

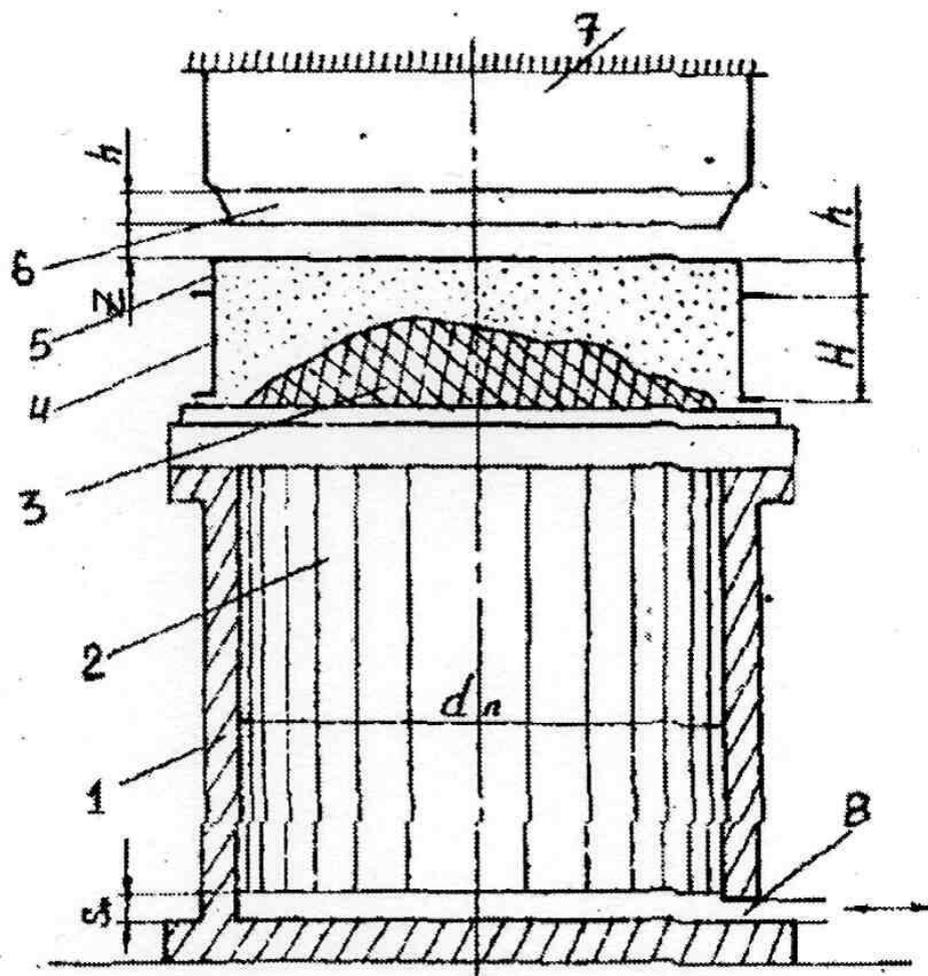
# Расчет пневматической прессовой формовочной машины

## ***Исходные данные***

1. Габариты опок в свету  $A_0 \times B_0 \times H_0$  , м
2. Технологически необходимая степень уплотнения смеси  $\delta$ , т/м<sup>3</sup>
3. Начальная плотность смеси  $\delta_0$ , т/м<sup>3</sup>
4. Давление воздуха в магистрали сети  $P_0$ , кПа

***Задача расчета:*** определение основных конструктивных параметров машины и потребного расхода воздуха на уплотнение одной полуформы.

# Схема установки



## Методика расчета:

### 1. Полезная нагрузка на машину

$$Q_1 = G_1 + G_2 + G_3, \quad \text{кН}$$

где  $G_1$  – вес опоки

$$G_1 = 2H_0(A_0 + B_0)c\gamma_1 + G_{\text{раб}} + G_{\text{цанф}}, \quad \text{кН}$$

