



Harjutused 2. Расчёт оборудования перемещения твёрдых материалов

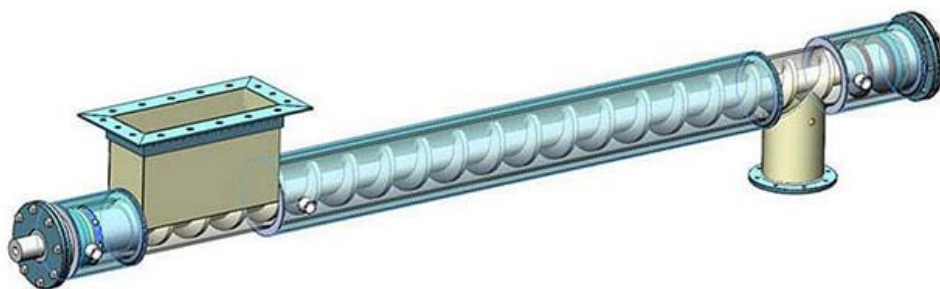
1. Расчёт шнекового питателя.

Выбор в пользу именно шнекового транспортера связан с его преимуществами:

- небольшие размеры;
- несложная конструкции;
- герметичность при транспортировке мелкого груза;
- доступная цена;
- простота в обслуживании;
- отсутствие движущихся частей снаружи.

Хотя есть у этих агрегатов и недостатки, зная и учитывая которые, можно продлить срок службы винтового конвейера.

- Значительный расход мощности;
- небольшая длина рабочей поверхности;
- частичное дробление груза;
- быстрый износ шнека и самого желоба (особенно при транспортировке абразивных грузов).



Объемная

производительность (V) шнекового питателя определяется по формуле:

$$V = \pi \cdot \frac{(D^2 - d^2)}{4} \cdot (t - b) \cdot \varphi \cdot k \cdot n, \text{ где}$$

где D и d - наружный диаметр витков и вала,

$t = (0,5 \div 1) \cdot D$ - шаг винта, b - толщина витков, $\phi = 0,3 - 0,8$ - коэффициент заполнения полостей винта, $k = (0,3 \div 1)$ - коэффициент проскальзывания материала в полостях винта, n - частота вращения вала винта.

Мощность, затрачиваемая на перемещение и подъем материала, на преодоление трения о винт и корпус, в подшипниках и передачах определяется по формуле

$$N = V \cdot \rho_n \cdot g \cdot L (\sin \alpha + k)$$

где ρ - насыпная плотность материала, L - длина его подачи, α - угол подъема оси винта, k - коэффициент потерь на трение в шнеке.

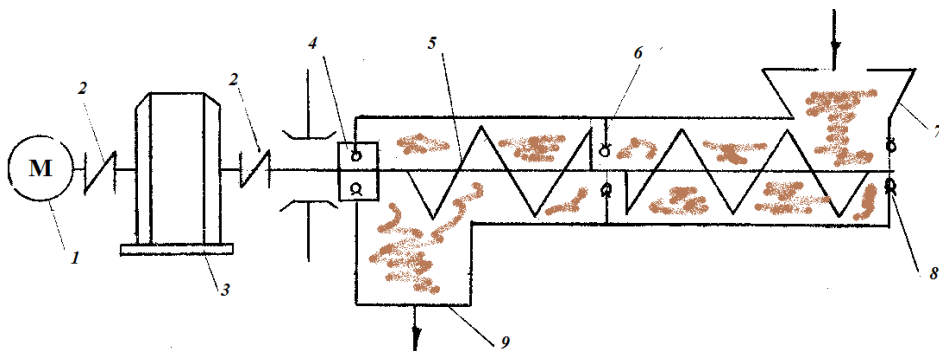


Рис.1 Схема винтового конвейера

1 – двигатель; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – подшипник упорный головной; 5 – вал с винтом; 6 – опора промежуточная; 7 – загрузочный патрубок; 8 – задний подшипник; 9 – разгрузочное устройство

<https://works.doklad.ru/view/glsayO-A-dk.html>

2. Особенности расчета винтовых конвейеров

Исходными данными для расчета являются:

- характеристика транспортируемого груза;
- высота и длина перемещения;
- производительность конвейера.

Шаг винта для легко перемещаемых грузов принимают $t = D$, для трудно перемещаемых грузов величину шага снижают до $t = 0,8D$.

