

ПЕРВОУРАЛЬСКИЙ ЗАВОД ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ		
РФ, г. Первоуральск E-mail: pzgo@pzgo.su http://pzgo.pf ул. Серова 4а +7 (3439) 279-800	КАТАЛОГ Элеваторы ковшовые ГОСТ 2036 8. Расчет элеватора.	ОКПД2 28.22.17.121 ОКПО 23255694 год 2017

Расчёт. Из таблицы 8.1 в зависимости от характеристики насыпного груза выбирают скорость v движения тягового элемента, вид разгрузки, тип ковша и коэффициент ψ его заполнения.

Таблица 8.1.

Груз	Типичные грузы	Тип ковша	Скорость, м/с		ψ	Вид разгрузки
			Ленты	Цепи		
Пылевидный хорошо сыпучий	Цемент, минеральный порошок	Г	1,25-1,8	-	0,8	Ц
Пылевидный и зернистый плохо сыпучий	Земля, песок (влажный), мел в порошке, химикаты	М	1,0-2,0	0,8-2,0	0,6	
Зернистый и мелкокусковой: малоабразивный	Опилки, глина сухая	Г	1,25-2,0	1,0-1,6	0,8	
Абразивный	Гравий, шлак, щебень	О, С	0,4-0,8	0,4-0,63	0,8	СН
Средне и крупнокусковой: малоабразивный	Каменный уголь		-		0,7	
Абразивный	Щебень, шлак, руда, камень		0,4-0,63		0,6	
Грузы, крошение которых недопустимо	Древесный уголь, кокс		0,4-0,63		0,6	

Необходимая линейная ёмкость ковшей i_n , л/м.

$$i_n = i_o / a = Q / (3,6 v \psi p) \quad [8.1]$$

Где:

Q - производительность элеватора, т/ч;

p - плотность груза, т/м³;

i_o - ёмкость ковша, л;

a - шаг ковшей, м.

Ёмкость ковша i_k и шаг ковша выбирают по необходимой линейной ёмкости i_n по таблице 8.2, а размеры по таблице 8.3.

Таблица 8.2.

Тип ковшей								Шаг ковшей а, мм
Глубокий		Мелкий		Остроугольный		Скругленный		
i_n^*	i_o^{**}	i_n	i_o	i_n	i_o	i_n	i_o	
-	-	-	-	4,06	0,65	-	-	160
1,00	0,20	0,50	0,10	6,50	1,30	-	-	200
-	-	-	-	10,00	2,00	-	-	250
-	-	-	-	16,00	4,00	25,60	6,40	320
1,30	0,40	0,66	0,20	24,40	7,80	43,70	14,00	400
2,00	0,60	1,17	0,35	-	-	-	-	400
3,24	1,30	1,87	0,75	40,00	16,00	70,00	28,00	500
5,00	2,00	3,50	1,40	-	-	-	-	500
8,00	4,00	5,40	2,70	-	-	120,00	60,00	630
12,60	6,30	8,40	4,20	-	-	-	-	630
19,00	12,00	-	-	-	-	187,00	118,00	630
-	-	-	-	-	-	235,00	148,00	630

Примечание. * Линейная ёмкость ковшей, л/м; ** Ёмкость ковша, л.

Таблица 8.3.

Производительность Q, т/ч	Тяговый орган		
	Лента	Одна цепь	Две цепи
Менее 1,0	0,6/-	1/1	-
1,0...2,5	0,5/-	0,8/1,1	1,2/-
2,6...5,0	0,45/0,6	0,6/0,85	1,0/-
5,1...10,0	0,4/0,55	0,5/0,7	0,8/1,1
100	0,35/0,5	-	0,6/0,9

Примечание. В числителе приведены значения k , для ковшей типов Г и М, в знаменателе - для ковшей типов О и С.

При перемещении кусковых грузов выбранный по вместимости ковш проверяется по условию размещения кусков.

$$l > a'_{max} X \quad [8.2]$$

Где:

l - вылет ковша, мм;

a'_{max} - наибольший размер типичных кусков транспортируемого груза, мм;

X - коэффициент: для рядовых грузов $X = 2...2,5$; для сортированных - $X = 4...5$.