где  $c$  – толщина стенки опоки, м;  $\gamma_1$  – удельный вес материала опоки

$G_2$  – вес формовочной смеси

$$G_2 = 0,75H_0A_0B_0\delta, \quad \text{кН}$$

$G_3$  – вес модели и подмодельной плиты

$$G_3 = 0,25H_0A_0B_0\gamma_2 + G_{\text{подмод.пл}}, \quad \text{кН}$$

$\gamma_2$  - удельный вес материала модели, т/м<sup>3</sup>

2. Вес подвижных частей машины (поршень, стол) в первом приближении

$$Q_2 = 1,25Q_1, \quad \text{кН}$$

3. Общая грузоподъемность машины

$$Q = Q_2 + Q_1, \quad \text{кН}$$

4. Сила трения, возникающая при перемещении прессового поршня

$$R = 0,25Q, \quad \text{кН}$$

5. Удельное давление прессования

$$P = 100 \left( \frac{\delta - 1}{c} \right)^4, \quad \text{кПа}$$

$c$  – коэффициент уплотняемости смеси (0,4 ... 0,6)

$\delta$  - технологически необходимая плотность смеси (1,65 ... 1,7), т/м<sup>3</sup>

6. Площадь и диаметр прессового поршня – определяется из условия:

$$P_0 F_n \geq P F_0 + Q + R$$

откуда

$$F_n = \frac{P F_0 + Q + R}{P_0}$$

$P_0 F_n$  – полная сила прессования, кН;  $P$  – удельное давление прессования, кПа;  $F_0$  – площадь опоки, м<sup>2</sup>;  $Q$  – вес частей машины поднимаемых при прессовании, кН;  $R$  – сила трения, кН

Усилие  $Q+R$  – на преодоление веса поднимаемых частей и трения:

$$Q + R = (0,1 \dots 0,15) P F_0, \quad \text{кН}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 F_n}{\pi}}, \quad \text{м}$$

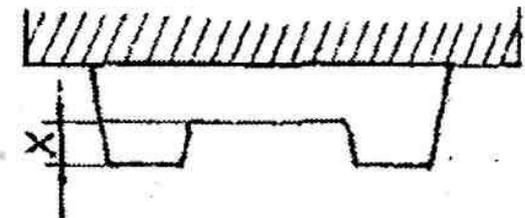
7. Высота наполнительной рамки определяется из условия, что масса смеси в опоке до и после прессования будет одинаковой:

$$[F_0(H_0 + h) - V_m] \delta_0 = (F_0 H_0 - V_m) \delta$$

откуда

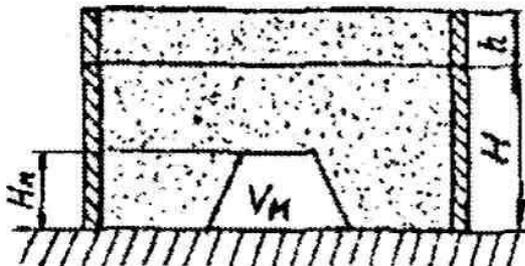
$$h = \left( H_0 - \frac{V_m}{F_0} \right) \left( \frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right), \quad \text{м}$$

При использовании профильной колодки:



