

## Расчет трубчатых бункерных загрузочных устройств

Схемы трубчатых бункеров и их применяемость приведена выше. При расчете загрузочного устройства определяют конструктивные параметры накопителя и трубки, скорость движения захватной трубки или ползунов, мощность привода. Рассмотрим расчеты таких бункеров.

### Расчет конструктивных параметров.

Расчетная схема трубчатого бункера показана на рис. 1.

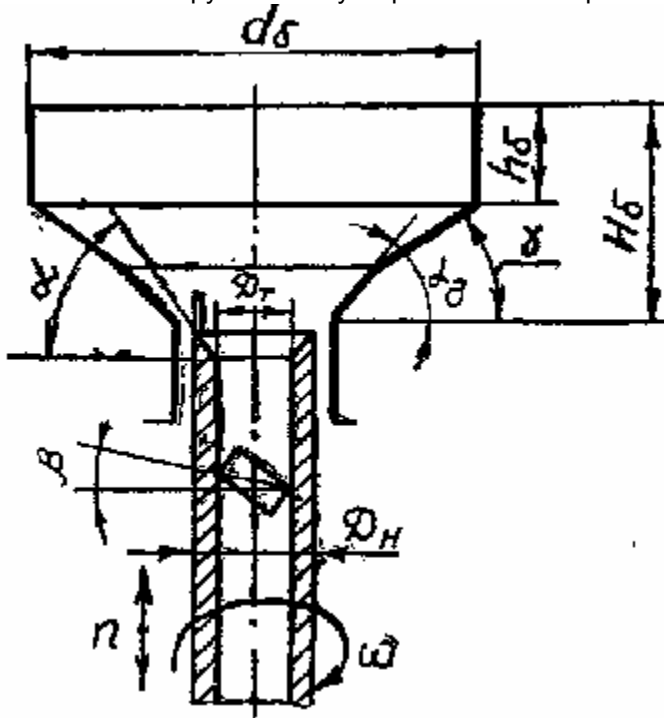


Рисунок 1 Трубчатый бункер с подвижной трубкой

Работоспособность бункера определяется углом наклона его дна  $g$ , углом конуса дна  $\alpha_0$ , углом входного конуса захватной трубки  $\alpha$ , диаметром трубки  $D_m$  и скоростью ее движения. Угол наклона дна бункера должен превышать угол трения заготовок по дну. Но с его увеличением возрастает потребляемая мощность привода, Поэтому этот угол рекомендуется принимать равным:

$$g = (1.8 \dots 2.0) \arctg m \quad (0.1)$$

где  $m$  — коэффициент трения скольжения заготовок по дну бункера. Обычно  $g \approx 45^\circ$ .  
Угол конуса дна

$$\alpha_0 \approx \arctg m \quad (0.2)$$

Обычно принимают  $\alpha_0 = 25 \text{—} 35^\circ$

Диаметр отверстия в трубке  $D_m$  должен быть наибольшим из допустимых, но с тем условием, чтобы не происходило заклинивание заготовок и исключалась возможность одновременного попадания в лоток двух заготовок.

Для бункера с вращающейся трубкой эти условия выглядят следующим образом:

$$D_m = Kd \sqrt{\frac{\left(\frac{l}{d}\right)^2 + 1}{1 + m^2}} \quad (0.3)$$

причем,

$$\begin{aligned} D_m &< 2d \\ D_m &= K \times 2d \end{aligned} \quad (0.4)$$

где  $K$  — коэффициент надежности,  $K = 0.95 \text{—} 0.98$ ,

$l$  — длина заготовки,  
 $d$  — диаметр заготовки.

