beta$, исключает возможность получить геометрические параметры винта ТВК, соответствующие минимальным удельным затратам мощности на транспортирование.

Задачу минимизации удельных затрат мощности на транспортирование ТВК предлагается решать с помощью разработанной компьютерной программы, позволяющей по уравнению (4) получить в графической форме функцию $u = f(k)$ (рис. 2), по которой принимается коэффициент k , обеспечивающий минимальные удельные затраты мощности на транспортирование ТВК в заданных условиях.

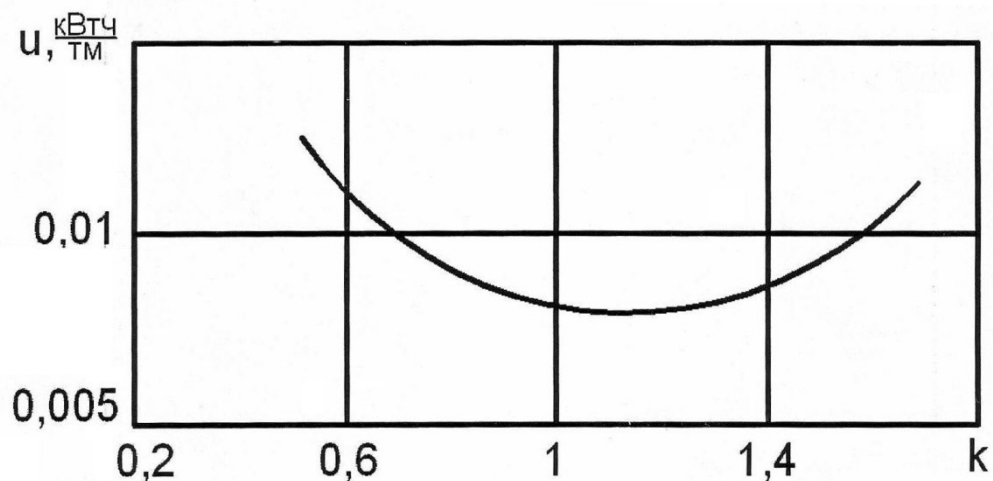


Рис. 2. График функции $u = f(k)$

На рис.2 приведен пример результатов расчета по методике автора для ТВК, транспортирующего под углом $\beta = 15^\circ$ к горизонту груз–соль с коэффициентом трения по стали $\mu = 0,6$ и коэффициентом заполнения $\psi = 0,2$. Из графика следует, что минимальный удельный расход мощности u в рассматриваемых условиях будет иметь место при коэффициенте $k = 1,12$, т.е. шаг винта должен быть равен $l_B = 1,12D_2$, при этом внешний диаметр транспортирующего винта D_2 определяют по известным зависимостям [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгоненко, А. А. Машины непрерывного транспорта / А. А. Долгоненко. – Л. : Речной транспорт, 1959. – 402 с.
2. Козьмин, П. С. Портовые и судовые машины непрерывного транспорта / П. С. Козьмин. – М. : Морской транспорт, 1947. – 390 с.
3. Конвейеры : справ. / Под ред. Ю.А. Пертена. – Л. : Машиностроение, 1984. – 367 с.
4. Спиваковский, А. О. Транспортирующие машины / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – М. : Машиностроение, 1983. – 467 с.