

УДК 621.86.001

С. А. Осоко, ассистент (БГТУ);

А. Ф. Дулевич, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА НА ТРЕБУЕМУЮ МОЩНОСТЬ ПРИВОДА

В статье рассмотрены вопросы снижения требуемой мощности привода скребкового конвейера для удаления опилок из лесопильного цеха. Рассмотрены факторы (расстояние между скребками, размеры скребков), влияющие на требуемую мощность привода. Составлена математическая модель расчета натяжения цепи методом обхода по контуру. В качестве ограничений приняты максимальное разрывное усилие цепи и обеспечение заданной производительности. Проведено компьютерное моделирование. Установлено, что основным фактором снижения мощности привода является скорость движения цепи. Для этого расстояние между скребками принимается минимально допустимым и увеличиваются размеры скребка.

The article deals with issues of reducing the required drive power of scraper conveyor for the removal of sawdust from the sawmill shop. Following factors affecting the required drive power are considered: distance between scrapers, scraper dimensions. Mathematical model for calculating chain tension by means of path-tracing method has been worked out. Maximum chain braking tension and maintenance of the required performance are used as constraints. Computer modeling has been carried out. It has been established that the main factor for reducing the required drive power is a low speed of chain operation. This result can be obtained if the distance between scrapers is set at a permissible minimum, the dimensions of a scraper being increased.

Введение. Повышение качества продукции, интенсификация производства, повышение его рентабельности, удовлетворение растущего спроса на продукцию – первоочередные задачи, стоящие перед деревообрабатывающими предприятиями. Повышение рентабельности производства позволит повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции. Для решения этой задачи необходимо снижать себестоимость производства, уменьшая ее энергоемкость. Большую долю в энергоемкости производства составляет энергия, затрачиваемая на выполнение транспортных операций в технологическом процессе. Поиску путей снижения мощности привода, а значит, и себестоимости выпускаемой продукции при транспортировании опилок, щепы с помощью скребкового конвейера и посвящено данное исследование.

Основная часть. Проведенный анализ факторов, влияющих на требуемую мощность привода скребкового конвейера, показал, что необходимо оптимизировать расстояние между скребками и размеры скребков. Для решения задачи оптимизации составлена математическая модель.

Требуемую мощность привода скребкового конвейера определим по формуле [1]

$$P = \frac{vK(F_{\max} - F_{\min})}{1000\eta}, \quad (1)$$

где v – скорость движения цепи, м/с, рассчитываемая по формуле

$$v = \frac{Ql_0k_p}{3,6l_c h\sqrt{h\rho k_1 k_2}}, \quad (2)$$

где Q – массовая производительность конвейера, т/ч; l_0 – расстояние между скребками, м; k_p – коэффициент разрыхления транспортируемого материала; l_c – длина скребка, м; h – высота скребка, м; ρ – плотность древесины транспортируемого материала, кг/м³; k_1 – коэффициент, учитывающий поломки и износ скребков; k_2 – коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера:

$$k_2 = 1 - 0,017\alpha, \quad (3)$$

где α – угол наклона конвейера, град; K – коэффициент, учитывающий сопротивление движению на ведущей звездочке; $F_{\max}$ – максимальная сила натяжения цепи, Н; $F_{\min}$ – минимальная сила натяжения цепи, Н, обеспечивающая устойчивость скребков, определяется по формуле

$$F_{\min} = \frac{F_{\text{скр}} h}{t \cdot \text{tg}(\beta)} - \frac{F_{\text{скр}}}{2}, \quad (4)$$

здесь $F_{\text{скр}}$ – сила сопротивления движению одного скребка, Н, определяемая по формуле

$$F_{\text{скр}} = (q_2 w_p \cos(\alpha) + q_2 \sin(\alpha))l_0 g, \quad (5)$$

где q_2 – масса груза и цепи, приходящаяся на 1 м рабочей ветви, кг, равная

$$q_2 = q_1 + q_0, \quad (6)$$

где q_1 – масса груза, приходящаяся на 1 м длины рабочей ветви конвейера, кг/м, определяемая по формуле [2]

$$q_1 = \frac{Q}{3,6v}; \quad (7)$$

q_0 – масса 1 м цепи с учетом массы скребков, кг, которую найдем из условия

$$q_0 = q_0 + \frac{G_{\text{скр}}}{l_0}, \quad (8)$$

где q_0 – масса одного метра цепи, кг/м; $G_{\text{скр}}$ – масса одного скребка, кг; w_p – коэффициент сопротивления движению на рабочей ветви конвейера, определяемый по формуле

$$w_p = \mu C, \quad (9)$$

здесь μ – коэффициент трения скребков и транспортируемого материала по направляющему лотку ($\mu = 0,3-0,4$); C – коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление движению скребков по лотку, возникающее при защемлении транспортируемого материала между скребками и стенками лотка ($C = 1,2-1,5$); t – шаг звена цепи, на котором укреплен скребок, м; α – угол наклона конвейера, град; β – допускаемый угол отклонения скребка от нормального положения, град; η – коэффициент полезного действия приводной станции.