Высота уступа

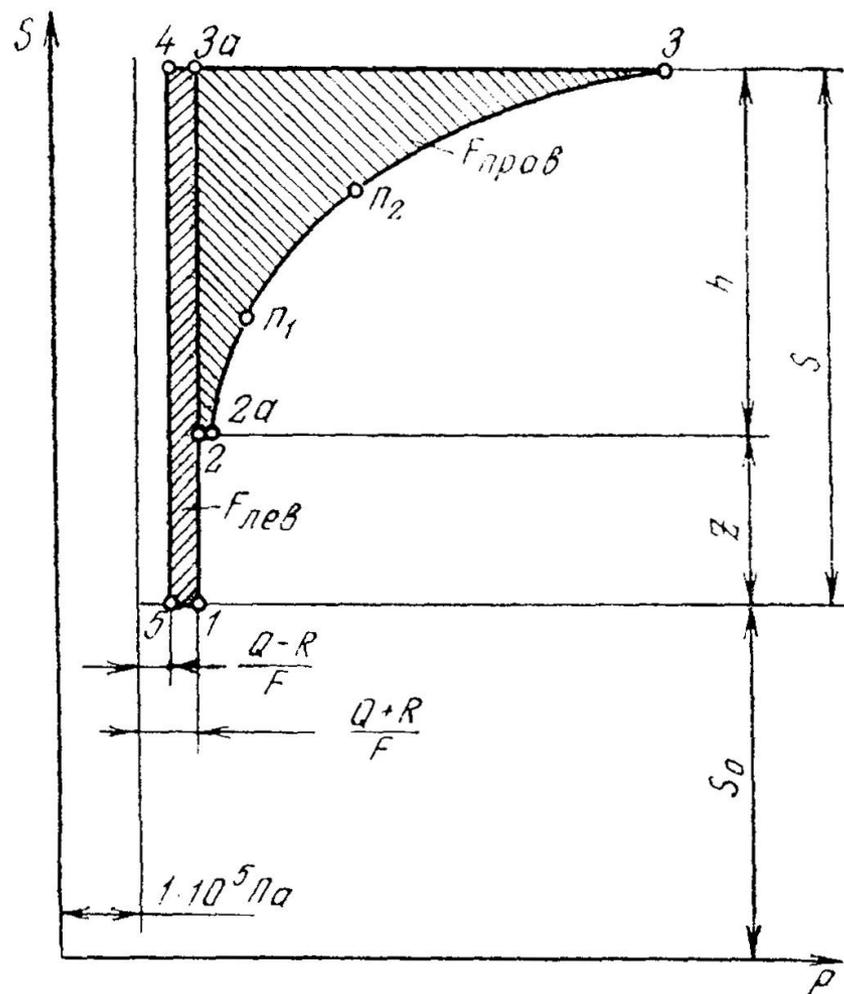
$$x = H_m \left( 1 - \frac{\delta_0}{\delta} \right), \quad \text{м}$$



Высота наполнительной рамки

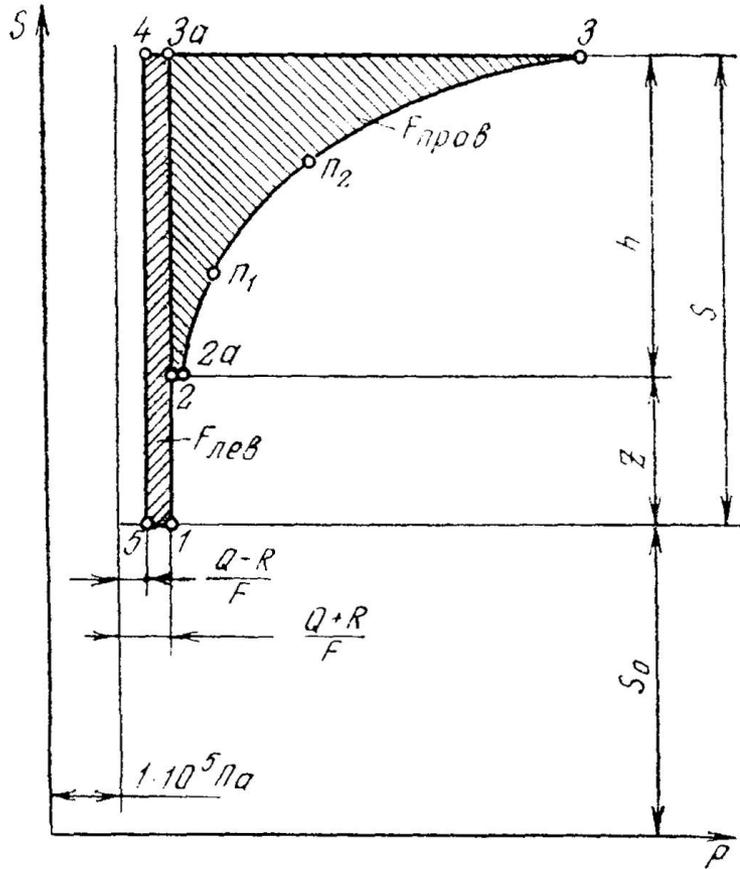
$$h = (H - H_m) \left( \frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right), \quad \text{м}$$