В зависимости от отношения  $\frac{l}{d}$  у заготовок следует использовать:

**Таблица 1**  
**выбор расчетной формулы для расчета диаметра трубки**

$\frac{l}{d}$	номер зависимости
$<1,7$	(0.3)
$1,7...2,4$	(0.3) и (0.4), взять меньшее значение
$>2,4$	(0.4)

Угол конуса насадки определяют с учетом западания заготовки в трубку. Условием надежного западания заготовки является

$$\left(\frac{l}{d}\right)_{\max} \leq \frac{2\left(l - \frac{\sin a}{2} - y\right)}{\cos a} \quad (0.5)$$

где  $l = \frac{D_m}{d}$ ,

$D_m$  - внутренний диаметр трубки;

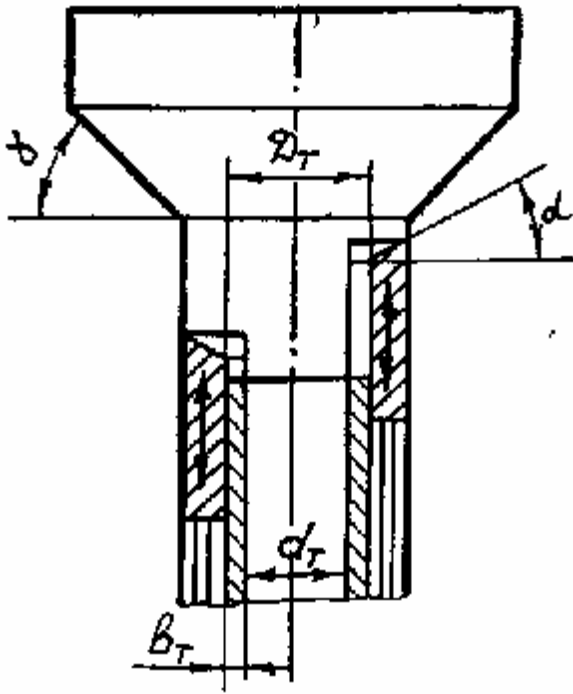
$$y = \frac{(\sin a - m \cos a) \times [1 - l (\sin a - m \cos a)]}{m \sin 2a + (1 - m^2) \cos^2 a} \quad (0.6)$$

**Таблица 2**  
**предельный угол трубки для различных соотношений размеров заготовки**

$m$	$a$ (град)	$\left(\frac{l}{d}\right)_{\max}$
0,3	30	3,5
0,3	45	4,3
0,3	60	8,0

В том случае, когда трубка не вращается, а совершает вертикальные возвратно-поступательные движения, величину ее хода принимают равной:

$$L_m = (0,8...1)l \quad (0.7)$$



**Рисунок 2 Бункер с движущимися полувтулками**

Для бункера с **возвратно-поступательными движущимися полувтулками** (рис. 2) углы  $g$  и  $a_0$  определяют по формулам (0.2) и (0.1), а угол насадки  $a = g$ . Диаметр полувтулок  $D_m$  принимают наибольшим, но таким, чтобы он не допускал заклинивания заготовок.

При транспортировании заготовок с  $\frac{d}{l} > 1.7$  заклинивание возникает при угле перекоса  $b = m$ , откуда получим, что:

$$D_m = \frac{2d \times K}{\sqrt{1+m^2}} \quad (0.8)$$

Значение коэффициента  $K$  приведено в (0.4).

При  $\frac{d}{l} < 1.7$  величину  $D_m$  рекомендуется рассчитывать по следующей формуле:

$$D_m = Kd \frac{4\left(\frac{l}{d}\right)^2 + 2 + m^2}{4\sqrt{\left[\left(\frac{l}{d}\right)^2 + \frac{1}{4}\right](1+m^2)}} \quad (0.9)$$

Ход полувтулок определяют по (0.7).

### **Расчет бункера по производительности.**

Производительность трубчатых бункеров зависит от отношения  $\frac{l}{d}$ , числа оборотов трубки или числа ее двойных ходов, а также коэффициента вероятности западания  $h$ .

Для бункера с вращающейся трубой производительность составит

$$Q = \frac{60}{\sqrt{2\frac{l}{g}}} h \quad (0.10)$$

где  $\sqrt{2\frac{l}{g}}$  - время западания заготовки в трубу в сек.;

$h$  - коэффициент вероятности западания. Для цилиндрических заготовок его величина приведена в табл. 6.

