

Лекция 3.2

КОВШОВЫЕ ЭЛЕВАТОРЫ

1. Расчет обезвоживающего элеватора

1.1. Определение емкости ковша

По заданной расчетной производительности определяют погонную емкость ковшей

$$\frac{i_0}{a_0} = \frac{Q_p}{3,6 \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi'}, \text{ л/м}$$

где V - скорость движения ковшей, м/с, в соответствии с "Нормами технологического проектирования углеобогабатительных фабрик", скорость движения ковшей обезвоживающих элеваторов принимают 0,25м/с для предварительного обезвоживания и 0,17м/с для окончательного;

ψ' - коэффициент заполнения ковшей, для обезвоживающих элеваторов принимают $\psi'=0,5 - 0,8$

По табл. 1 подбирают ближайшее большее значение $\frac{i_0}{a_0}$ находят ширину, емкость и шаг ковшей

Таблица 1. Параметры ковшей обезвоживающих элеваторов

Погонная емкость, л/м	Емкость ковша i_0 , л	Ширина ковша B , мм	Шаг ковшей a_0 , мм	Шаг цепи $t_{ц}$, мм	Тип элеватора
25,0	16	400	640	320	Э04
50,0	16	400	320	320	Э04С
62,5	50	650	800	400	Э06
125,0	50	650	400	400	Э06С
156,25	125	1000	800	400	Э010
312,5	125	1000	400	400	Э010С

Параметры элеваторов приведены в табл. 2

Таблица 2 Характеристика обезвоживающих элеваторов

Наименование основных параметров	Типоразмеры					
	Э04	Э06	Э010	Э04С	Э06С	Э010С
Расчетная производительность Q_p , т/ч при скорости: $V=0,17$ м/с при скорости: $V=0,25$ м/с	17 25	34 50,5	86,5 127	27,5 40,5	55 81	173 254
Ширина ковша B , мм	400	650	1000	400	650	1000
Емкость ковша, i_0 , л	16	50	125	16	50	125
Шаг ковшей a_0 , мм	640	800	800	320	400	400
Шаг цепи t_u мм	320	400	400	320	400	400
Погонная масса цепей с ковшами q , кг/м	86	122	143	188	222	-300
Допустимая крупность транспортируемого материала a'_{\max} , мм	100	150	150	100	150	150
Число граней приводных звездочек z	4	4	4	4	4	4
Максимальная длина элеватора L , м	30	30	25	30	30	25
Разрывное усилие 1-й цепи $S_{раз}$, Н	70000	123000	123000	170000	123000	123000

По выбранным значениям i_0 и a_0 определяют расчетное значение коэффициента заполнения ковшей

$$\psi = \frac{Q_p \cdot a_0}{3,6 \cdot V \cdot \gamma \cdot i_0}.$$

1.2. Определение длины элеватора

Обезвоживающий элеватор включает в себя подводную и надводную части

Длина подводной части (l_n) равна расстоянию между концевыми блоками элеватора и уровнем воды в отсадочной машине (обычно 4,5-6м). Минимальная длина надводной части зависит от скорости движения ковшей и нормированного времени дренирования воды из транспортируемого продукта

$$l_n = V \cdot t, \text{ м.}$$

Нормативное время дренирования воды на обезвоживающих элеваторах приведено в табл.3.

Таблица 3 Нормативное время дренирования воды на обезвоживающих элеваторах

Крупность продукта, мм	Продукт	Минимальное время дренирования, с
Более 13 (25)	Промпродукт	17
	Отходы	15
0,5 - 13 (25)	Концентрат	31
	Промпродукт	29
	Отходы	27(40)
0,5 - 100(150)	Промпродукт	24
	Отходы	22 (35)

Примечание В скобках приведены значения времени дренирования отходов при наличии в них глинистых частиц

Минимальная длина обезвоживающего элеватора

$$L_{мин} = l_n + l_n, \text{ м}$$

Учитывая конкретные условия, на фабрике принимают длину элеватора $L \geq L_{мин}$.

1.3. Определение погонных масс

При определении погонной массы транспортируемого продукта и ковшовой цепи в подводной части обезвоживающего элеватора должно быть учтено их уменьшение за счет действия закона Архимеда.