## 8. Построение индикаторной диаграммы



Индикаторная диаграмма  
прессующего механизма

# Прессовые формовочные машины



Индикаторная диаграмма  
прессующего механизма

Точка 1

$$p_1 = \left(1 + \frac{Q + R}{F}\right) 10^5$$

$$F = \frac{\rho F_0 + Q + R}{\rho_0}$$

$$s_1 = \frac{V_0}{F} = s_0$$

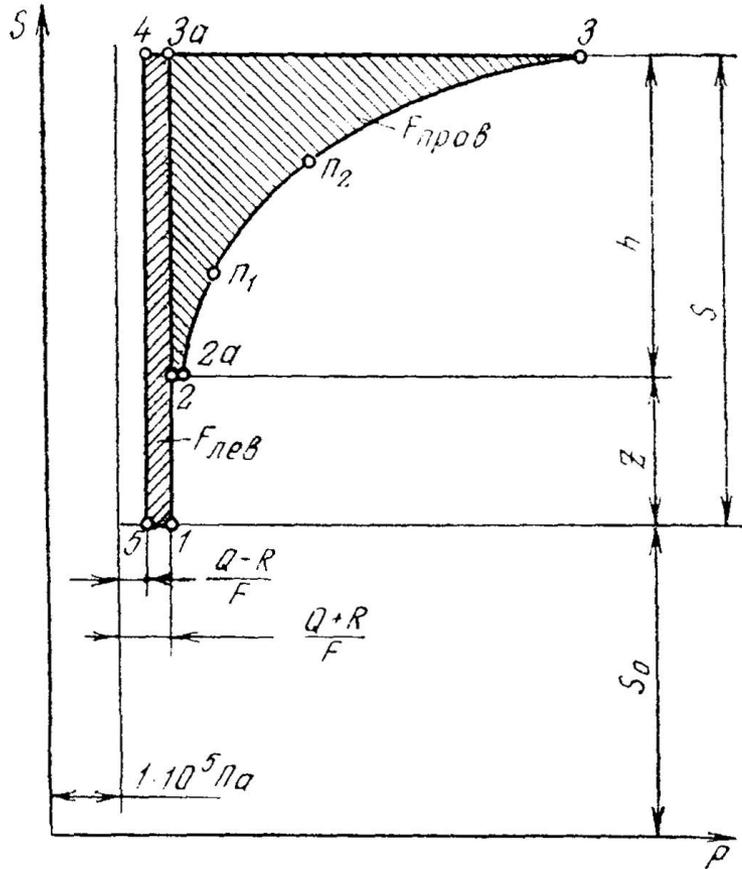
Точка 2-3

$$p_{2a} = p_2 + \left(\frac{\delta_0 - 1}{C}\right)^4 \frac{F_0}{F} 10^5$$

$$p_3 = p_2 + \left(\frac{\delta - 1}{C}\right)^4 \frac{F_0}{F} 10^5$$

$$p_2 = p_1$$

# Прессовые формовочные машины



Индикаторная диаграмма  
прессующего механизма

$$\delta_{n_1} = \delta_0 \left( \frac{h_{n_1}}{H - \frac{V_M}{F_0}} + 1 \right);$$

$$\delta_{n_2} = \delta_0 \left( \frac{h_{n_2}}{H - \frac{V_M}{F_0}} + 1 \right).$$

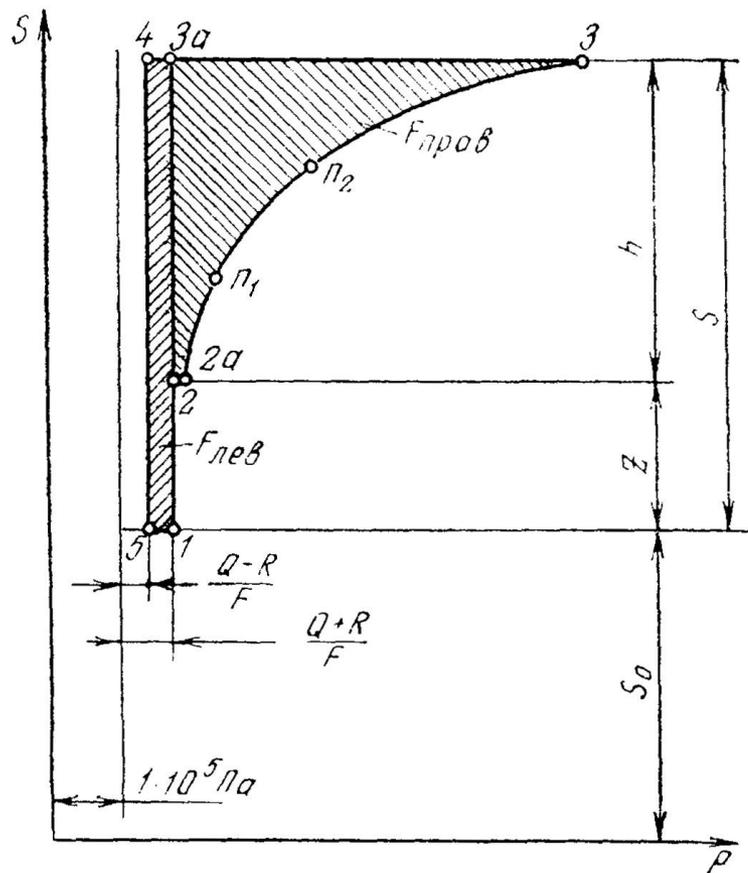
$$p_{n_1} = \left( \frac{\delta_{n_1} - 1}{C} \right)^4 10^5$$

