

1. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

1. Вид изделия – пустотная панель,
2. Масса изделия – 3,2 т
3. Размеры плиты 6260 x 1200 x 220 мм.
4. Диаметр пустот 160 мм.
5. Объем бетона на 1 изделие 1,32 м³

1. Выбор типа бетоноукладчика.

Ширина колеи:

$$A = n \cdot B + (n + 1) \cdot b + 2 \cdot a = 1 \cdot 1.2 + (1 + 1) \cdot 0.1 + 2 \cdot 0.5 = 2.3 \text{ м}$$

Где:

- n – число одновременно формируемых изделий, n=1;
B – ширина изделия, м
b – толщина борта формы (0,07...0,1) м;
a – расстояние от края формы до рельса (0,3...0,6) м.

Объем бункера:

$$V_6 = 1,2 \frac{V_n}{1 - e} = 1,2 \frac{1,32}{1 - 0,15} = 1,86 \text{ м}^3$$

Где:

- V_n – запроектированный объем изделий 1 формовки;
e – пористость бетонной смеси до вибрирования (0,1..0,2).

2. Расчёт производительности:

Длина холостого хода:

$$L_{x.x.} = 2 \cdot L_{д/ф} = 2 \cdot 12 = 24 \text{ м}$$

L_{д/ф} – перемещение бетоноукладчика до формы 12 м.

Длина рабочего хода:

$$L_{р.х.} = 2 \cdot L_{ф} = 2 \cdot 6,26 = 12,52 \text{ м.}$$

L_ф – длина формования.

Среднее значение скорости рабочего хода:

$$V_{ср.р.} = \frac{V_p}{60} = \frac{4}{60} = 0,066 \text{ м/с}$$

V_p – скорость перемещения на рабочем ходу м/мин.

Среднее значение скорости холостого хода :

$$V_{ср.х.} = \frac{V_x}{60} = \frac{10}{60} = 0,166 \text{ м/с}$$

V_x – транспортная скорость перемещения, м/мин.

Конструктивная производительность:

$$P_{\text{кон}} = \frac{3600 \cdot V_b \cdot K_n}{t_{\text{р.х.}}} = \frac{3600 \cdot 1,86 \cdot 0,8}{189,7} = 28,24 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$t_{\text{р.х.}} = \frac{L_{\text{рх}}}{V_{\text{ср.р}}} = \frac{2 \cdot 6,26}{0,066} = 189,7 \text{ секунд.}$$

$t_{\text{р.х.}}$ – время рабочего хода

Техническая производительность:

$$P_{\text{техн}} = V_b \cdot n_{\text{техн}} \cdot K_n = 1,86 \cdot 9,42 \cdot 0,8 = 14,01 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$n_{\text{техн}} = \frac{3600}{t_3 + t_{\text{х.х.}} + t_{\text{р.х.}}} = \frac{3600}{30 + 145 + 189,7} = 9,42 \text{ циклов/час}$$

Где:

t_3 - продолжительность загрузки бункера бетоноукладчика, $t_3 = 30$ сек.

$$t_{\text{х.х.}} = \frac{L_{\text{хх}}}{V_{\text{ср.х}}} = \frac{2 \cdot 12}{0,166} = 145 \text{ секунд.}$$

$t_{\text{ож}}$ – время ожидания при укладке смеси, сек.

Коэффициент использования оборудования:

$$K_{\text{и.о.}} = \frac{P_{\text{техн.мин.}}}{P_{\text{техн}}} = \frac{10,32}{14,01} = 0,75$$

$$P_{\text{техн.мин}} = \frac{3600 \cdot V_b \cdot K_n}{t_3 + t_{\text{х.х.}} + t_{\text{р.х.}} + t_{\text{ож}} + t_{\text{ожт}}} = \frac{3600 \cdot 1,86 \cdot 0,8}{30 + 145 + 189,7 + 120 + 34} = 10,32 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Технологическое время ожидания:

$$t_{\text{ож.т}} = 0,07 \cdot (t_3 + t_{\text{х.х.}} + t_{\text{р.х.}} + t_{\text{ож}}) = 0,07(30 + 145 + 189,7 + 120) = 34 \text{ сек}$$

