

**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];  $\mu$  – коэффициент трения груза о внутреннюю поверхность кожуха ТВК;  $\beta$  – угол наклона ТВК к горизонту;  $\varphi$  – угол трения груза о рабочую поверхность транспортирующего винта ТВК;  $\alpha$  – 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;  $\delta$  – центральный угол сегмента, зависящий от коэффициента заполнения  $\psi$  грузом поперечного сечения ТВК;  $k_2$  – коэффициент пропорциональности, определяющий величину радиального зазора между винтом и кожухом;  $D_2$  – внешний диаметр транспортирующего винта.

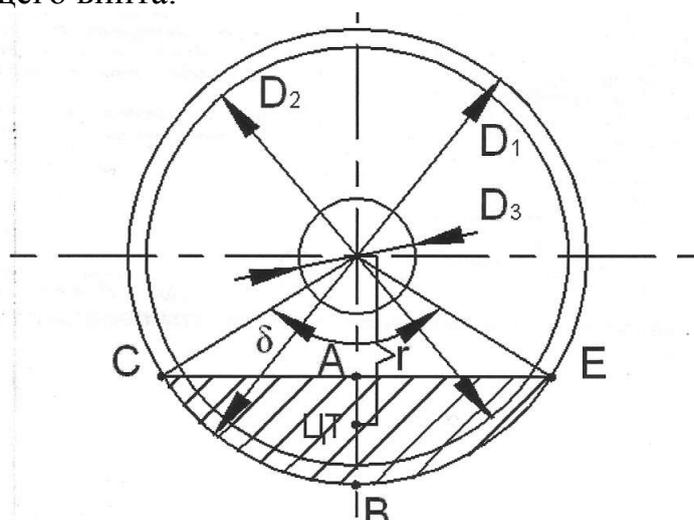


Рис. 1. Поперечное сечение конвейера и груза

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  $\beta$ , принимаем [1] равным  $k_4 = 1 - 0,02\beta$ ;  $D_3$  – диаметр вала транспортирующего винта;  $k_3$  – коэффициент пропорциональности.

Центральный угол сегмента  $\delta$  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  $\delta$ , 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.

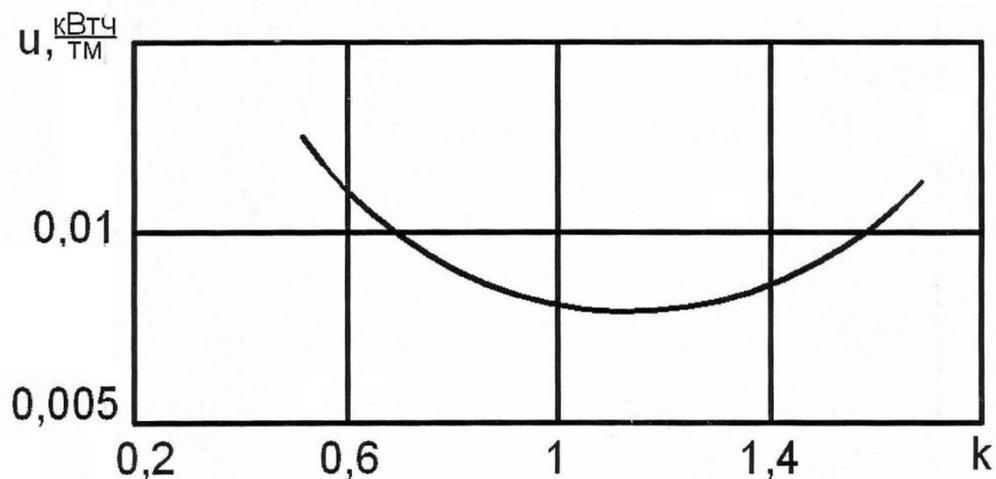


Рис. 2. График функции  $u = f(k)$

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.