Линейная масса груза в ковшах.

$$q = i_{fn} \psi p \quad [8.3]$$

Линейную массу q_o , кг/м, ходовой части элеватора в предварительном расчёте определяют по приближённой формуле:

$$q_o = k_o Q \quad [8.4]$$

Где:

k_o - коэффициент массы ходовой части элеватора, по таблице 8.4;

Q - производительность, т/ч.

Таблица 8.4.

Производительность Q , т/ч	Тяговый орган		
	лента	одна цепь	две цепи
Менее 10	0,6/-	1/1	-
1,0...2,5	0,5/-	0,8/1,1	1,2/-
2,6...5,0	0,45/0,6	0,6/0,85	1,0/-
5,1...10,0	0,4/0,55	0,5/0,7	0,8/1,1
100	0,35/0,5	-	0,6/0,9

Примечание. В числителе приведены значения k_3 для ковшей типов Г и М, в знаменателе - для ковшей типов О и С.

Более точно линейную массу ходовой части элеватора находят по выражению:

$$q_o = q_m + k_k m_k / a \quad [8.5]$$

Где:

q_m - линейная масса тягового элемента, кг/м;

k_k - коэффициент, учитывающий массу крепёжных деталей ковша, $k_k \approx 1,14$;

m_k - масса порожнего ковша по таблице 8.5;

a - шаг ковшей, м.

Таблица 8.5.

Ширина ковша, мм	Толщина стенок ковша, мм	Тип ковшей			
		глубокие	мелкие	остроугольные	скруглённые
160	2	0,9	0,7	1,2	-
250	3	3,0	2,0	3,0	-
320	3	4,4	4,1	4,4	-
400	4	9,0	9,0	9,5	15,3
500	4	-	-	14,7	24,7
650	5	-	-	-	45,5
800	6	-	-	-	116

Сопротивление зачерпыванию груза:

$$W_3 = qgk_{зач} \quad [8.6]$$

Где:

$k_{зач}$ - коэффициент зачерпывания таблицы 8.6.

Таблица 8.6.

Вид груза	Тип элеватора									
	ленточный и одно цепной					двух цепной				
	при скорости движения ковшей, м/с									
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,6	0,5	0,75	1,0	1,25	1,6
Пылевидный, порошкообразный, зернистый	1,5	2	2	2,5	3	1	1,2	1,3	1,5	2
Средне и крупнокусковой	2,5	3	3	4	5	1,5	1,7	1,7	2,5	3

Тяговый расчёт выполняют методом обхода по контуру рисунок 8.1, (схема элеватора, диаграмма натяжения тягового элемента, 1...4 - расчётные точки, W_o - сила сопротивления движению тягового элемента).

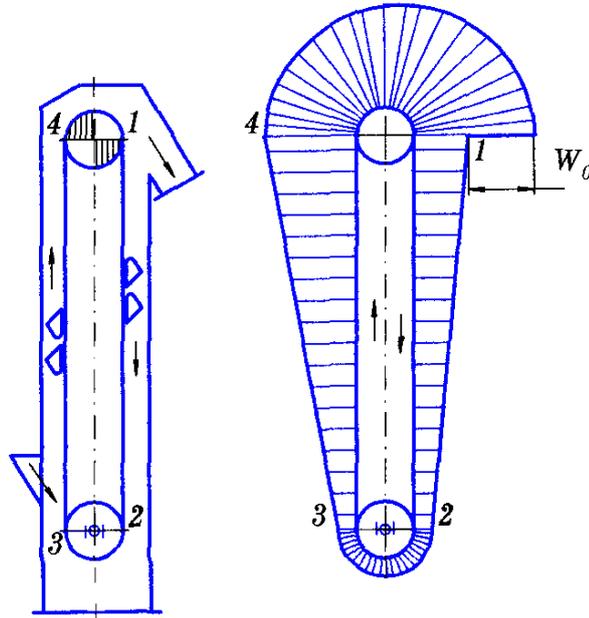


Рисунок 8.1.