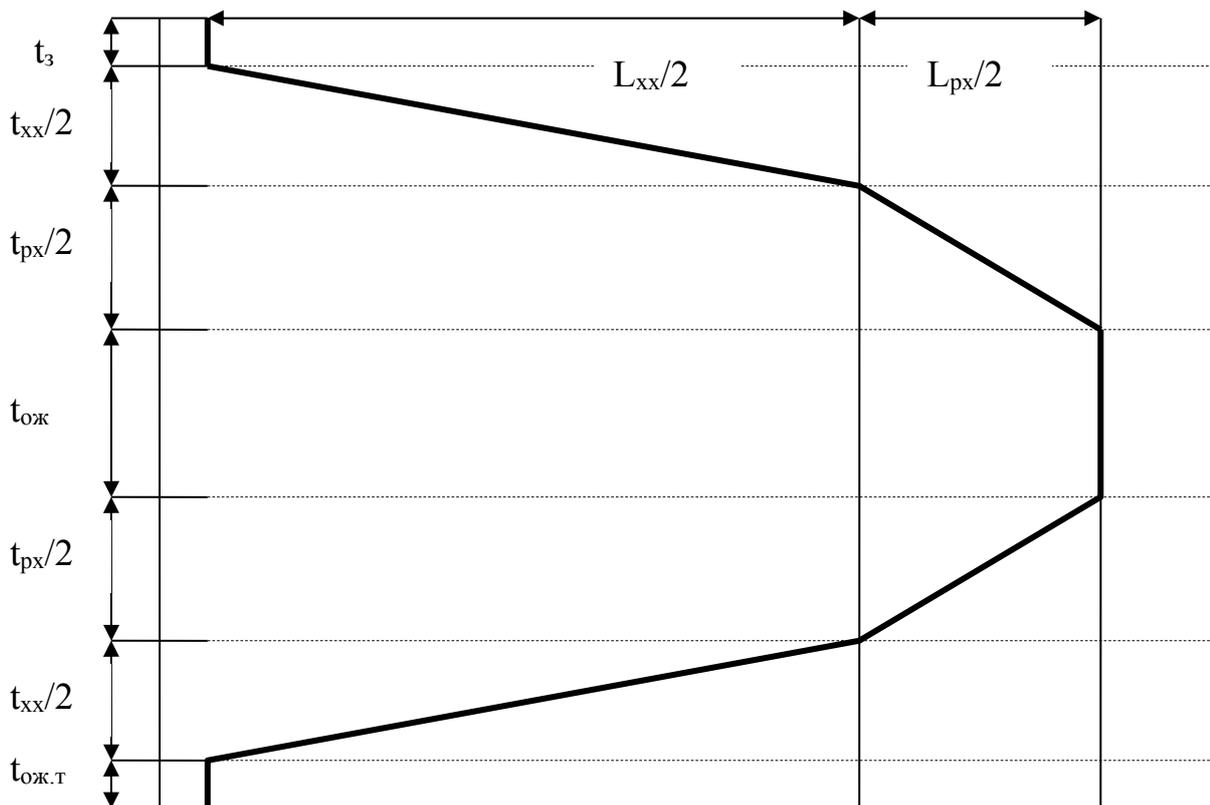
Эксплуатационная производительность:

$$P_э = P_{\text{техн.мин.}} \cdot K_{\text{п}} = 10,32 \cdot 0,9 = 9,288 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Где:

$K_{\text{п}}$ – коэффициент учитывающий снижение производительности из-за простоев в течение смены $K_{\text{п}} = 0,85 \dots 0,9$

Строим циклограмму работы бетоноукладчика.



Определяем высоту подъёма заслонки бункера, необходимую для выгрузки смеси ленточным питателем за время $t_{р.х.}$

Производительность питателя:

$$\Pi_{пит} = 3600 \cdot F \cdot V'_{л.п.} = 3600 \cdot B_{л.} \cdot h \cdot V'_{л.п.}$$

Где: $B_{л.}$ – ширина ленты

$V'_{л.п.}$ – равнодействующая скоростей ленты и бункера.

$$V'_{л.п.} = \sqrt{V_{л.п.}^2 + V_{ср.р.}^2} = \sqrt{0,075^2 + 0,066^2} = 0,1 \text{ м/с}$$

Где:

$$V_{л.п.} = \frac{V_{л.п.}}{60} = \frac{4,5}{60} = 0,075 \text{ м/с}$$

Конструктивная производительность: $\Pi_{кон} = \Pi_{пит}$

$$\frac{3600 \cdot V_6 \cdot K_n}{t_{р.х.}} = 3600 \cdot B_{л.} \cdot h \cdot V'_{л.п.} \Rightarrow h$$

$$\frac{3600 \cdot 1,86 \cdot 0,8}{189,7} = 3600 \cdot 1,1 \cdot h \cdot 0,1 \Rightarrow h = 0,09 \text{ м}$$

Принимаем $h = 9 \text{ см.}$

3. Расчёт мощности приводов механизмов бетоноукладчика.