$$p_{n_2} = \left( \frac{\delta_{n_2} - 1}{C} \right)^4 10^5$$

$$p_{ц n_1} = p_2 + \left( \frac{\delta_{n_1} - 1}{C} \right)^4 \frac{F_0}{F} 10^5$$

$$p_{ц n_2} = p_2 + \left( \frac{\delta_{n_2} - 1}{C} \right)^4 \frac{F_0}{F} 10^5$$

# Прессовые формовочные машины



Индикаторная диаграмма  
прессующего механизма

$$S_{n_1} = S_0 + z + h_{n_1}$$

$$S_{n_2} = S_0 + z + h_{n_2}$$

$$p_4 = \left( 1 + \frac{Q-R}{F} \right) 10^5$$

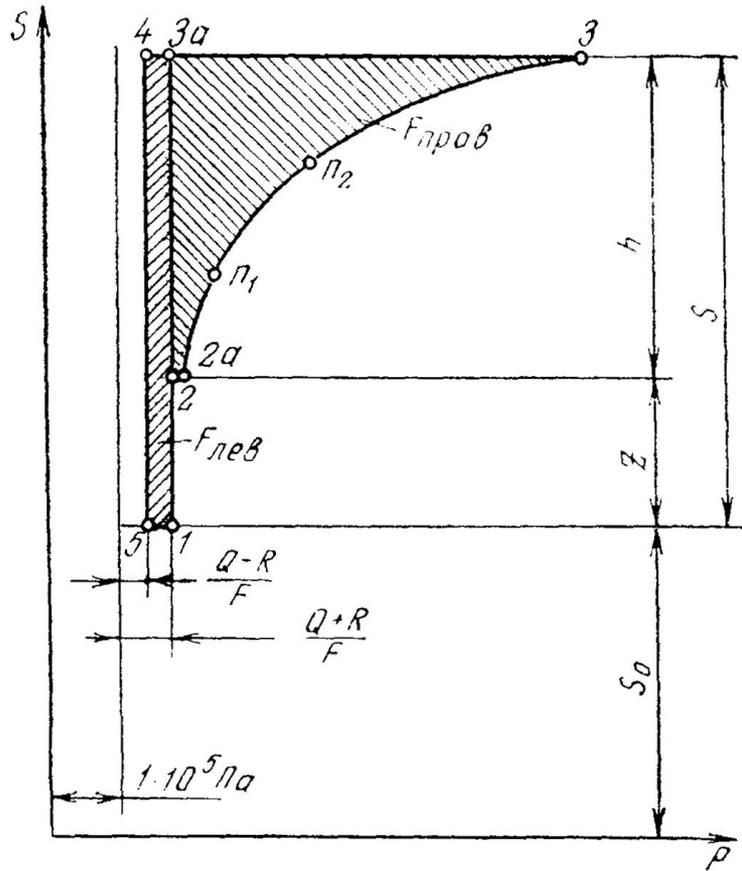
$$s_4 = s_3$$

$$p_5 = p_4$$

$$s_5 = s_1$$

# Прессовые формовочные машины

$$F_{\text{лев}} = \left( \frac{Q+R}{F} - \frac{Q-R}{F} \right) (h+z) = \frac{2R(h+z)}{F}$$