В результате которого получают:

$$S_2 = S_{min}; S_3 = KS_2 + W_{зач};$$

$$S_4 = S_3 + (q + q_o) gH; S_1 = S_2 + q_o gH.$$

Минимальное натяжение тягового элемента должно быть не менее 1...2 кН.

Для ленточного элеватора во избежание скольжения ленты по барабану необходимо, чтобы:

$$S_{наб} \leq (S_{сб} e^{\mu\alpha}) / k_{сц} \quad [8.7]$$

Где:

$k_{сц}$ - коэффициент запаса сцепления ленты с барабаном, $k_{сц} = 1,25$.

Ширину B ленты принимают на 35...100 мм больше ширины ковша. Применяют ленты с резиновыми обкладками толщиной 1...1,5 мм, причём более толстые обкладки используют при транспортировании абразивных и влажных материалов. Число прокладок ленты или ремня из условия прочности крепления ковшей принимают $i = 4$, а расчётное определяют по формуле 8.8.

$$i = (S_{max} C_n) / (\sigma_p B) \quad [8.8]$$

Где:

S_{max} - максимальное натяжение, Н;

B - ширина ленты, мм;

σ_p - прочность прокладки на разрыв по основе, Н/мм, таблица 8.7;

Таблица 8.7

Номинальная прочность прокладки по основе, даН/см	Расчётная толщина тканевой прокладки, мм	
	с резиновой прослойкой из синтетического волокна в основе	без резиновой прослойки из комбинированных нитей
55	-	1,15
100	1,2	1,8
150	1,8	1,6
200	1,4	-
300	1,9	-
400	2,0	-

C_n - коэффициент запаса прочности, для приближённых расчётов принимают по таблице 8.8;

Таблица 8.8.

Тип ленты	Число тяговых прокладок i , шт	Значение C_n при угле наклона конвейера	
		Менее 10°	Более 10°
Резинотканевая, общего назначения, морозостойкая и негорючая для угольных шахт	Менее 5	8	9
	Свыше 5	9	10
Теплостойкая	Любое	10	10
Повышенной теплостойкости	Любое	20	20
Тканевая ПВХ	Менее 5	8,5	9,0
	Свыше 5	9,0	10
Резинотросовая	-	7,0	8,5
Тканевая ПВХ	Любое	9,5	10
Резинотросовая	-	8,0	9,5

Динамическое усилие в цепи при установившемся режиме работы элеватора определяют по формуле 8.9, в которой принимают $k_u = 1,5$; $k' = 1$; $k'' = 1$; $k_d = 2...3$.

$$S_{дин} = (k_u(k'm_z + k''m_k)) \left(\frac{(2\pi^2 u^2)}{(z^2 t_u)} \right) k_d \quad [8.9]$$

Где:

$k_u = 0,75...1,5$ - коэффициент, учитывающий интерференцию упругих волн в цепи, значение его зависит от отношения натяжения цепи в точке сбегания $S_{сб}$ с приводной звёздочки к минимальному критическому натяжению S^{kp}_{min} , под которым подразумевается минимальное натяжение, обеспечивающее отсутствие в цепи участков с нулевым натяжением при действии отрицательных динамических усилий: если $S_{сб} / S^{kp}_{min} \geq 1$, то $k_u = 0,75$, если $S_{сб} / S^{kp}_{min} < 1$, что нежелательно, $k_u = 1,5$;

k' - коэффициент участия массы перемещаемого груза в колебательном процессе $k' = 1$

m_z - масса перемещаемого груза, кг;

k'' - коэффициент участия массы ходовой части элеватора в колебательном процессе, значение которого зависит от длины цепи:

$L_{ц}$, м – менее 50, то $k' = 1,00$
 $L_{ц}$, м – 50...120, то $k' = 0,75$
 $L_{ц}$, м – более 120, то $k' = 0,50$

m_k - масса ходовой части конвейера, кг;

k_d - коэффициент, учитывающий дополнительные нагрузки на цепь, возникающие в результате несовпадения размеров шага цепи и зубьев звёздочки, в результате чего каждый новый зуб входит в зацепление с шарниром цепи с ударом; для цепных конвейеров $k_d = 2...3$ (меньшее значение при малом шаге и скорости).

