

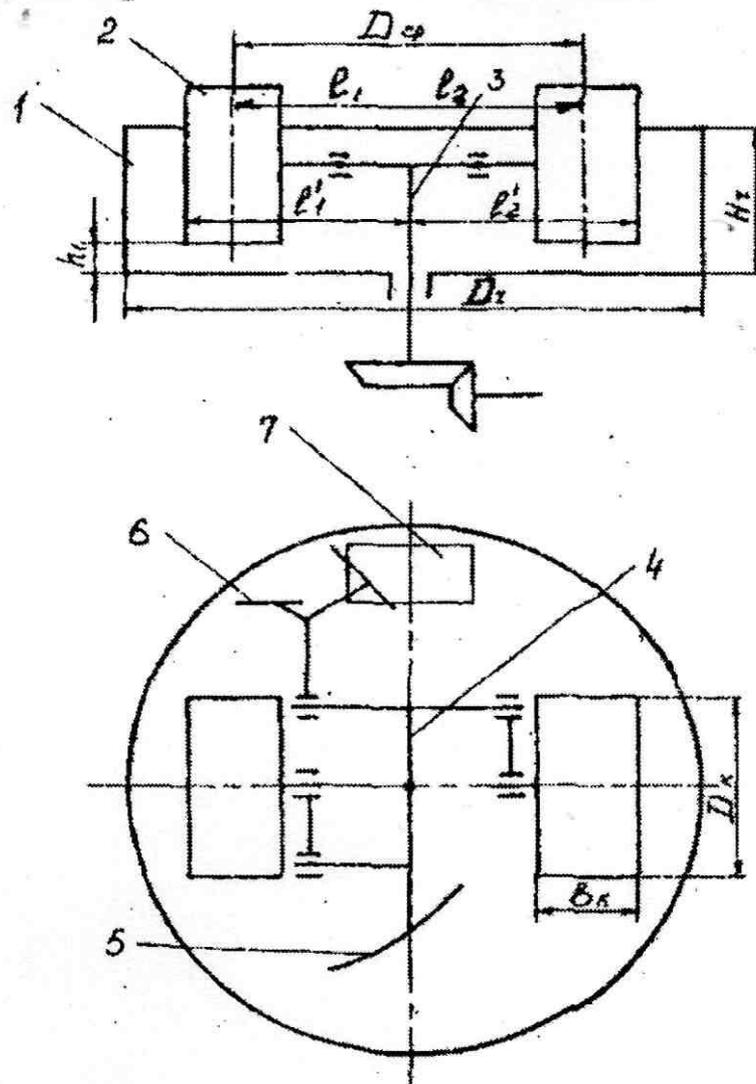
# Расчет смешивающих литейных бегунов с вертикально-вращающимися катками

## ***Исходные данные***

1. Производительность смесителя –  $P$ , м<sup>3</sup>/с
2. Прочность смеси во влажном состоянии -  $\sigma$ , МПа
3. Технологически необходимое время перемешивания –  $t_{\text{пер}}$ , с

***Задача расчета:*** определить основные конструктивные параметры и мощность привода

# Схема установки



Методика расчета:

## 1. Размер чаши смесителя

$$D_{ч} = (0,8 \div 0,85) \sqrt{\frac{4V_{зам}}{\pi(h_1 + h_2)}}, \quad м$$

где,  $V_{зам} = \Pi * t_{пер}$  – объем замеса,  $м^3$ ,  $h_1 = 0,02 \dots 0,025$  м – зазор (высота слоя смеси) между крайней нижней точкой катка и днищем чаши;  $h_2 = 0,06 \dots 0,08$  м – высота слоя смеси, захватываемой под каток

$$V_{зам} = S_{зам} * H_{зам}$$

$$S_{зам} = \pi D^2 / 4$$

$$H_{зам} = h_1 + h_2$$

Коэффициент 0,8 ... 0,85 учитывает, что под катки попадает часть смеси, а остальная поднимается плужками выше слоя  $h_1$

Рабочая высота чаши принимается из условия удобства обслуживания:

Для открытых смесителей -  $H_{ч}=0,7 \dots 0,8$  м

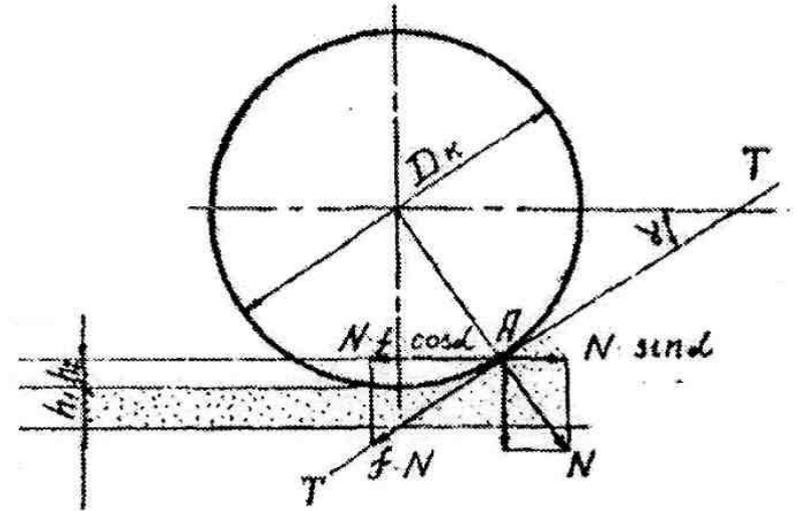
Для закрытых смесителей –  $H_{ч}=0,4 \dots 0,5$  м.

## 2. Определение размера катка

Диаметр катка –  $D_k$  определяется из условия затягивания смеси под каток

$$Nf \cos \alpha \geq N \sin \alpha$$

где  $N$  – сила нормального давления катка на смесь;  $f$  – коэффициент трения смеси о поверхность катка;  $\alpha$  – угол захвата смеси катком.



Из данного уравнения  $f \geq \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$

Обычно  $f$  принимают равным 0,7, тогда  $\operatorname{tg} \alpha = 0,7$  и  $\alpha = 35^\circ$

$$h_2 \leq (1 - \cos \alpha) \frac{D_k}{2}$$

Из геометрического построения находим:

$$D_k \geq \frac{2h_2}{1 - \cos \alpha}; \quad \text{при } \alpha = 35^\circ$$

$$D_k = (11 \div 12)h_2, \quad \text{м}$$

Ширина катка  $b_k$  у большинства смесителей находится в следующей зависимости от  $D_k$  и  $D_u$

$$b_k = \left( \frac{1}{3,25} \div \frac{1}{5} \right) D_k$$

$$b_k = \left( \frac{1}{10} \div \frac{1}{12} \right) D_u$$

Нажатие катка на смесь:  $G_k = g * b_k$

где  $g$  – допускаемая нагрузка на единицу ширины катка, кН/м (зависит от объема смеси)

Объем замеса, $V$ м <sup>3</sup>	0,25	0,4	0,6	1,0	1,26	1,6
Допускаемая удельная нагрузка на смесь, кН/м	20	25	32	40	56	80

### 3. Частота вращения катка

$$n_k = \frac{60}{\pi} \frac{v_k}{D_k}, \quad \text{об / мин}$$

где  $v_k = 1,4 \dots 2,2$  м/с – линейная скорость точек, лежащих на образующей катка.

### 4. Частота вращения вертикального вала смесителя

$$n_v = n_k \frac{D_k}{D_{cp}}, \quad \text{об / мин}$$

где  $D_{cp}$  – средний диаметр качения катка,

$$D_{cp} = l_1 + l_2 = l_1' + l_2' - b_k \quad \text{При несимметричном расположении катков,}$$

$$l_1 = b_k + 0,5$$

$$l_2 = (1,15 \div 1,25)l_1$$

## 5. Мощность привода смесителя

$$N = N_{\text{кач}} + N_{\text{ск}} + N_{\text{пл}}$$

Мощность, необходимая для качения катков

$$N_{\text{кач}} = \frac{G_k n_b D_{\text{ср}} \lambda V_{\text{зам}}}{60 r_k S_{\text{зам}}}$$

где  $r_k$  – радиус катка, м;

$S_{\text{зам}}$  – площадь замеса, м<sup>2</sup>;

$\lambda$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние свойств смеси на сопротивление качению по ней катков ( $0,8 + 32\sigma$ );

$G_k$  – сила прижима смеси катком, кН;

$n_b$  – число оборотов вертикального вала смесителя, об/мин.