Индикаторная диаграмма  
прессующего механизма

$$\frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}} + F_{\text{лев}}} = 0,7 \dots 0,8$$

$$f_{\text{вн}} v_{\text{в}} = F_n v_n$$

откуда

$$f_{\text{вн}} = F_n \frac{v_n}{v_{\text{в}}}, \quad \text{м}^2$$

$v_{\text{в}}$  – скорость воздуха в сети (15 ... 25 м/с)

$v_n$  – скорость подъема поршня (0,015 ... 0,02 м/с)

$$f_{\text{вн}} = \frac{v_{\text{в}}}{\tau_{\text{в}} v_{\text{в}}}$$

$\tau_{\text{в}}$  – время впуска  
воздуха в цилиндр  
(3 ... 4) с

$$f_{\text{вн}} = f_{\text{вып}}$$

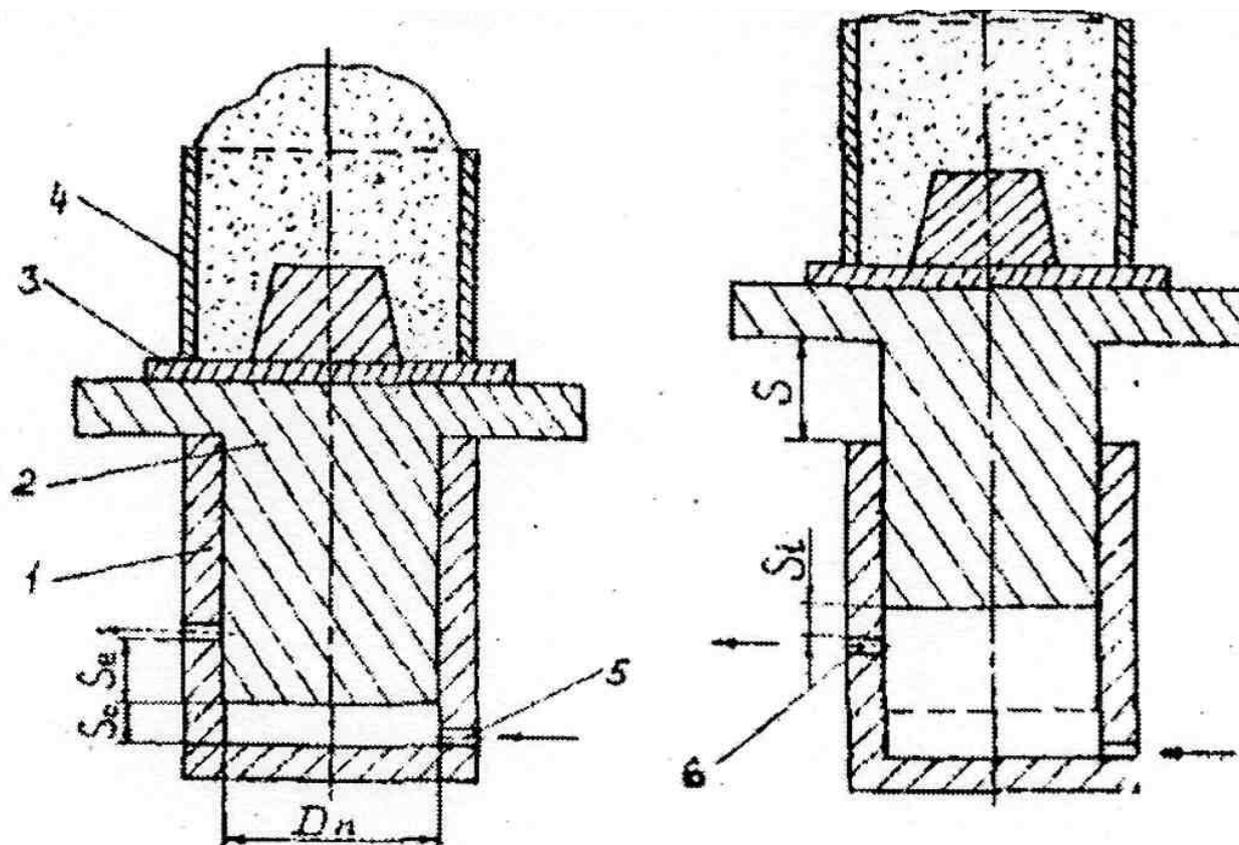
# Расчет пневматической встряхивающей формовочной машины без отсечки и расширения воздуха

## *Исходные данные*

1. Габариты опок в свету  $A_0 \times B_0 \times H_0$  , м
2. Давление воздуха в магистрали сети  $P_0$ , кПа

***Задача расчета:*** определение основных конструктивных параметров машины и потребного расхода воздуха на 1 удар встряхивания и производительности одного литра воздуха.