Диаметр винта выбирают ориентировочно, проверяют по формуле для расчета производительности и окончательно принимают в соответствии с нормальным рядом 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8 м.

При перемещении кусковых грузов диаметр винта проверяют с учетом крупности кусков по условию кусковатости

$$D \geq (10-12) a;$$

$$D \geq (4-6) a_{\max},$$

где a – размер кусков сортированного груза;

$a_{\max}$ – размер наибольших кусков рядового груза.

Ряды диаметров винта и его шага для конвейеров общего назначения, мм, приведены в табл. 1.

Размеры винтов- Таблица 1.

Диаметр винта	100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
Шаг винта	100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
	80	100	125	160	200	250	320	400	500	650

Диаметр вала винта

$$d_v \approx 35 + 0,1 D_v,$$

где D_v – диаметр винта, мм.

Важное значение для оптимальной работы винтовых конвейеров имеет коэффициент наполнения желоба ψ . Он зависит от вида применяемого винта и может быть выражен по следующей зависимости:

$$\psi = \frac{F}{F_v}$$

где F – площадь поперечного сечения потока груза (рис. 3); F_v – торцовая площадь винта.

Как правило, угол расположения материала в желобе, образованный при вращении винта, составляет около 45° для большинства насыпных грузов. Коэффициент же заполнения желоба ψ составляет:

➤ для сплошных винтов 0,3...0,5;

- для ленточных винтов 0,25...0,4;
- для фасонных и лопастных винтов 0,15...0,3.

Для конвейеров без подвесных подшипников:

для легкоподвижных грузов (муки, зерна) $\psi = 0,45$;

для грузов средней подвижности (песка, мелкокусковой соли и угля) $\psi = 0,3$;

для тяжелых абразивных грузов (руды, гравия, золы) $\psi = 0,15$;

Вал винта чаще всего изготавливают из цельнотянутой трубы, к которой приваривается винтовая поверхность из стальной полосы толщиной 2...8 мм или отдельные лопасти, имеющие общую винтовую направленность. Винты небольшого диаметра могут выполняться литыми чугунными.

Производительность винтовых конвейеров.

Массовая производительность, т/ч, в общем виде

$$V = 3,6 \cdot F \cdot v \cdot \rho,$$

где F , м²; v – скорость движения груза, м/с; ρ – насыпная плотность груза, кг/м³.

Площадь поперечного сечения потока груза, м²,

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \psi$$

где ψ – коэффициент наполнения трубы (желоба);

Осевая скорость движения груза (скорость транспортирования), м/с

$$v = \frac{t \cdot n}{60} = \frac{k \cdot D \cdot n}{60}$$

где D – диаметр трубы, м, t – шаг винта; n – частота вращения винта, зависящая от характеристики транспортируемого груза и диаметра винта;

максимальная частота вращения винта

- для легких неабразивных материалов $n = 60/D_v$;
- для тяжелых неабразивных материалов $n = 45/D_v$;
- для тяжелых абразивных материалов $n = 30/D_v$.

Частота вращения винта n зависит от характеристики перемещаемого груза, частота вращения уменьшается с увеличением диаметра винта, плотности и абразивности груза.

Тогда производительность, т/ч,

$$V = 3,6 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \psi \frac{k \cdot D \cdot n}{60} \rho \cdot c \quad \text{Или} \quad V = 0,047 \cdot k \cdot \psi \cdot \rho \cdot n \cdot c \cdot D^3$$

где c – поправочный коэффициент (для наклонных конвейеров), зависящий от угла наклона конвейера (табл. 2) и учитывающий обратное ссыпание груза в наклонных конвейерах.

Таблица 2. Значения коэффициента c

$\beta, ^\circ$	0	5	10	15	20
c	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Решая обратную задачу, при необходимости определения параметров конвейера при заданной производительности выражение для нахождения диаметра винта, м, будет следующим:

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{0,047 \cdot k \cdot \psi \cdot \rho \cdot n \cdot c}}$$

Наибольшая допускаемая частота вращения (мин⁻¹) винта

$$n_{\max} = \frac{A}{\sqrt{D_B}}$$

где A – эмпирический коэффициент (табл. 3);

D_B – диаметр винта, м.

Общее сопротивление движению груза складывается из сил трения груза о желоб и о поверхность винта; сопротивления в промежуточных и концевых подшипниках (включая упорный подшипник); сопротивления подъему при перемещении вверх по наклону.

