
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

УДК 637:664

С.П. Григорьева, Л.К. Юрченко, И.В. Пищулина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

МАШИННЫЕ ТРАНСПОРТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО И ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Рассмотрена работа ленточного конвейера и люлечного элеватора. Получена формула расчета мощности приводного двигателя.

Ключевые слова: конвейеры.

S.P. Grigoreva, L.K. Jurchenko, I.V. Pishchulina
**MACHINE TRANSPORTING DEVICES OF HORIZONTAL
AND VERTICAL MOVING**

Work of the tape conveyor and elevating device with ladle is considered. The formula of calculation of capacity of the drive engine is received.

Key words: conveyors.

Во многих технологических процессах возникает необходимость в перемещении материалов, которые осуществляются транспортирующими устройствами. Под машинными транспортирующими устройствами понимаются как внутримашинные транспортеры, выполняющие перемещение обрабатываемых объектов (технологическое перемещение), так и транспортеры, перемещающие объекты в определенных направлениях без какой-либо работы над ним (нетехнологическое перемещение).

Согласно классификации все транспортирующие устройства делятся:

- на конвейеры (ленточные, пластинчатые, гравитационные, вибрационные, скребковые, шнековые, цепные, гидравлические);
- элеваторы (ковшовые, люлечные, фрикционные);
- роторы и карусели (гладкие, с гнездами);
- трубопроводы (для сыпучих, жидких, фаршеобразных материалов).

Рассмотрим ленточный конвейер, который представляет собой бесконечную ленту, натянутую на двух барабанах.

Достоинствами ленточных конвейеров являются малый расход энергии, высокая производительность, способность перемещать влажный, налипающий и штучный материалы, возможность перемещать на значительные расстояния. Недостатком является трудность герметизации транспортируемого материала [1].

Изобразим конвейерную ленту с приводом веса \bar{G} , установленным на катки (рис. 1). Между приводом и неподвижной стойкой включен динамометр, который показывает реакцию соединительного троса \bar{P} . \bar{S}_1 и \bar{S}_2 – натяжения ветвей конвейерной ленты, \bar{R}_1 и \bar{R}_2 – реакции катков. Диаметр приводного барабана – d . Угловая скорость

барабана – n об/мин, $M_{вр}$ – вращающий момент от электродвигателя. Вычислим мощность электродвигателя:

$$N = M_{вр} \cdot \omega = M_{вр} \frac{2\pi n}{60} = M_{вр} \frac{\pi n}{30}.$$

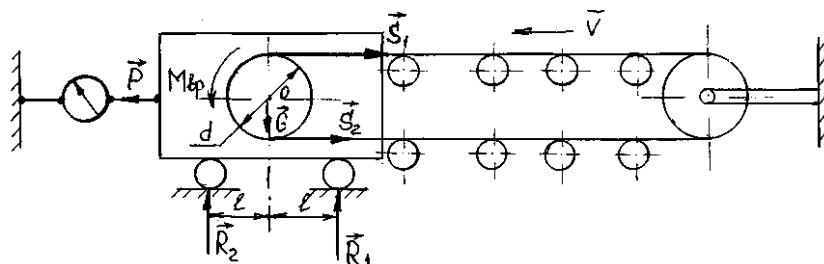


Рис. 1. Конвейерная лента
Fig. 1. A conveyor tape

Так как $M_{вр} = \text{const}$, то привод конвейера находится в равновесии, и для него можно составить уравнения статики:

$$\begin{aligned} S_1 + S_2 - P &= 0, \Rightarrow S_1 + S_2 = P, \\ R_1 + R_2 - G &= 0, \Rightarrow R_1 + R_2 = G, \\ M_{вр} - S_1 \frac{d}{2} + S_2 \frac{d}{2} - R_2 l + R_1 l &= 0, \Rightarrow M_{вр} = (S_1 - S_2) \frac{d}{2}, \end{aligned}$$

или

$$S_1 - S_2 = \frac{2M_{вр}}{d} = \frac{2 \cdot 30N}{d \cdot \pi n} = \frac{60N}{d \pi n}.$$

Решим совместно полученное уравнение и первое уравнение системы:

$$\begin{cases} S_1 + S_2 = P, \\ S_1 - S_2 = \frac{60N}{d \pi n}. \end{cases}$$

Складывая и вычитая почленно эти уравнения, получим натяжения ветвей конвейерной ленты:

$$S_1 = \frac{P}{2} + \frac{30N}{d \pi n}, \quad S_2 = \frac{P}{2} - \frac{30N}{d \pi n}.$$

Из формулы натяжения нижней ветви следует:

$$S_2 = \frac{P}{2} - \frac{30N}{d \pi n} > 0, \quad P > \frac{60N}{d \pi n},$$

или

$$P > \frac{N}{V} \left(\frac{2\pi n}{60} = \omega; \quad \frac{\pi n}{60} = \frac{\omega}{2}; \quad d = 2R; \quad V = \omega \cdot R \right);$$

$$\boxed{N < P \cdot V},$$

где V – линейная скорость движения ветви конвейерной ленты.