Погонная масса транспортируемого продукта в подводной части элеватора

$$q_n = \frac{G}{a_0} \left(1 - \frac{\gamma_e}{\gamma_{\text{ц}}} \right), \text{ кг/м,}$$

где $G = i_0 \cdot \gamma \cdot \psi$ - масса продукта в ковше, кг,

γ_e - плотность воды в элеваторе (по данным практики $\gamma_e = 1,2 \text{ кг/дм}^3$),

$\gamma_{\text{ц}}$ - плотность транспортируемого груза в целике, кг/дм^3

$$\gamma_{\text{ц}} = \gamma \cdot K_p$$

K_p - коэффициент разрыхления, для промпродукта и отходов принимается от 1,3 до 1,6

Погонная масса ковшовой цепи в подводной части элеватора

$$q'_0 = q_0 \cdot (1 - \gamma_e / \gamma_c), \text{ кг/м},$$

γ_c - плотность стали,

q_0 - погонная масса ковшовой цепи, кг/м

$$q'_0 = 0,85 \cdot q_0, \text{ кг/м}$$

Полагая, что уменьшение погонной массы транспортируемого продукта в надводной части элеватора происходит по линейному закону, а часть воды не дренирует и остается в ковше, приведенная погонная масса надводной части элеватора может быть определена по формуле

$$q_{np} = \frac{G + 0,5(i_0 - \nu') \cdot (1 + \psi_e) \cdot \gamma_e}{a_0}, \text{ кг/м}$$

где ν' - объем твердого в ковше,

$$\nu' = G / \gamma_u, \text{ л},$$

ψ_e - коэффициент, учитывающий часть воды, остающейся в ковшах (табл 4).

Таблица 4. Значение коэффициента ψ_e

Наименование продуктов обезвоживания	Значение коэффициента
Концентрат кл 0,5 - 13мм	0,18-0,22
Промпродукт кл. 13 - 150мм	0,09-0,14
Промпродукт кл 0,5 - 13мм	0,19-0,23
Отходы кл 13 - 150мм	0.1-0,15
Отходы кл 0,5 - 13мм	0.2 - 0,24

Большее значение ψ_e концентрата и промпродукта следует принимать для углей меньшей степени метаморфизма. Большее значение ψ_e для отходов необходимо принимать при наличии в них глинистых частиц.

1.4. Определение сопротивления движению

Сопротивление на участке грузовой ветви элеватора

$$W_{gp} = g[l_n \cdot (q_n + q'_0) \cdot (\omega' \cdot \cos \beta + \sin \beta) + l_n \cdot (q_{np} + q_0) \cdot (\omega' \cdot \cos \beta + \sin \beta)] \text{ Н},$$

где $\omega' = 0,6-0,7$ - коэффициент сопротивления движению.

Сопротивление на участке порожней ветви

$$W_{nop} = g[l_n \cdot q'_0 \cdot (\omega' \cdot \cos \beta - \sin \beta) + l_n \cdot q_0 \cdot (\omega' \cdot \cos \beta - \sin \beta)] \text{ Н}.$$

Сопротивление на приводном блоке

$$W_{np} = W_{4-1} = 0,05 \cdot (S_4 + S_1) \text{ Н},$$

где S_4 и S_1 - натяжения в точках набегания и сбегания цепей на приводном блоке.

Сопротивление на нижнем блоке

$$W_n = W_{2-3} = 0,1 \cdot S_2 \text{ Н}.$$

Сопротивление, вызванное зачерпыванием материала при загрузке ковшей элеваторов с расставленными ковшами, приближенно можно определить по формуле

$$W_{зач} \approx K_{зач} \cdot q' \text{ Н},$$

где $K_{зач}$ - коэффициент зачерпывания, выражающий удельную работу, затрачиваемую на зачерпывание груза, Нм/кг.

При скорости движения 1-1,25м/с принимают для порошкообразных и мелкокусковых насыпных грузов $K_{зач} = 12,5-25$ Нм/кг, для среднекусковых грузов при скорости движения 0,5-2м/с $K_{зач} = 20-50$ Нм/кг.

$$q' = q \cdot p / 100, \text{ кг/м}$$

где p - % материала, загружаемого зачерпыванием.