На винтовом конвейере действуют трудно учитываемые сопротивления от скопления груза у промежуточных подшипников, трения на кромке винта о частицы, затягиваемые в зазор между винтом и желобом и сопротивления, возникающие при перемешивании груза – эти сопротивления учитываются коэффициентом ω (табл. 3).

Мощность на приводном валу двигателя

$$N = \frac{V}{360} (H + L\omega)$$

где H и L – высота и длина транспортирования, м;

ω – общий коэффициент сопротивления движению (табл.3).

Таблица 3.

Значения расчетных коэффициентов ψ , A , ω в зависимости от типа транспортируемого груза

Типы грузов	Расчетные коэффициенты		
	ψ	A	ω
Легкие и неабразивные (зерновые продукты, мука, древесные опилки)	0,4	65	1,2
Легкие и малоабразивные (мел, угольная пыль, асбест, торф, сода)	0,32	50	1,6
Тяжелые и малоабразивные (соль, кусковой уголь, глина сухая)	0,25	45	2,5
Тяжелые и абразивные (цемент, зола, песок, глина сырая, дробленая руда, шлак)	0,125	30	4,0

Мощность двигателя, кВт,

$$N_{\text{двиг}} = \frac{N_{\text{винта}}}{\eta}$$

где η – КПД привода

При расчете винтовых конвейеров следует иметь в виду, что конвейеры общего назначения допускают предельные длины транспортирования до 30...50 м. При необходимости применения винтовых конвейеров большей длины они могут быть выполнены двухприводными.

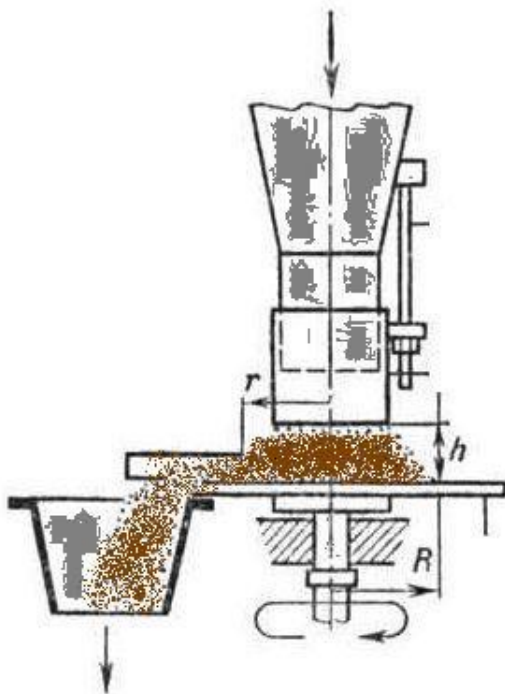
3. Производительность ленточного питателя (м³/ч) определяется по формуле:

$$V = 60 \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot b \cdot h,$$

где D – диаметр (м) барабана транспортера; n – частота вращения (c^{-1}); b и h – ширина и толщина (м) слоя материала на ленте (пластинах). Обычно производительность ленточных питателей составляет до 180 м³/ч, пластинчатых – 650 м³/ч. Мощность электродвигателя, как правило, до 20 кВт.

4. Расчёт тарельчатого питателя

Материал свободно высыпается из бункера через штуцер подачи и стакан на вращающуюся тарель и сбрасывается ножом с ее периферии в штуцер отвода. Частота вращения тарели n выбирается такой, чтобы действующие на частицы материала центробежные силы не



превышали сил трения,
$$n < \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg} \varphi}{0.5 \cdot D - \delta}},$$

где φ - угол внешнего трения материала, D - диаметр тарели, $\delta = 0,01-0,02$ м - рекомендуемая ширина ее незасыпаемого края тарели.

Можно воспользоваться эмпирической формулой

$$n < \frac{0,273}{\sqrt{R}} \quad (\text{с}^{-1}), \text{ где } R - \text{радиус основания конуса}$$

материал на тарели.

Производительность питатели (до $15 \text{ м}^3/\text{ч}$) находят по формуле:

$$V = 20 \cdot \pi \cdot h \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2) - \pi \cdot r^2 \cdot h$$

где h - высота материала на тарели, r - радиус конуса материала у верхней кромки среза.

Мощность электродвигателя 0,5-0,8 кВт.

5. Расчёт вибрационного питателя.