Мощность, расходуемая на скольжение катков относительно смеси

$$N_{ск} = \frac{G_k n_b b_k f}{60}, \quad кВт$$

где  $f=0.2...0,4$  – коэффициент трения катка о смесь

Мощность, затрачиваемая для перемещения смеси плужками

$$N_{пл} = G_{зам} \cdot n_b^2 \cdot \gamma \cdot K, \quad кВт$$

где

$G_{зам}$  – вес замеса, кН,

$$G_{зам} = V_{зам} \cdot \delta, \quad кН$$

$\delta$  – объемный вес рыхлой смеси, (11- 12 кН/м<sup>3</sup>)

$K$  – коэффициент, учитывающий зависимость мощность привода от свойств формовочной смеси (0,7+ 30 $\sigma$ ) с/см<sup>2</sup>

$\gamma$  - геометрический параметр плужков:

$$\gamma = \sum \gamma_i = \frac{1}{3} \left[ h'_1 (r_{12}^3 - r_{11}^3) + h'_2 (r_{22}^3 - r_{21}^3) + h'_3 (r_{32}^3 - r_{31}^3) \right], \quad \text{м}^4$$

где  $h$  – высота плужков,

$r$  – расстояние от оси вращения до границ соответствующих участков плужков

$$h_1 = 0.02 - 0.03 \text{ м}, \quad h_2 = h_3 = 0.08 - 0.1 \text{ м}, \quad r_{1,1} = 0,1R_{\text{ч}}$$

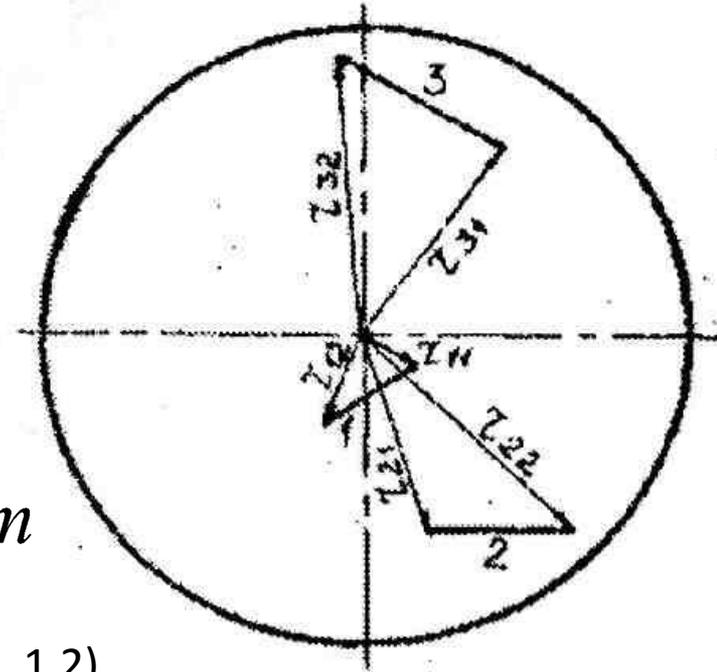
$$r_{1,2} = r_{2,1} = 0,3R_{\text{ч}}, \quad r_{2,2} = r_{3,1} = 0,6R_{\text{ч}}, \quad r_{3,2} = 0,9R_{\text{ч}}$$

Мощность двигателя смесителя:

$$N_{\text{дв}} = K_y (N_{\text{кач}} + N_{\text{ск}} + N_{\text{пл}}) \frac{1}{\eta}, \quad \text{кВт}$$