1.5. Определение натяжений цепей в характерных точках

Для одноцепных ковшовых элеваторов минимальное натяжение цепей принимают 2000...3000Н, для двухцепных - 4000...6000Н.

Для ковшового элеватора $S_{min} = S_2$, (рис. 1)

Зная методом обхода контура по точкам находят натяжения цепей во всех характерных точках (S_1 ; S_2 ; S_3 ; S_4).

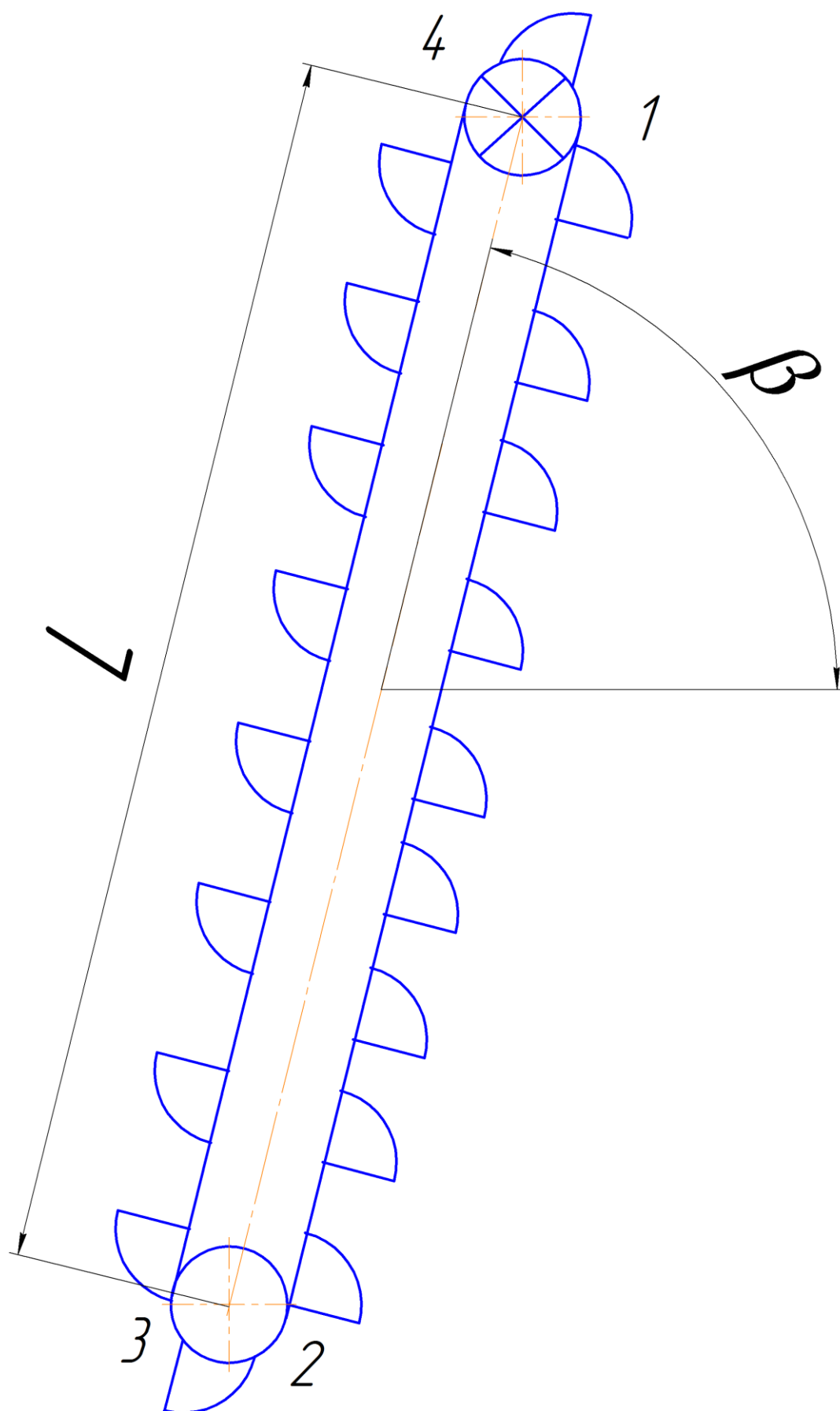


Рис.1. Схема элеватора

$$S_1 = S_2 - W_{1-2}, \text{Н},$$

$$S_3 = S_2 + W_{2-3} + W_{зач}, \text{Н},$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = S_2 + W_{2-3} + W_{зач} + W_{3-4}, \text{Н}.$$