Методом обхода по контуру найдем максимальную силу натяжения цепи. Расчетная схема конвейера представлена на рис. 1.

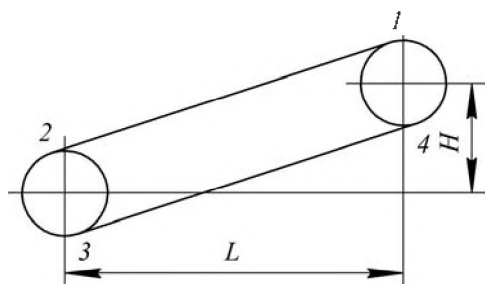


Рис. 1. Расчетная схема конвейера

Минимальная сила натяжения цепи будет в точке 1. Принимаем значение этой силы $F_1 = 1000$ Н. Силу сопротивления движению на холостой ветви конвейера найдем по формуле

$$F_{1-2} = (q_0 w_x L - q_0 H)g, \quad (10)$$

где w_x – коэффициент сопротивления движения скребков по направляющим, $w_x = 0,35$; L – длина горизонтальной проекции конвейера, м; H – высота подъема конвейера, м,

$$H = L \operatorname{tg}(\alpha). \quad (11)$$

Силу натяжения цепи F_2 , Н, в точке 2 найдем по формуле

$$F_2 = F_1 + F_{1-2}. \quad (12)$$

Силу сопротивления движению на поворотной звездочке принимаем равной 10% от силы натяжения цепи в точке набегания на звездочку (точка 2), т. е.

$$F_{2-3} = 0,1F_2. \quad (13)$$

Таким образом, сила натяжения цепи F_3 , Н, в точке 3 составит

$$F_3 = F_2 + F_{2-3}. \quad (14)$$

Силу сопротивления движению на рабочей ветви конвейера определим по формуле

$$F_{3-4} = (q_2 w_\delta L + q_2 H)g. \quad (15)$$

Тогда максимальная сила натяжения цепи F_{max} , Н (точка 4), будет равна

$$F_{\text{max}} = F_4 = F_3 + F_{3-4}. \quad (16)$$

В процессе работы на цепь действует динамическая сила, определяемая по формуле

$$F_{\text{аэи}} = 6m \left(\frac{\pi v}{Z} \right)^2 \frac{a}{(a+b)^2}, \quad (17)$$

где m – приведенная масса груза, кг, равная

$$m = q_2 L, \quad (18)$$

здесь Z – количество зубьев на приводной звездочке; a – больший шаг звездочки, м, который находится по формуле

$$a = t + d_0, \quad (19)$$

где d_0 – калибр цепи, м; b – меньший шаг звездочки, м, равный

$$b = t - d_0. \quad (20)$$

Прочность цепи проверяют по условию

$$F_{\text{дэф}} = F_{\text{max}} + F_{\text{аэи}} \leq [F], \quad (21)$$

где $[F]$ – допускаемое натяжение цепи.

В случае, если это условие не выполняется, необходимо либо выбрать другую цепь, либо увеличить расстояние между скребками, если возможно либо уменьшить размеры скребка.

По представленной модели была составлена программа на языке программирования Visual Basic for Application и выполнено компьютерное моделирование. В качестве исходных данных были приняты следующие значения.

Массовая производительность конвейера $Q = 2000$ кг/ч; цепь – сварная круглозвенная; калибр цепи $d_0 = (12 \text{ мм}, 15 \text{ мм}, 18 \text{ мм})$; шаг цепи $t = (100 \text{ мм}, 102 \text{ мм}, 116 \text{ мм})$; масса одного метра цепи $q_0 = (4,4 \text{ кг}; 6,0 \text{ кг}; 9,15 \text{ кг}; 6,4 \text{ кг}; 8,6 \text{ кг})$.

Допускаемое натяжение цепи $[F] = (8 \text{ кН}; 11,2 \text{ кН}; 16 \text{ кН})$; масса одного скребка $G_{\text{скр}} =$

= (0,9 кг; 1,2 кг; 1,7 кг); высота скребка $h =$ (80 мм; 90 мм; 100 мм); расстояние между скребками $l_0 =$ (400 мм; 600 мм; 800 мм); количество зубьев звездочки $Z = 13$.

Проанализировав результаты компьютерного моделирования можно сделать следующие выводы.

1. С уменьшением расстояния между скребками требуемая мощность привода конвейера уменьшается. Это происходит вследствие снижения требуемой скорости движения цепи при заданной производительности. При одинаковом размере скребка и расстоянии между скребками 800 мм требуемая мощность привода составляет 0,783 кВт, а при расстоянии 200 мм только 0,370 кВт – снижение в 2,12 раза (рис. 2).