Поперечные колебания цепи распространяются на небольшой участок, в результате чего в них участвует незначительная масса элеватора и груза, поэтому при определении действующих на тяговый элемент динамических сил поперечные колебания не принимают во внимание, а учитывают только продольные колебания.

Цепи выбирают по разрушающей нагрузке S_p по формуле 8.10.

$$S_p \geq S_{расч} C_n \quad [8.10]$$

Где:

C_n - коэффициент запаса прочности: для пластинчатых цепей $C_n = 5...6$ и $C_n = 7...10$ соответственно для горизонтальных и полого наклонных конвейеров, и конвейеров, имеющих круто наклонные участки; для разборных цепей $C_n = 10...14$ и $C_n = 10...15$; для круглозвенных цепей $C_n = 10...15$ и $C_n = 15...20$ соответственно с термообработкой и без неё;

$S_{расч}$ - расчётное натяжение цепи:

$$S_{расч} = ((S_{max} + S_{дин})k_n)/z \quad [8.11]$$

Где:

S_{max} - максимальное натяжение цепи при установившемся режиме работы конвейера, из тягового расчёта;

$S_{дин}$ - динамическая нагрузка на цепь, возникающая вследствие неравномерности движения цепи по формуле 8.9;

$k_n = 1,1...1,25$ - коэффициент неравномерности распределения нагрузки между цепями, в зависимости от точности изготовления и монтажа конвейера;

z - число цепей в элеваторе.

Выбранная цепь должна обеспечить надёжную, безопасную и долговечную работу элеватора в реальных конкретных условиях его эксплуатации.

Рекомендуемый шаг цепи и число зубьев звёздочки для цепных элеваторов приведены в таблице 8.9.

Таблица 8.9.

Ковши расставленные									
Шаг ковшей, мм	200	320	400	500	630	800			
Шаг цепей, мм	100	160	100	200	125	250	315	200	400
Число зубьев приводной звёздочки		8	16	8	13	6	6	12	6
Число зубьев натяжной звёздочки	10	6	13	6	10	6	6	10	6
Ковши сомкнутые									
Шаг ковшей, мм	160	200	250	320	400				
Шаг цепей, мм	160	200	250	160	320	200	400		
Число зубьев приводной звёздочки	8	8	12	16	8	12	8		
Число зубьев натяжной звёздочки	6	6	12	12	6	12	6		

Тяговое усилие на барабане (звёздочке) рассчитывается по формуле 8.12:

$$P_0 = W_0 v \dots [8.12]$$

Где:

v - скорость движения тягового элемента, м/с.

Если рабочий орган совершает вращательное движение, то мощность, Вт, рассчитывается по формуле 8.13:

$$P_0 = T_0 \omega \quad [8.13]$$

Где:

T_0 - момент сопротивления вращению приводного элемента, Н • м;

ω - его угловая скорость, с⁻¹

Мощность двигателя $P_{дв}$ рассчитывается по формуле 8.14:

$$P_{дв} = (k_3 P_0) / \eta_0 = (k_3 W_0 v) / \eta_0 \quad [8.14]$$

Где:

$k_3 = 1,15 \dots 1,25$ - коэффициент запаса мощности;

η_0 - КПД передаточного механизма от двигателя к приводному валу с учётом КПД приводного вала.

Средние значения КПД передаточных механизмов приведены в таблице 8.10.

Таблица 8.10.