1.6. Определение запаса прочности

Расчетная нагрузка на одну цепь

$$S_p = K_u \cdot S_{max}, \text{Н}$$

где K_u - коэффициент, учитывающий неравномерность нагрузки между цепями: для одноцепных элеваторов $K_u=1$, для двухцепных - $K_u=0,6-0,7$.

Запас прочности цепи

$$m = S_{раз} / S_p \geq 6,$$

где $S_{раз}$ - расчетное разрывное усилие цепи, Н.

1.7. Определение окружного тягового усилия на приводном блоке

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} + 0,05 \cdot (S_{нб} + S_{сб}) = S_4 - S_1 + 0,05 \cdot (S_4 + S_1), \text{Н}.$$

1.8. Выбор редуктора

Потребная мощность на валу приводного блока

$$N_0 = W_0 \cdot V / 1000, \text{кВт}$$

где V - скорость движения ковшовой цепи, м/с

Частота вращения приводных звездочек элеватора

$$n_{зв} = 60 \cdot V / z \cdot t, \text{мин}^{-1}$$

z - число граней приводных звездочек, (обычно для транспортных элеваторов 6),

t - шаг цепи, м.

Передаточное число редуктора

$$U_p = n_{дв} / n_{зв},$$

где $n_{\text{дв}}$ - частота вращения электродвигателя.

Для углеобогачительных фабрик рекомендуют принимать электродвигатели серии В и ВР с частотой вращения $n_{\text{дв}}=750\text{мин}^{-1}$

По мощности на валу приводного барабана, передаточному числу редуктора и частоте вращения двигателя подбирают редуктор.

1.9. Выбор электродвигателя

Потребная мощность электродвигателя

$$N_{\text{дв}} = k_{\text{дв}} \cdot \frac{W_0 \cdot V}{1000 \cdot \eta}, \text{кВт},$$

где $k_{\text{дв}}=1,1 \dots 1,2$ - коэффициент запаса мощности двигателя;

$\eta = 0,9 - 0,95$ - КПД редуктора, (0,97 на одну ступень).

1.10. Выбор стопорного устройства

Тормозное усилие стопорного устройства, пренебрегая сопротивлениями на концевых блоках для обезвоживающего элеватора, определяют по формуле

$$W_m = 2 \cdot g \cdot (l_n \cdot q_n + l_{np} \cdot q_{np}) \cdot \sin \beta - W_0, \text{Н}.$$

При положительном значении W_m производят выбор стопорного устройства по тормозному моменту.

Тормозной момент

$$M_m = K_{mp} \frac{W_m \cdot D}{2 \cdot U_p}, \text{Нм},$$

Где D - диаметр начальной окружности приводной звездочки,

$K_{mp}=1,2 - 1,3$ - коэффициент запаса сил торможения.

2. Особенности расчета ковшового элеватора

2.1. Выбор типа элеватора и определение размеров ковшей

Тип элеватора, форму ковшей выбирают в зависимости от характеристик транспортируемого материала по соответствующим таблицам. Емкость ковшей и их размер выбирают с учетом необходимой погонной емкости ковшей, рассчитываемой по формуле, аналогичной формуле для обезвоживающих элеваторов.

2.2. Определение погонных масс

Погонная масса ковшовой цепи определяется по данным завода изготовителя.