$K_y$  – коэффициент установочной мощности (1,04 ... 1,2)

$\eta$  - КПД привода смесителя (0,8 ... 0,95)



При работе сдвоенных бегунов каждая чаша рассматривается независимо

Мощность привода катков по приближенной формуле

$$N_{дв} = N_{хх} (N_{кач} + N_{ск} + N_{пл}) / \frac{1}{1 - \beta_{отн}}, \quad кВт$$

$$N_{хх} = 2,5-3,0 \text{ кВт}$$

$$N_{пл} = 3,0-4,0 \text{ кВт}$$

$$N_{кач} = 15-30 \text{ кВт}$$

$$N_{ск} = 1,5-3,0 \text{ кВт}$$

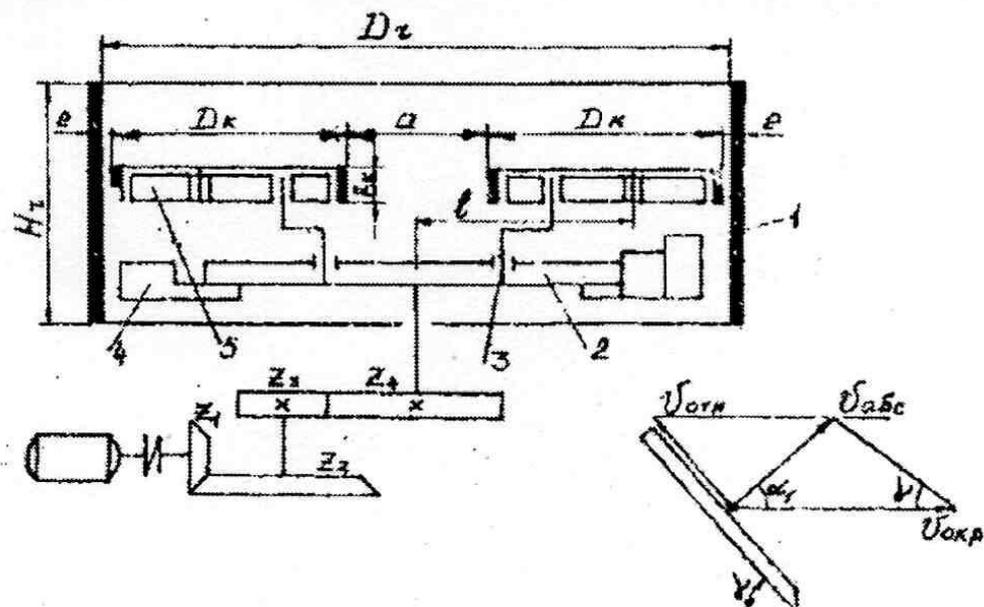
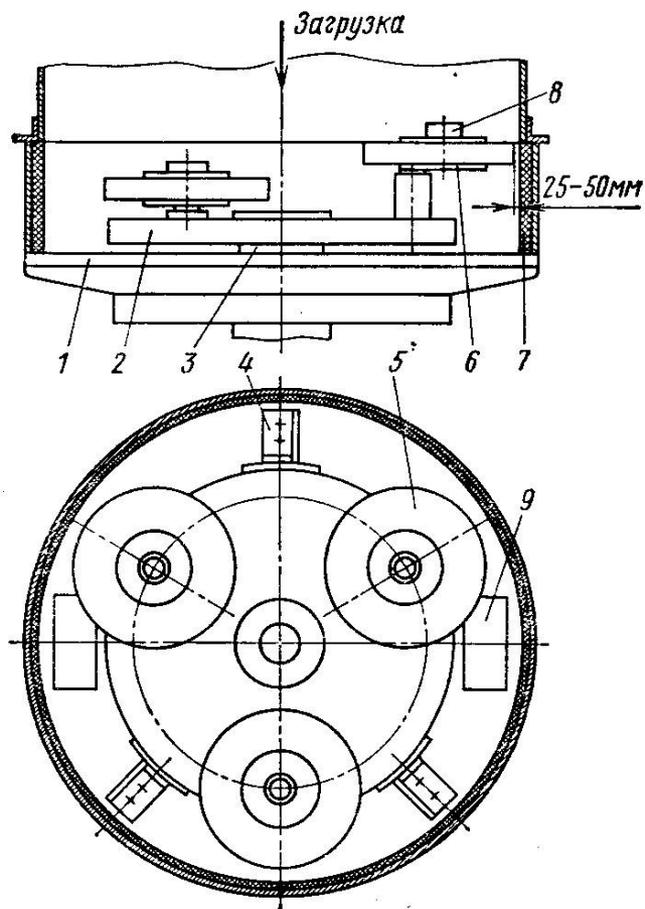
# Расчет центробежного смесителя