Число оборотов трубы  $n$  ограничивается допустимой окружной скоростью ворошителя  $V_0$ . Эту скорость можно принять в соответствии с условием  $V_0 \leq 0.5$  м/с.

Тогда максимальное число оборотов

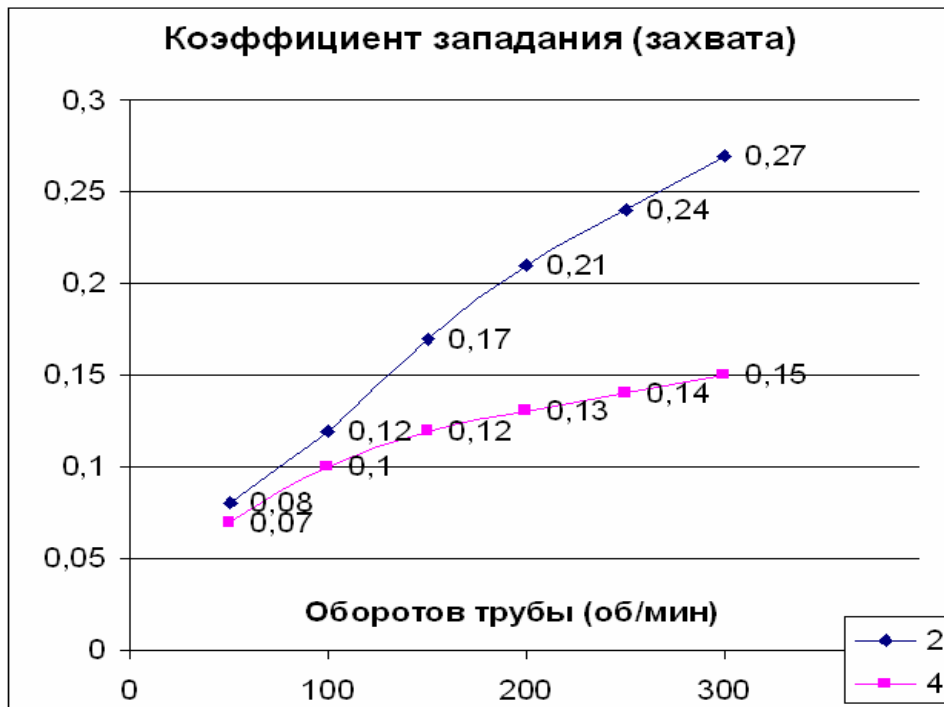
$$n_{\max} \leq \frac{V_0}{2p \times R_n} \quad (0.11)$$

где  $R_n$  наружный радиус ворошителя в мм

$$R_n = \frac{D_n}{2} = \frac{D_m + 2,11d}{2} \quad (0.12)$$

**Таблица 3**  
коэффициенты западания изделий

$\frac{l}{d}$	$\underline{2}$						$\underline{4}$					
	50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300
Число оборотов трубы												
Вероятность захвата $h$	0,08	0,12	0,17	0,21	0,24	0,27	0,07	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15



Для бункера с **возвратно-поступательно** движущимися ползунами или трубой максимальная скорость движения  $V_{\max} = 8$  м/мин. Следовательно, максимальное число двойных ходов в минуту  $n_{\max}$  может быть найдено, как:

$$n_{\max} = \frac{V_{\max}}{2L_m} = \frac{4000}{L_m} \quad (0.13)$$

Число двойных ходов ползунков больше 300 брать не рекомендуется, так как производительность бункера будет снижаться. Производительность такого устройства

$$Q = h \times n \quad (0.14)$$

Коэффициент  $h$  можно взять из **табл. 3**.