Погонная масса материала

$$q = Qp/3,6 \cdot V, \text{ кг/м.}$$

2.3. Определение сопротивления движению

Сопротивление на участке грузовой ветви элеватора

$$W_{gp} = L \cdot g \cdot (\omega' \cdot \cos \beta + \sin \beta) \cdot (q + q_0), \text{ Н,}$$

где ω' - коэффициент сопротивления движению,

$\omega' = 0,10 - 0,12$ для катковых цепей;

$\omega' = 0,20 - 0,25$ для скользящих цепей

Сопротивление на участке порожней ветви

$$W_{nop} = L \cdot g \cdot q_0 \cdot (\omega' \cdot \cos \beta - \sin \beta), \text{ Н.}$$

Дальнейший расчет выполняется аналогично обезвоживающим элеваторам, за исключением определения величины тормозного усилия стопорного устройства, которую определяют по формуле:

$$W_m = 2 \cdot L \cdot g \cdot q \cdot \sin \beta - W_0, \text{ Н.}$$

3. Особенности расчета элеватора с ленточным тяговым органом

Так же, как и для цепных элеваторов, тип элеватора, форму ковшей, их емкость и размеры выбирают в зависимости от характеристики транспортируемого материала и производительности.

Предварительно принимают число прокладок ленты (обычно $i=3-4$) и определяют диаметр приводного барабана

$$D_{\phi} = 0,125 \cdot i, \text{ м}$$

Полученный по предыдущему выражению диаметр приводного барабана округляют до ближайшего большего или меньшего размера из нормального ряда размеров по стандарту (250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 мм).

Выбор скорости движения тягового органа производят в зависимости от способа разгрузки.

Для быстроходных элеваторов с центробежной разгрузкой

$$V \geq \sqrt{\frac{D_{\delta}}{0,204}}, \text{ м/с};$$

для быстроходных элеваторов с центробежной и самотечной разгрузкой

$$V \geq \sqrt{\frac{D_{\delta}}{0,205 - 0,286}}, \text{ м/с};$$

для среднескоростных элеваторов с центробежной и самотечной разгрузкой ковшей с внутренней стенки

$$V \geq \sqrt{\frac{D_{\delta}}{0,306 - 0,612}}, \text{ м/с};$$

для тихоходных элеваторов с самотечной разгрузкой

$$V \geq \sqrt{\frac{D_{\delta}}{0,6}}, \text{ м/с}.$$

Определение погонных масс, сопротивлений движению производят так же, как при расчете транспортных элеваторов с цепным тяговым органом.

Определение натяжений для ленточных элеваторов производят, учитывая условие отсутствия пробуксовки ленты на приводном барабане.

Для удовлетворения этого условия отношение натяжения набегающей на приводной барабан ветви ленты $S_{нб}$ к сбегающей $S_{сб}$ должно быть

$$\frac{S_{нб}}{S_{сб}} = \frac{e^{\mu\alpha}}{K_m}.$$

Натяжение набегающей на приводной барабан ветви ленты

$$S_{нб} = S_2 + W_{2-3} + W_{зач} + W_{3-4} = k_1 \cdot S_2 + g \cdot [k_{зач} \cdot q' + (q + q_0) \cdot H], \text{ Н}$$

где k_I - коэффициент, учитывающий сопротивление W_{2-3} на нижнем барабане, $k_I=1,05-1,07$;

K_m - коэффициент запаса сил сцепления ленты на приводном барабане, $K_m=1,2-1,3$.

Натяжение сбегавшей с приводного барабана ветви ленты

$$S_{сб} = S_2 - W_{1-2} = S_2 + g \cdot q_0 \cdot H, \text{ Н},$$

Тогда

$$\frac{k_1 \cdot S_2 + g \cdot [k_{зач} \cdot q' + (q + q_0) \cdot H]}{S_2 + g \cdot q_0 \cdot H} = \frac{e^{\mu\alpha}}{K_m},$$

Или

$$S_2 = \frac{g \cdot \{K_m [k_{зач} \cdot q' + (q + q_0) \cdot H] - q_0 \cdot H \cdot e^{\mu\alpha}\}}{e^{\mu\alpha} - k_1 \cdot K_m}, \text{ Н}$$

В случае если S_2 окажется отрицательным или меньше 1000Н, принимают для обеспечения плавного хода ленты и устойчивости ковшей $S_2=2000\text{Н}$.

Зная величину находят натяжения в характерных точках, определяют число прокладок ленты, усилие на натяжном устройстве, окружное тяговое усилие, производят выбор стопорного устройства, двигателя и редуктора.

При расчете ленты на прочность следует учитывать ослабление ее отверстиями для болтов, крепящих к ленте ковши.