## ***Исходные данные***

1. Производительность смесителя –  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч
2. Прочность смеси во влажном состоянии -  $\sigma$ , МПа
3. Технологически необходимое время перемешивания –  $t_{\text{пер}}$ , мин

***Задача расчета:*** определить основные конструктивные параметры и мощность привода

# Схема установки



Методика расчета:

## 1. Размеры чаши смесителя

$$D_{\text{ч}} = \sqrt{\frac{4V_{\text{ч}}}{\pi H_{\text{ч}}}}, \quad \text{м}$$

где,  $V_{\text{ч}} = 3,2V_{\text{зам}}$  - объем чаши смесителя, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{зам}} = \text{Пт}_{\text{пер}}$  - емкость замеса, м<sup>3</sup>;  
 $H_{\text{ч}} = 0,45 \dots 0,55$  м - высота чаши

## 2. Размер катка смесителя

$$D_{\text{к}} = \frac{D_{\text{ч}}}{2} - e - \frac{a}{2}, \quad \text{м}$$

где  $e$  - зазор между катком и внутренней поверхностью чаши (0,02 ... 0,03), м;

$a$  - расстояние между катками - 0,25 м  
Ширина катков смесителя выбирается из конструктивных соображений в пределах  $b_{\text{к}} = 0,1 \dots 0,2$  м

### 3. Определение скорости движения смеси по стенкам чаши

$$\frac{v_{абс}}{\sin \alpha} = \frac{v_{отн}}{\cos \alpha} = v_{окр} = \frac{v_{абс}}{\cos \alpha_1} = \frac{v_{отн}}{\sin \alpha_1}$$

Смеситель имеет 2 плужка:

Первый с  $\alpha=60^{\circ}$ ,  $\alpha_1=30^{\circ}$

Второй с  $\alpha=45^{\circ}$ ,  $\alpha_1=45^{\circ}$

Абсолютная скорость движения смеси для плужка 1 принимают равной 6,3 м/с

Тогда

$$v_{окр} = \frac{v_{абс60}}{\sin 60} = 7,3, \quad м/с$$

Далее находим все остальные скорости.

**4. Число оборотов ротора смесителя – определяется из уравнения переносной скорости частиц смеси**

$$n_p = \frac{60v_{окр}}{\pi(D_k - 2\Delta)}, \quad об / мин$$

где  $\Delta$  - зазор между кромками плужков и внутренней поверхностью чаши (0,025 м)

Общее передаточное отношение привода смесителя

$$i_{общ} = \frac{n_p}{n_{дв}} = \frac{n_p}{1460}; \quad i_{общ} = i_{кон} - i_{цикл} = \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4}$$

Число оборотов катка

$$n_k = n_p \frac{(D_c - 2e)}{D_k}, \quad об / мин$$

Угловая скорость вращения ротора

$$\omega_p = \frac{\pi n_p}{30}, \quad рад / с$$

## 5. Мощность потребляемая смесителем

Расходуется на перемещение плужков  $N_{пл}$ , катков  $N_{кат}$  и преодоление потерь  $N_{пот}$