Расчётная установленная мощность двигателя одного ленточного питателя:

$$N = K_3 \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} = 1,3 \frac{0,007 + 0,212 + 0,007}{0,8} = 0,3 \text{ кВт}$$

Где:

K_3 – коэффициент запаса мощности $K_3 = 1,1 \dots 1,3$;

η – к.п.д. привода питателя $\eta = 0,8 \dots 0,85$;

N_1 – мощность, потребляемая на преодоление трения бетонной смеси о неподвижные борта питателя:

$$N_1 = \frac{W_1 \cdot V_{\text{лп}}}{1000} = \frac{94,29 \cdot 0,075}{1000} = 0,007 \text{ кВт}$$

Где:

W_1 – сила трения смеси о борта питателя, Н

$$W_1 = 2 \cdot P_6 \cdot f_1 = 2 \cdot 58,93 \cdot 0,8 = 94,29 \text{ Н}$$

$f_1 = 0.8$ коэффициент трения бетонной смеси по стали;

P_6 – сила бокового давления смеси на борт;

$$P_6 = q_6 \cdot F_6 = 877 \cdot 0,0672 = 58,93 \text{ Н}$$

q_6 – удельное боковое давление бетонной смеси на борт, Па

$$q_6 = h \cdot \rho \cdot g \cdot \theta = 0,09 \cdot 2450 \cdot 9,8 \cdot 0,406 = 877 \text{ Па}$$

h – рабочая высота бортов (высота подъёма заслонки);

ρ – плотность бетонной смеси, кг/м³

θ – коэффициент подвижности бетонной смеси

$$\theta = \frac{1 - \sin \psi}{1 + \sin \psi} = 0,406 \quad \text{при } \psi = 25^\circ$$

ψ - угол естественного откоса бетонной смеси в движении;

F_6 – рабочая площадь одного борта, м²

$$F_6 = h \cdot L_6 = 0,09 \cdot 1,12 = 0,0672 \text{ м}^2$$

L_6 – длина борта питателя

$$L_6 = 0,8 \cdot L = 0,8 \cdot 1,4 = 1,12 \text{ м}$$

L – расстояние между осями барабанов питателя

N_2 – мощность, потребляемая на преодоление трения ленты питателя о поддерживаемый лист от силы тяжести столба бетонной смеси в бункере.

$$N_2 = \frac{W_2 \cdot V_{\text{лп}}}{1000} = \frac{2824,2 \cdot 0,075}{1000} = 0,212 \text{ кВт}$$

Где:

W_2 – сила трения резиновой ленты по стали, Н

$$W_2 = P_a \cdot f_2 = 5648,4 \cdot 0,5 = 2824,2 \text{ Н}$$

$f_2 = 0,5 \dots 0,6$ коэффициент трения резиновой ленты по стали;

P_a – сила активного давления бетонной смеси на ленту;

$$P_a = q_a \cdot F_a = 6303,9 \cdot 0,896 = 5648,4 \text{ Н}$$

F_a – площадь активного давления столба смеси в бункере на ленту и стальной лист;

$$F_a = a \cdot b = 0,896 \text{ м}^2$$

a – ширина отверстия бункера:

$$a = B_{\text{л}} - 0,1 = 1,1 - 0,1 = 1 \text{ м}$$

B_l – ширина ленты, м

b – длина отверстия бункера

$$b = 0.8 \cdot L = 0.8 \cdot 1.4 = 1.12 \text{ м}$$

q_a – удельное активное давление столба смеси в бункере, Па

$$q_a = \frac{\rho \cdot g \cdot R}{\theta + \operatorname{tg} \psi} = \frac{2450 \cdot 9.8 \cdot 0.26}{0.406 + 0.47} = 6303.9 \text{ Па}$$

R – гидравлический радиус

$$R = \frac{a \cdot b}{2(a + b)} = \frac{1 \cdot 1.12}{2(1 + 1.12)} = 0.26 \text{ м}$$

N_3 – мощность, потребляемая на преодоление сопротивления в роликоопорах при транспортировании бетонной смеси на ленте:

$$N_3 = \frac{W_3 \cdot V_{\text{лп}}}{1000} = \frac{95.29 \cdot 0.075}{1000} = 0.007 \text{ кВт}$$

Где:

W_3 – сила сопротивления перемещению массы бетонной смеси на ленте, Н

$$W_3 = G_{\text{см}} \cdot f_3 = B_l \cdot h \cdot L \cdot \rho \cdot g \cdot f_3 = 1.1 \cdot 0.09 \cdot 1.4 \cdot 2450 \cdot 9.8 \cdot 0.035 = 95.29 \text{ Н}$$

$f_3 = 0.035 \dots 0.04$ – приведённый коэффициент сопротивления роликоопор ленты питателя

Мощность двигателя привода механизма передвижения бетоноукладчика:

$$N = \frac{W_0 \cdot V_{\text{макбу}}}{1000} = \frac{2824.2 \cdot 0.075}{1000} = 0.212 \text{ кВт}$$

Где:

$V_{\text{макбу}} = V_{\text{х.х.}}$ – скорость максимальная передвижения бетоноукладчика

η – к.п.д. передач передвижения = 0,85...0,9

W_0 – сила сопротивления перекачиванию (приведённая к ободу ведущих колёс).

$$\begin{aligned} W_0 &= (G_{\text{б/у}} + G_{\text{б}}) \cdot \left(\frac{2K}{D} + \frac{\mu d}{D} \right) \cdot \beta = \\ &= (41160 + 31693,2) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,0008}{0,3} + \frac{0,08 \cdot 0,1}{0,3} \right) \cdot 2,5 = 5828,2 \text{ Н} \end{aligned}$$

$G_{\text{б/у}}$ – сила тяжести бетоноукладчика:

$$G_{\text{б/у}} = m_{\text{бу}} \cdot g = 4200 \cdot 9.8 = 41160 \text{ Н}$$

$m_{\text{бу}}$ – масса бетоноукладчика

$G_{\text{б}}$ – суммарная сила тяжести бетонной смеси в бункере:

$$G_{\text{б}} = V_{\text{б}} \cdot \rho \cdot g = 1,32 \cdot 2450 \cdot 9.8 = 31693,2 \text{ Н}$$

K – коэффициент сопротивления перекачиванию колёс по рельсам (плечо трения качения) $K=0,0008$

μ – приведённый коэффициент трения в цапфах колёс, $\mu = 0,08$

Д – диаметр колёс бетоноукладчика $D=0,3\dots0,4\text{м}$

d – диаметр цапф $d=0,06\dots0,1\text{ м}$

β - коэффициент учитывающий трение реборд колёс о рельсы = 2,5..3,5

Полученное значение W_0 проверяем на достаточность при пробуксовке, когда:

$$W_0 \leq W_{\max}$$

Сила трения колёс при скольжении по рельсам :

$G_{\delta/y}$ – сила тяжести бетоноукладчика:

$$G_{\delta/y} = m_{\delta/y} \cdot g = 4200 \cdot 9.8 = 41160\text{Н}$$

G_{δ} – сила тяжести бетоноукладчика:

$$W_{\max} = \frac{a_1}{a_2} (G_{\delta/y} + G_{\delta}) \cdot f' = \frac{2}{4} (41160 + 31693) \cdot 0.1 = 3642\text{Н}$$

a_1 – число ведущих колёс =2

a_2 – общее число ходовых колёс =4

$f' = 0.1\dots0.15$ – коэффициент трения при скольжении колёс по рельсам

Кинематический расчёт механизма передвижения бетоноукладчика

По справочнику подбираем двигатель МТФ⁰¹¹⁻⁶

Число оборотов двигателя $n_{\text{дв}} = 885$ об/мин; $N_{\text{дв}} = 1,4$ кВт

Мощность двигателя :

$$N_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{кр}} W_k}{\eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{цеп}}}$$

W_k – угловая скорость вращения колеса, 1/с

$\eta_{\text{ред}} = 0,9$ к.п.д. редуктора;

$\eta_{\text{цеп}} = 0,95$ к.п.д. цепной передачи;

$M_{\text{кр}}$ – крутящий момент на колесе;

$$M_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{цеп}}}{W_k} = \frac{1.4 \cdot 0.9 \cdot 0.95}{1.11} = 1,07 \text{ кН/м}$$

$$W_k = \frac{\pi \cdot n_k}{30} = \frac{3.14 \cdot 10.61}{30} = 1.11 \text{ 1/с.}$$

$$n_k = \frac{V_{\max}}{\pi \cdot D} = \frac{10}{3.14 \cdot 0.3} = 10,61 \text{ об/мин}$$

V_{\max} – максимальная скорость бетоноукладчика, м/мин

D – диаметр колеса, м;

Общее передаточное число механической передачи:

$$i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_k} = \frac{885}{10.61} = 83.4$$

По справочнику выбираем редуктор Ц2-200.