Род передаточного механизма	КПД
Редуктор:	
одноступенчатый	0,97
двухступенчатый	0,94
трёхступенчатый	0,92
Зубчатая передача открытая:	
с обработанными зубьями	0,95
с необработанными зубьями	0,90
Червячная передача:	
с трёхходовым червяком	0,85
с двухходовым червяком	0,75
с одноходовым, не самотормозящая	0,65
Цепная передача	0,92
Ремённая передача	0,96
Муфта	0,99
Вал на подшипниках качения	0,98...0,99
Приводной элемент (звёздочка, барабан, шкив):	
без учёта жёсткости тягового органа	0,98
с учётом жёсткости тягового органа	0,92

Для обеспечения условий разгрузки диаметр приводного барабана (делительной окружности звёздочки) должен удовлетворять условию:

для быстроходного элеватора с центробежной разгрузкой 8.15

$$D_n \leq 0,204 v^2; \quad [8.15]$$

для быстроходного элеватора со смешанной разгрузкой 8.16

$$D_n = 0,245v^2; \quad [8.16]$$

для среднескоростного элеватора со смешанной разгрузкой 8.17

$$D_n = 0,308v^2; \quad [8.17]$$

для тихоходного элеватора с самотёчной разгрузкой 8.18

$$D_n = 0,600v^2; \quad [8.18]$$

Частота вращения вала приводного барабана (звёздочек) определяется по формулам 8.19...8.24.

Передаточное число привода:

$$u_0 = n_{дв}/n = \omega_{дв}/\omega \quad [8.19]$$

Где:

$n_{дв}$, n - соответственно частота вращения двигателя и приводного вала, об/мин;

$\omega_{дв}$, ω - соответственно угловая скорость вращения двигателя и приводного вала, с⁻¹.

Частота вращения звёздочки:

$$n_{зв} = (60v) / (\pi D_0) \quad [8.20]$$

Угловая скорость звёздочки:

$$\omega_{зв} = (2\pi v) / (zt) \quad [8.21]$$

Где:

D_0 — диаметр делительной окружности приводной звёздочки, м;

v - скорость движения тягового элемента, м/с;

z - число зубьев приводной звёздочки;

t - шаг цепи, м.

Частота вращения приводного барабана:

$$n_{б} = (60v) / (\pi (D_n + \sigma)) \quad [8.22]$$

Угловая скорость приводного барабана:

$$\omega_{б} = (2v) / (D_n + \sigma) \quad [8.23]$$

Где:

D_n - диаметр приводного барабана, м;

σ - толщина ленты, м.

По мощности двигателя и передаточному числу подбирают редуктор. Если требуемое передаточное число больше, чем имеющееся у стандартных редукторов, рассчитывают передаточное число дополнительной передачи (цепной, зубчатой), соединяющей ведомый вал редуктора с валом приводного элемента конвейера или (ремённой) - ведущий вал редуктора с валом двигателя. Обычно фактическое передаточное число $u_{ф}$ привода отличается от расчётного u_0 . Поэтому необходимо уточнить фактическую скорость тягового элемента:

$$v_{ф} = v u_0 / u_{ф} \quad [8.24]$$

Следует иметь в виду, что снижение скорости может привести к снижению расчётной производительности элеватора.

Из конструктивных соображений разрабатывается кинематическая схема привода элеватора, выбирается соответствующий редуктор. Фактическое передаточное (u_{ϕ}) число привода не должно отличаться от расчётного (u_0) более чем на $\pm 3\%$. По формуле 8.24 определяют фактическую скорость движения ковшей, исходя из фактического передаточного числа привода.

Фактическая производительность элеватора рассчитывается по формуле 8.25:

$$Q_{\phi} = 3,6i_n v_{\phi} \psi \beta \quad [8.25]$$

Где:

v_{ϕ} - фактическая скорость ковшей, м/с.

Тормозной момент на валу двигателя, препятствующий обратному движению ковшей под действием силы тяжести груза, находящегося в них, рассчитывается по формуле 8.26:

$$T_m = (p g H) (D_n / 2u_{\phi}) (\eta_0 k_m) \quad [8.26]$$

Где:

k_m - коэффициент запаса тормозного момента, $k_m = 1,5 \dots 1,75$.