$$N_{пл} = K * \gamma * \omega_p * G_{зам}, \quad \text{кВт}$$

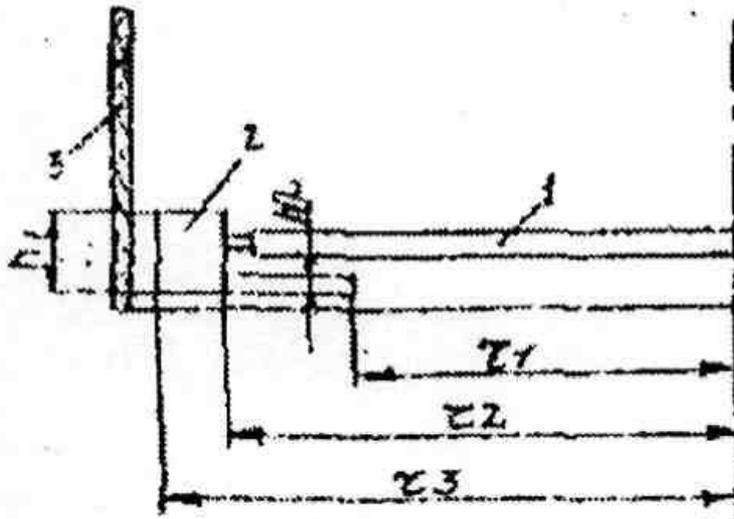
где  $K$  – коэффициент учитывающий свойства смеси

$$K = 0,7 + 30\sigma, \quad \text{с/м}^3$$

$G_{зам}$  – вес замеса, кН ( $V_{зам} \cdot \delta$ ) ( $\delta = 11-13 \text{кН/м}^3$ )

$\gamma$  – геометрический параметр плужков

$$\gamma = \frac{1}{3} \left[ \begin{array}{l} h_1^{60^0} (r_2^3 - r_1^3) + h_2^{60^0} (r_3^3 - r_2^3) + \\ + h_1^{45^0} (r_2^3 - r_1^3) + h_2^{45^0} (r_3^3 - r_2^3) \end{array} \right], \quad \text{м}^4$$



Где радиусы и высоты плужков берутся из следующих соотношений

$$r_1 = 0,6R_ч, \quad r_2 = 0,8R_ч, \quad r_3 = R_ч - e, \quad R_ч = D_ч/2,$$

$$h_1^{60^\circ} = 0,12m, \quad h_2^{60^\circ} = 0,06m,$$

$$h_1^{45^\circ} = 0,08m, \quad h_2^{45^\circ} = 0,025m$$

$$N_{кат} = F_{тр.кач} * v_k * i_k, \quad кВт$$

$i$  – количество катков;

$F_{тр.кач}$  – сила трения качения, возникающая при перекатывании катков по боковой поверхности, кН

$$F_{тр.кач} = \frac{f_{тр.кач} * F_{цб}}{R_k}, \quad Н$$

$f$  – коэффициент трения, 0,028

$F$  – центробежная сила, прижимающая катки к смеси, кН

$$F_{цб} = m_k \omega_p^2 R, \quad кВт$$

$$R = D_k + \frac{a}{2}, \quad м$$

$m_k$  – вес катка (2750 Н);  $u_k$  – окружная скорость катка

$$u_k = \frac{\pi D_k n_k}{60}, \quad \text{м/с}$$

Мощность двигателя

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{пл}} + N_{\text{кат}}}{\eta}, \quad \text{кВт}$$

$\eta$  - КПД привода машины, учитывающий также потери мощности на трение ротора о смесь (0.8 ... 0,9).