Производительность питателя (до 2000 т/ч) определяется по формуле :

$$V = 10^3 \cdot F \cdot \rho \cdot w_{\text{н}\delta}, \text{ где}$$

F - площадь сечения потока материала на лотке (м^2),

ρ - насыпная плотность материала ($\text{кг}/\text{м}^3$),

$w_{\text{ср}}$ -среднюю скорость вибро транспортирования (0,2-0,6 м/с) находят по формуле:

$$w_{\text{н}\delta} = K_n \cdot K_h \cdot K_y \cdot A \cdot \omega \cdot \operatorname{Cos} \beta, \text{ где}$$

где K_n - коэффициент передачи скорости (0,45-0,9);

K_h - коэффициент толщины слоя (0,75-1,0);

Sergey Chekryzhov, EVM0152 "Kütuste keemia ja tehnoloogia II ".Harjutused 2.

K_y - коэффициент, учитывающий угол наклона лотка (0,75-1,0);

A - амплитуда вибраций (м);

ω - частота (рад/с) вынужденных колебаний;

β - угол вибрации (обычно 25-30°).

Мощность электродвигателя до 16 кВт.

Пример 2.1

Определить производительность горизонтального ленточного транспортера для перемещения по следующим данным:

- ширина ленты $b = 0,65\text{м}$
- скорость движения $v = 0,04\text{ м/с}$
- насыпная масса аммофоса $\rho_H = 1200\text{ т/м}^3$

Решение:

1. Производительность ленточного транспортера определяем по уравнению:

$$Q = C (0,9b - 0,05)^2 \cdot v \cdot \rho = 200 (0,9 \cdot 0,65 - 0,05)^2 \cdot 0,04 \cdot 1200 = 2,75\text{ т/ч}$$

Где C – коэффициент для плоской ленты, $C = 200$

Пример 2.2

Определить мощность электродвигателя для наклонного ленточного транспортера для перемещения фосфатной муки по следующим данным:

- производительность транспортера $Q = 200\text{ кг/ч}$
- длина транспортера $L = 100\text{м}$
- высота подъема $H = 10\text{м}$
- ширина ленты $b = 0,8\text{м}$
- скорость движения ленты $v = 0,85\text{ м/с}$

Решение:

1. Определяем мощность, затрачиваемую на подъем материала по уравнению:

$$N_1 = Q H / 367 = \frac{200 \cdot 10}{367} = 5,45\text{ кВт}$$

2. Определяем мощность, затрачиваемую на преодоление вредных сопротивлений при перемещении материала по уравнению:

$$N_2 = K_1 \cdot Q \cdot L / 367 = \frac{0,054 \cdot 200 \cdot 100}{367} = 2,94\text{ кВт}$$

$K = 0,054$ - для ленточных транспортеров

3. Определяем мощность, затрачиваемую на преодоление сопротивления ленты при

холостом ходе по уравнению:

$$N_3 = K_2 \cdot \omega \cdot L / 367 = \frac{10,4 \cdot 0,85 \cdot 100}{367} = 2,41 \text{ кВт}$$

Где $K_2 = 10,4$ при $v = 0,8 \text{ м}$

4. Определяем мощность, затрачиваемую на работу сбрасывающего ножа по уравнению:

$$N_4 = 0,01 \cdot Q \cdot v = 0,01 \cdot 200 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ кВт}$$

5. Определяем мощность на приводном валу по уравнению:

$$N = (N_1 + N_2 + N_3) K_3 + N_4 = (5,45 + 2,94 + 2,41) \cdot 1 + 1,6 = 12,4 \text{ кВт}$$

Где $K_3 = 1$ при $L > 45 \text{ м}$

6. Определяем мощность электродвигателя с учетом $K = 1,3$ и $\eta = 0,85$ по уравнению:

$$N_{\text{э/д}} = N \cdot K / \eta = \frac{12,4 \cdot 1,3}{0,85} = 18,96 \text{ кВт} \approx 19,0 \text{ кВт}$$

K - коэффициент, учитывающий условия работы транспортера, $K = 1 + 1,4$;
меньшее значение выбирать при легких условиях работы.

Вопросы для самопроверки

1. Какие транспортные средства применяются для горизонтального и вертикального перемещения материалов?
2. Опишите устройство и назначение пластинчатого транспортера.
3. Как устроен и работает скребковый транспортер?
4. Как устроен и работает винтовой транспортер?
5. Как устроен и работает вибрационный транспортер?
6. Как устроены и работают элеваторы: для вертикального подъема, ленточные и цепные элеваторы?