### Расчет объема накопителя.

Трубчатый бункер выполняют в виде цилиндрической чаши с коническим дном. В отличие от дисковых бункеров, емкость которых заполняют заготовками лишь частично, емкость трубчатого бункера заполняется почти полностью. По требуемому объему  $V_{\sigma}$  определяют геометрические размеры накопителя

$$V_{\sigma} = \frac{\pi r_b^3}{3} \operatorname{tg} \alpha + \pi r_b^3 h_b \quad (0.15)$$

где  $d_b$  — диаметр цилиндрической части емкости.

В формуле (0.15) два неизвестных  $r_b$  и  $h_b$ . Задав один из них, находят другой размер емкости.

### Расчет привода бункера.

Мощность привода (кВт) для бункера с вращающейся трубой рассчитывается по следующей формуле:

$$N = \frac{2M_k n}{9750 h_n} \quad (0.16)$$

где  $n$  число оборотов трубки в об/мин,

$h_n$  - общий КПД привода, рекомендации по его расчету приведены выше

$M_k$  крутящий момент в Нм.

$$M_k = I \times f' \times H^3 u_0 R_n \quad (0.17)$$

где  $I$  - коэффициент, зависящий от отношения  $\frac{l}{d}$ .

**Таблица 4**  
значения поправочного коэффициента  $I$

$\frac{l}{d}$	1	2	3	4
$I$	0,6	1,0	1,1	1,3

$H$  - высота зоны ворошения

Можно принять  $H = 20\sqrt{R_n}$

$f'$  приведенный коэффициент трения (для круглой направляющей  $f' = \frac{4f}{p}$ )

$u_0$  - средняя плотность расположения заготовок.

Для бункера с возвратно-поступательно движущейся трубой (или ползунами) мощность привода

$$N = \frac{2F_{\max} \times v_{\max}}{1020 \times h_n} \quad (0.18)$$

где  $F_{\max}$  - наибольшая сила сопротивления движению трубки (или ползуна) в Н,

$v_{\max}$  максимальная скорость движения трубки в м/с.

Наибольшая сила сопротивления движению трубки (или ползуна) складывается из веса заготовок, действующих на трубку  $G'$ , динамической силы  $F_{\sigma}$  и силы трения в направляющих трубки  $F_m$ :

$$F_{\max} = G' + F_{\sigma} + F_m \quad (0.19)$$

Сумма активных сил (динамической и силы тяжести) может быть найдена по формуле:

$$G' + F_{\sigma} = \frac{M_{\Sigma} \rho H_{\sigma} D_n^2 (g + a_m)}{4V_{\sigma}} \quad (0.20)$$

где  $M_{\Sigma}$  - масса заготовок в кг.

$D_n$  - наружный диаметр насадки в мм,  $D_n = 2R_n$ ,

$a_m$  - ускорение движения трубки.

Для того, чтобы не происходил отброс заготовок движущейся трубкой, необходимо ограничить величину ускорения,  $a_{m \max} \leq g$

Сила трения в направляющей трубки может быть рассчитана по следующей формуле:

$$F_m = \frac{G' + F_{\delta}}{\operatorname{tg}(90^{\circ} + a + r)} \times m_{np} \left( \frac{2a}{l} + 1 \right) \quad (0.21)$$

где  $a$  — угол входного конуса захватной трубки (см. (0.5)),

$r$  - угол трения заготовок о насадку,

$m_{np}$  приведенный коэффициент трения, который для круглой направляющей равен

$m_{np} = \frac{4}{p} m$ , (здесь  $m$  - номинальный коэффициент трения трубки о направляющую),

$l$  - длина направляющей для насадки,

$a$  - максимальный вылет насадки из направляющих.

Наибольшая скорость движения трубки (или ползунов)

$$v_{\max} = \sqrt{a_m \times L_m} \quad (0.22)$$

где  $L_m$  - ход трубки или ползуна (см. (0.7)).

По требуемой мощности  $N$  выбирают двигатель, а затем - по его числу оборотов - определяют необходимое передаточное отношение кинематической передачи от

электродвигателя к валу диска  $i_{kn} = \frac{n_{\delta\epsilon}}{n}$

По найденному передаточному отношению рассчитывают промежуточный редуктор.