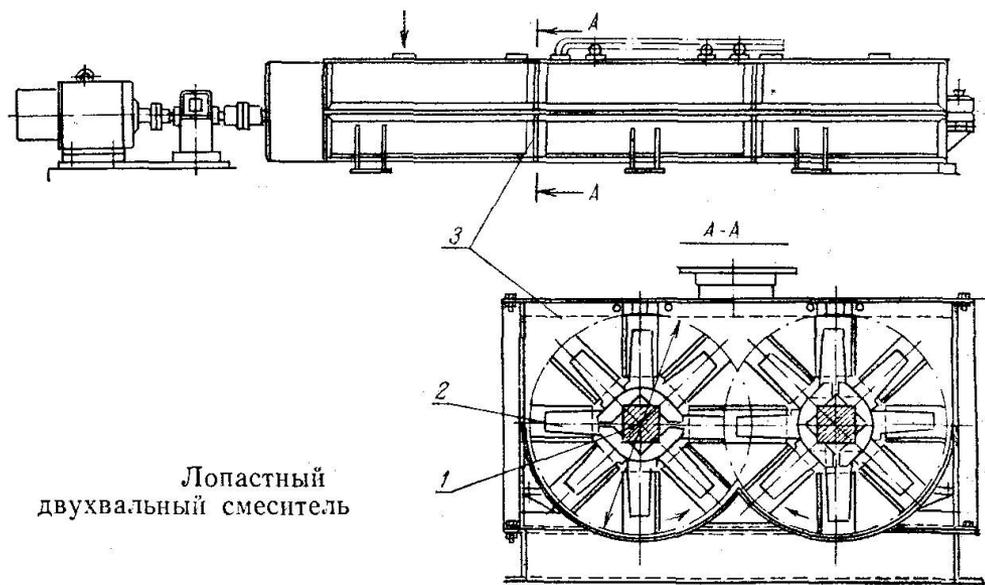
# Расчет лопастного смесителя

## ***Исходные данные***

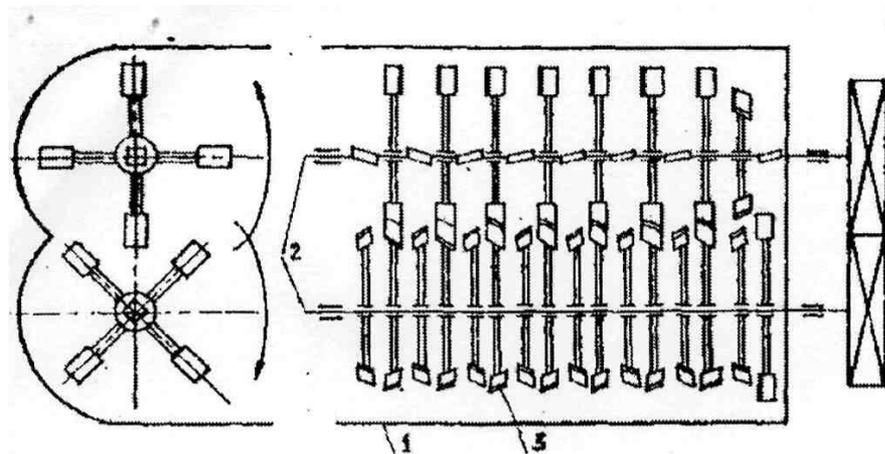
1. Производительность смесителя –  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч
2. Прочность смеси во влажном состоянии -  $\sigma$ , МПа
3. Технологически необходимое время перемешивания –  $t_{\text{пер}}$ , мин

***Задача расчета:*** определить основные конструктивные параметры и мощность привода

# Схема установки



Лопастный  
двухвальный смеситель



Методика расчета:

## 1. Объемная емкость смесителя

$$V_{см} = \frac{\Pi}{z_{зам}}; \quad Z_{зам} = \frac{1}{t_{общ}} = \frac{1}{t_{загр} + t_{пер} + t_{выгр}}, \quad \text{м}^3$$

где,  $z$  – число замесов, производимых смесителем в час;

## 2. Размер корпуса смесителя

Радиус корпуса смесителя

$$R = \sqrt[3]{\frac{V_{см}}{\cos \varphi \cdot \psi \cdot 2 \cdot i_l}}, \quad \text{м}$$

$\varphi=40 \dots 60^\circ$  – угол наклона лопастей к горизонту;

$\psi=0,8 \dots 1,0$  – коэффициент наполнения корпуса смесителя;