Полученная формула позволяет в некоторой степени правильно выбрать мощность электродвигателя, так как завышенная мощность, по данным практики, не способствует устойчивой работе конвейера.

Дополнительно определим минимальную скорость ветви, при которой несомая частица материала отделяется от поверхности ленты в месте ее набегания на барабан (рис. 2).

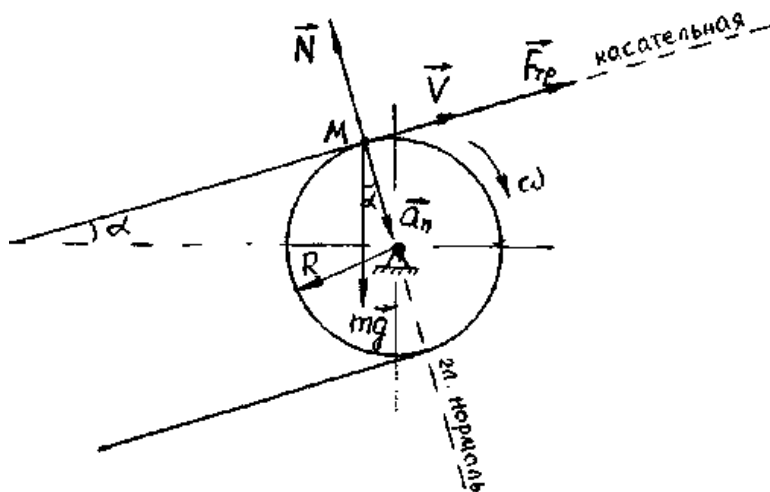


Рис. 2. Силы, действующие на несомую частицу
Fig. 2. Forces, which operate on a moved particle

На частицу материала, находящуюся в точке М набегания ленты на барабан, действует ее сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная реакция барабана \vec{N} и сила трения $\vec{F}_{тр}$.

Так как барабан вращается равномерно с угловой скоростью ω , то ускорение частицы имеет только нормальную составляющую

$$\alpha = \alpha_n = \frac{V^2}{R},$$

где $V = R\omega$ – скорость ветви.

Ускорение направлено по радиусу к оси вращения.

Основное уравнение динамики для этой частицы имеет вид:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}.$$

Спроецируем это уравнение на главную нормаль в точке М:

$$m\alpha_n = mg\cos\alpha - N \Rightarrow N = mg\cos\alpha - m\frac{V^2}{R}.$$

Частица будет отделяться от ленты в случае $N = 0$.

$$mg\cos\alpha - m\frac{V^2}{R} = 0 \Rightarrow V^2 = gR\cos\alpha,$$

или

$$V = \sqrt{gR\cos\alpha}.$$

Из полученной формулы следует, что несомая частица будет отделяться от ленты барабана при увеличении угла наклона ленты к горизонту. При этом можно уменьшить линейную скорость движения ленты [2].

Для вертикального перемещения сыпучих материалов, перемещения штучного груза в вертикальной плоскости, при загрузке-выгрузке готовой продукции в склад, трюм используются элеваторы. На рис. 3 показана схема цепного люлочного элеватора, который осуществляет вертикальное перемещение груза весом \vec{G} с постоянной скоростью \vec{V} .

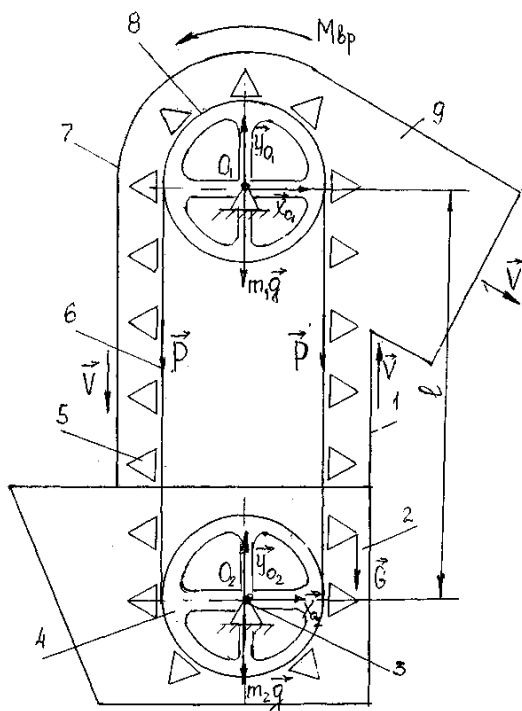


Рис. 3. Схема элеватора: 1 – кожух; 2 – башмак; 3 – винтовое устройство; 4, 8 – натяжной и приводной барабаны; 5 – ковш; 6 – лента; 7 – головка; 9 – разгрузочное устройство
 Fig. 3. The scheme elevator: 1 – a casing; 2 – a boot; 3 – a screw device; 4, 8 – tension and drive drums; 5 – a ladle; 6 – a tape; 7 – a head; 9 – the unloading device

Пренебрегая сопротивлением опор, определим необходимую мощность приводного электродвигателя элеватора $N_{дв}$.