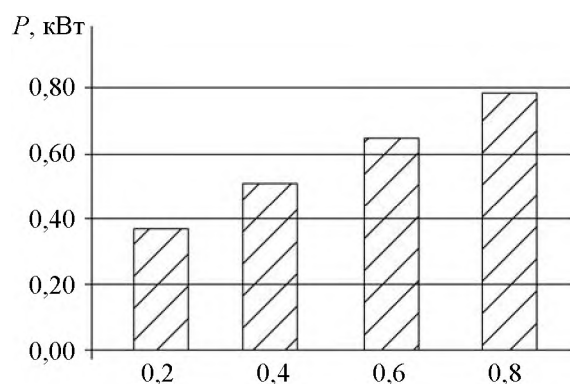


Рис. 2. Зависимость мощности привода конвейера P , кВт, от расстояния между скребками l_0 , м

2. С увеличением размеров скребка мощность привода конвейера уменьшается. Это достигается за счет снижения требуемой скорости движения цепи при заданной производительности. При размере скребка 355×80 мм мощность привода составляет 0,370 кВт против 0,278 кВт при размере скребка 550×100 мм (рис. 3).

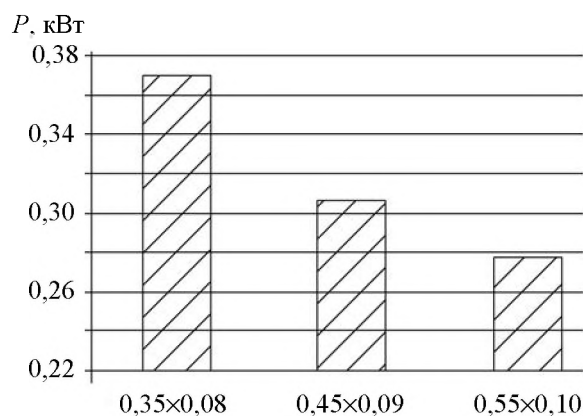


Рис. 3. Зависимость мощности конвейера P , кВт, от размеров скребка $l_c \times h_c$, м

3. Одновременное уменьшение расстояния между скребками и увеличение размеров скребка позволяет получить минимальную требуемую

мощность привода конвейера. При расстоянии между скребками 800 мм и размерах скребка 350×80 мм требуемая мощность привода составляет 0,783 кВт, а при расстоянии между скребками 200 мм и размерах скребка 550×100 мм требуемая мощность привода равна 0,278 кВт – в 2,8 раза меньше (рис. 4).

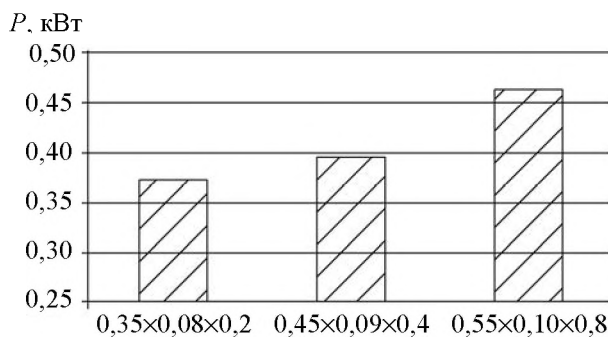


Рис. 4. Зависимость мощности конвейера P , кВт, от размеров скребка $l_c \times h_c$, м, и расстояния между скребками l_0 , м

4. Вклад в снижение мощности привода вносит расстояние между скребками, скорость движения цепи при этом значительно уменьшается. Она составляет $V = 0,06$ м/с при расстоянии между скребками $l_0 = 200$ мм и $V = 0,52$ м/с при $l_0 = 800$ мм (рис. 5).

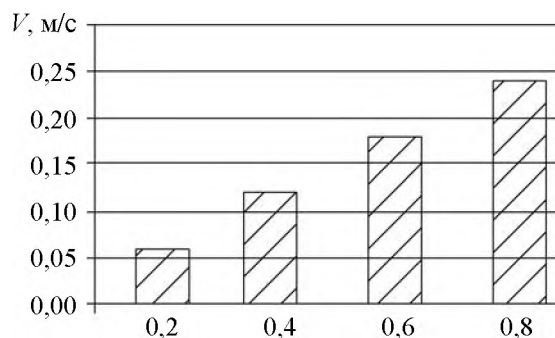


Рис. 5. Зависимость скорости движения цепи V , м/с, от расстояния между скребками l_0 , м

Заключение. Использование результатов приведенного исследования позволит при проектировании вновь создаваемых конвейеров снизить требуемую мощность привода скребкового конвейера.

Литература

1. Таубер, Б. А. Подъемно-транспортные машины / Б. А. Таубер. – М.: Лесная пром-сть, 1980.
2. Кузьмин, Ф. Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / А. В. Кузьмин, Ф. Л. Марон. – Минск: Выш. шк., 1983.

Поступила 15.03.2011