$i=14 \dots 20$  (18 ... 32) – число парных лопаток на одном валу

Общая ширина корпуса смесителя  $B=2R(\cos\phi+1)$ , м

Рабочая длина корпуса  $L=(0,12 \dots 0,14) i_{\text{л}} B$ , м

Высота корпуса  $H=(2,0 \dots 2,2)R$  – период. действия  
 $H=(2,3 \dots 2,4)R$

Число оборотов вала смесителя

$$n_{\text{в}} = \left( \frac{96}{G_{\text{см}}} + 52 \right), \quad \text{об / мин}$$

$$G_{\text{см}} = 10 \cdot V_{\text{см}} \cdot \delta$$

Передаточное отношение редуктора

$$i_{\text{ред}} = \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{дв}}}$$

где  $n_{\text{дв}}=750; 1000; 1500; 3000$  – число оборотов двигателя, об/мин

Мощность двигателя смесителя

$$N_{дв} = K_y \frac{2 \cdot K \cdot \omega^2 \cdot G_{см} \cdot i_{см} \cdot \gamma}{\eta}$$

$K_y$  – коэффициент установочной мощности (1,1 ... 1,2);  $K$  – расчетный параметр  $K=0,7+30\sigma$ , с/м<sup>3</sup>;  $\gamma$  – геометрический параметр плужков

$$\gamma = \frac{1}{3} h_{л} \sin \alpha (r_2^3 - r_1^3)$$

$h_{л}$  – ширина горизонтальной проекции лопасти смесителя (0,05 ... 0,10), м;

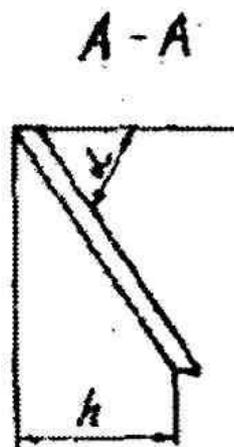
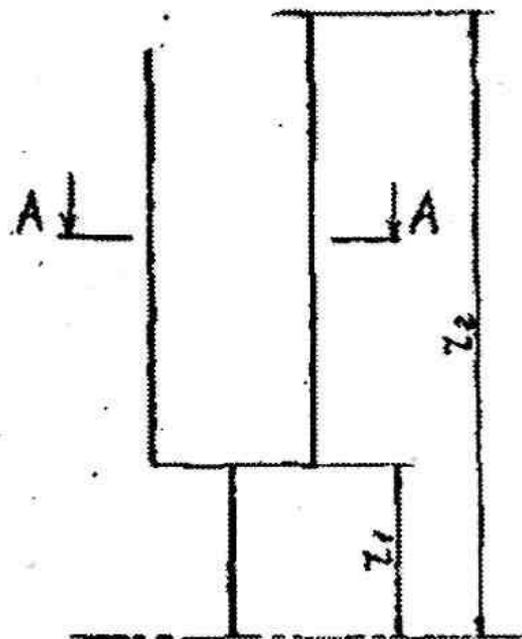
$h_{л} = e \cos \alpha$ , м где  $e$  – ширина лопатки (0,1 – 0,3 м)

$r_1$  и  $r_2$  – расстояние от оси вращения до границ соответствующих участков лопасти, м ( $r_1 = R$ ,  $r_2 = 0,5R$ )

$\omega$  – угловая скорость вращения валов, с<sup>-1</sup>

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{в}}{30}$$

$\eta$  – КПД редуктора и передач (0,85 ... 0,95)



## Силовой расчет смесителя

Крутящий момент на каждом валу

$$M_{кр} = \frac{N_{дв}}{\omega}, \quad \text{кН} \cdot \text{м}$$

Окружное усилие или сила изгибающая вал

$$P = \frac{M_{кр}}{r_2}$$

Наибольший изгибающий момент, действующий на вал

$$M_{изг} = \frac{P \cdot L}{4}$$

Расчетный момент

$$M_{расч} = \sqrt{M_{изг}^2 + 0,75 \cdot M_{кр}^2}, \quad \text{кН} \cdot \text{м}$$

Диаметры валов смесителя

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{M_{расч}}{0,1\sigma_{изг}}}, \quad \text{см}$$

Допустимое напряжение на изгиб, кПа. Для углеродистых сталей –  $15 \cdot 10^4$  –  $27 \cdot 10^4$  кПа