Рассмотрим элеватор как механическую систему, состоящую из приводного и натяжного барабанов, двух участков цепи длиной ℓ каждый. Обозначим q , Н/м, вес одного погонного метра длины цепи с люльками; \vec{P} – вес холостой ветви цепи ($P = q\ell$); $(\vec{P} + \vec{G})$ – вес рабочей части, где \vec{G} – вес груза; R – радиус барабана; $m_1\vec{g}$ – вес приводного барабана; $m_2\vec{g}$ – вес натяжного барабана; $\vec{X}_{0_1}, \vec{Y}_{0_1}, \vec{X}_{0_2}, \vec{Y}_{0_2}$ – реакции опор барабанов соответственно.

Воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии механической системы:

$$T - T_0 = \sum A_k^e.$$

Так как система движется с постоянной скоростью, то

$$T - T_0 = 0.$$

Вычислим сумму работ всех внешних сил, действующих на систему:

$$A(m_1\vec{g}) = A(m_2\vec{g}) = A(\vec{R}_{O_1}) = A(\vec{R}_{O_2}) = 0.$$

$$A(\vec{P}) = P\ell; \quad A(\vec{P} + \vec{G}) = -(P + G)\ell; \quad A(M_{\text{впр}}) = M_{\text{впр}}\varphi,$$

где φ – угол поворота приводного барабана.

$$\varphi = \frac{\ell}{R}, \quad \text{тогда} \quad A(M_{\text{впр}}) = M_{\text{впр}} \frac{\ell}{R}.$$

$$\sum A_k^e = P\ell - P\ell - G\ell + M_{\text{впр}} \frac{\ell}{R} = 0 \Rightarrow M_{\text{впр}} = G \cdot R.$$

Известно, что

$$N_{\text{дв}} = M_{\text{впр}} \cdot \omega = G \cdot R \frac{V}{R} = G \cdot V;$$

$$\boxed{N = G \cdot V}$$

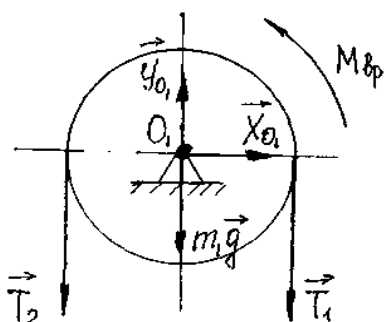


Рис. 4. Приводной барабан
Fig. 4. Drive drum

Полученная формула позволяет сделать вывод, что мощность электродвигателя подбирается в зависимости от скорости движения груза и максимальной величины веса поднимаемых грузов.

Посчитаем реакцию опоры приводного барабана. Для этого рассмотрим его равновесие (рис. 4).

Натяжение холостой ветви цепи:

$$T_2 = q \cdot \ell;$$

натяжение рабочей ветви:

$$T_1 = T_2 + G = q \cdot \ell + G,$$

где G – вес груза.

Составим уравнения уравновешенности произвольной плоской системы сил:

$$X_{O_1} = 0,$$

$$Y_{O_1} - m_1 g - T_1 - T_2 = 0,$$

$$M_{\text{впр}} + T_2 \cdot R - T_1 \cdot R = 0.$$

Из второго уравнения получаем вертикальную составляющую реакции опоры:

$$Y_{O_1} = m_1 g + T_1 + T_2 = m_1 g + q\ell + q\ell + G = m_1 g + 2q\ell + G.$$

Результат позволяет сделать вывод, что нагрузка на опору приводного барабана складывается из веса $m_1\vec{g}$ самого барабана, веса двух ветвей цепи и поднимаемого груза.

Из третьего уравнения получим величину вращающего момента от электродвигателя:

$$M_{вр} = -T_2R + T_1R = -q\ell R + q\ell R + GR = G \cdot R .$$

Что не противоречит результату, полученному выше при применении теоремы об изменении кинетической энергии.

Список литературы

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики [Текст] / С.М. Тарг. – М.: Высш. шк., 2000. – 416 с.
2. Антипов С.Т. Машины и аппараты пищевых производств [Текст]: учеб. для вузов: в 2 кн. / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. Кн. 2.– 680 с.

Сведения об авторах: Григорьева Светлана Петровна, главный специалист ИЗО, e-mail: spu_vl@lift.ru;

Юрченко Лилия Константиновна, доцент;

Пищулина Ирина Валентиновна, старший преподаватель,

e-mail:stepka_53@mail.ru.