# Схема установки



## Методика расчета:

### 1. Полезная нагрузка на машину

$$Q_1 = G_1 + G_2 + G_3, \quad \text{кН}$$

где  $G_1$  – вес опоки

$$G_1 = 2H_0(A_0 + B_0)c\gamma_1 + G_{\text{раб}} + G_{\text{цанф}}, \quad \text{кН}$$

где  $c$  – толщина стенки опоки, м;  $\gamma_1$  – удельный вес материала опоки

$G_2$  – вес формовочной смеси

$$G_2 = 0,75H_0A_0B_0\delta, \quad \text{кН}$$

$G_3$  – вес модели и подмодельной плиты

$$G_3 = 0,25H_0A_0B_0\gamma_2 + G_{\text{подмод.пл}}, \quad \text{кН}$$

$\gamma_2$  - удельный вес материала модели, т/м<sup>3</sup>

2. Вес подвижных частей машины (поршень, стол) в первом приближении

$$Q_2 = 1,25Q_1, \quad \text{кН}$$

3. Общая грузоподъемность машины

$$Q = Q_2 + Q_1, \quad \text{кН}$$

4. Сила трения, возникающая при перемещении прессового поршня

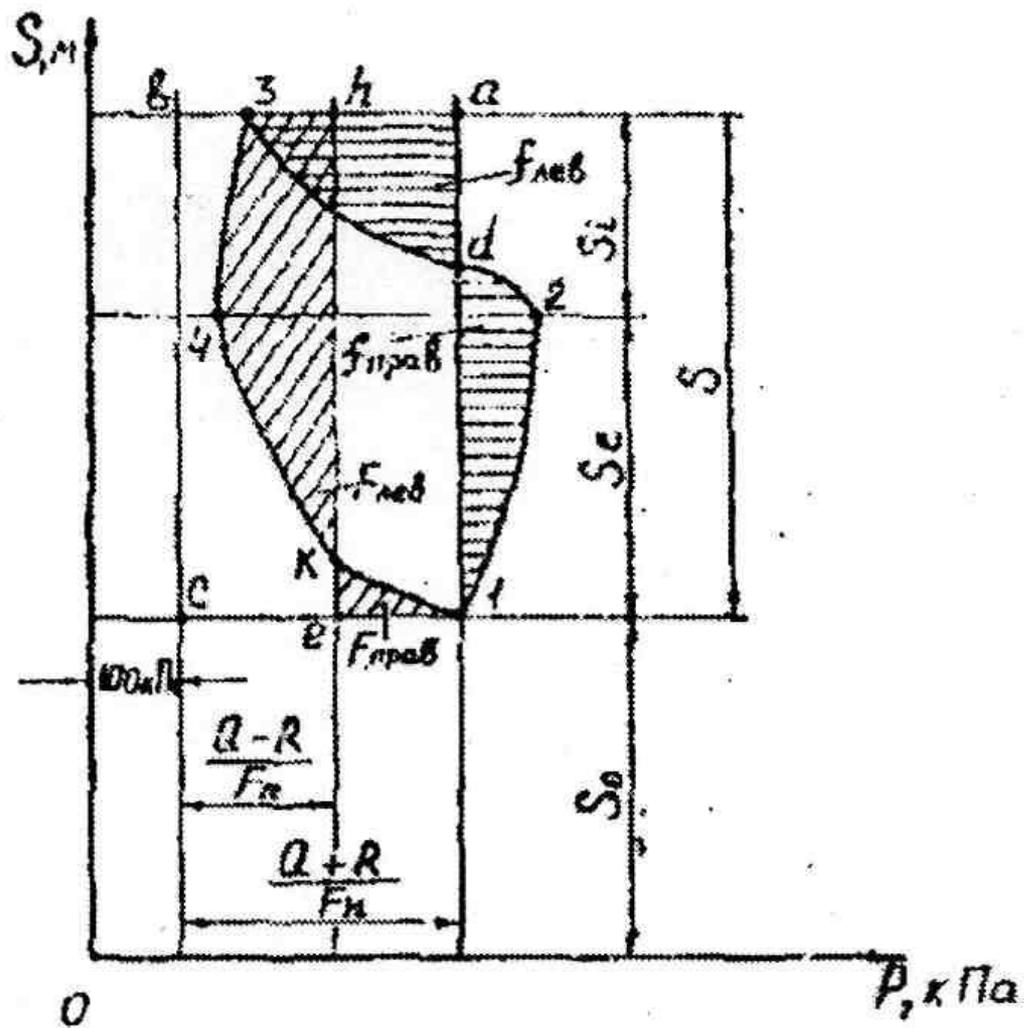
$$R = 0,25Q, \quad \text{кН}$$

5. Площадь встряхивающего поршня

$$F_n = \alpha \frac{Q + R}{P_0 - 100}, \quad \text{м}^2$$

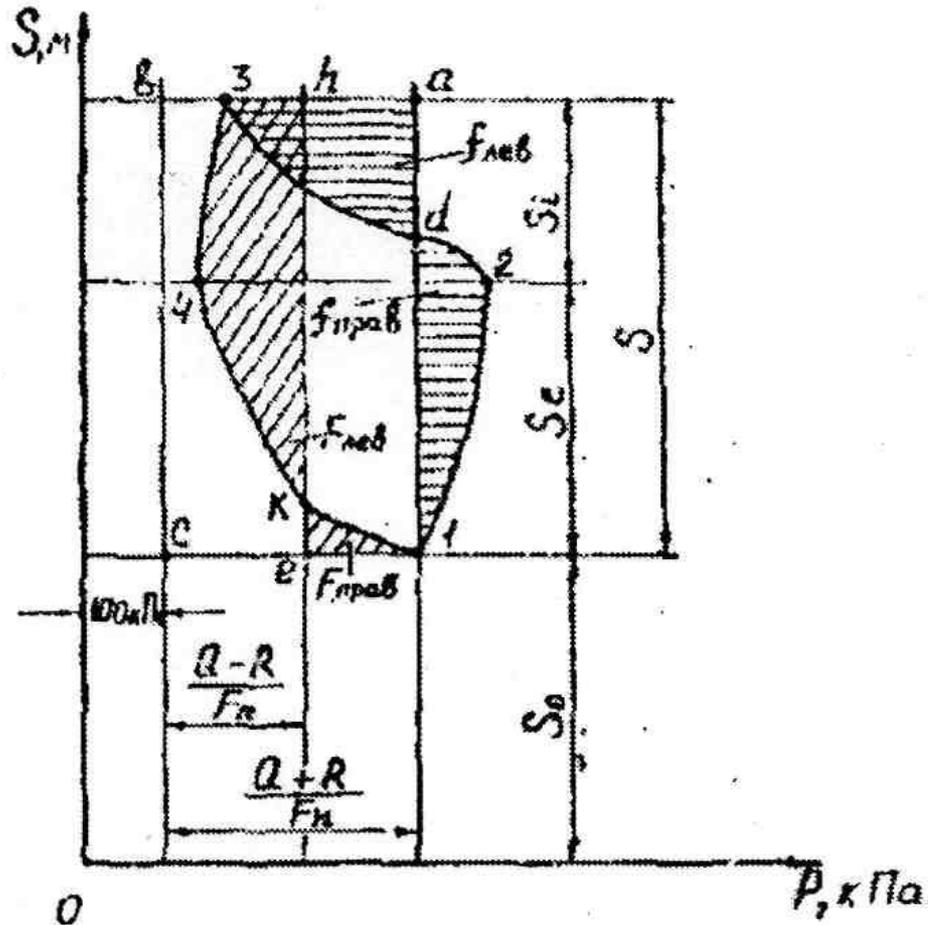
$\alpha$  - коэффициент учитывающий возможные протечки воздуха (1,05 ... 1,1)

# Встряхивающие формовочные машины



\*

# Встряхивающие формовочные машины



$$p_1 = \left(1 + \frac{Q+R}{F}\right) 10^5,$$

$$s_1 = \frac{V_0}{F} = s_0,$$

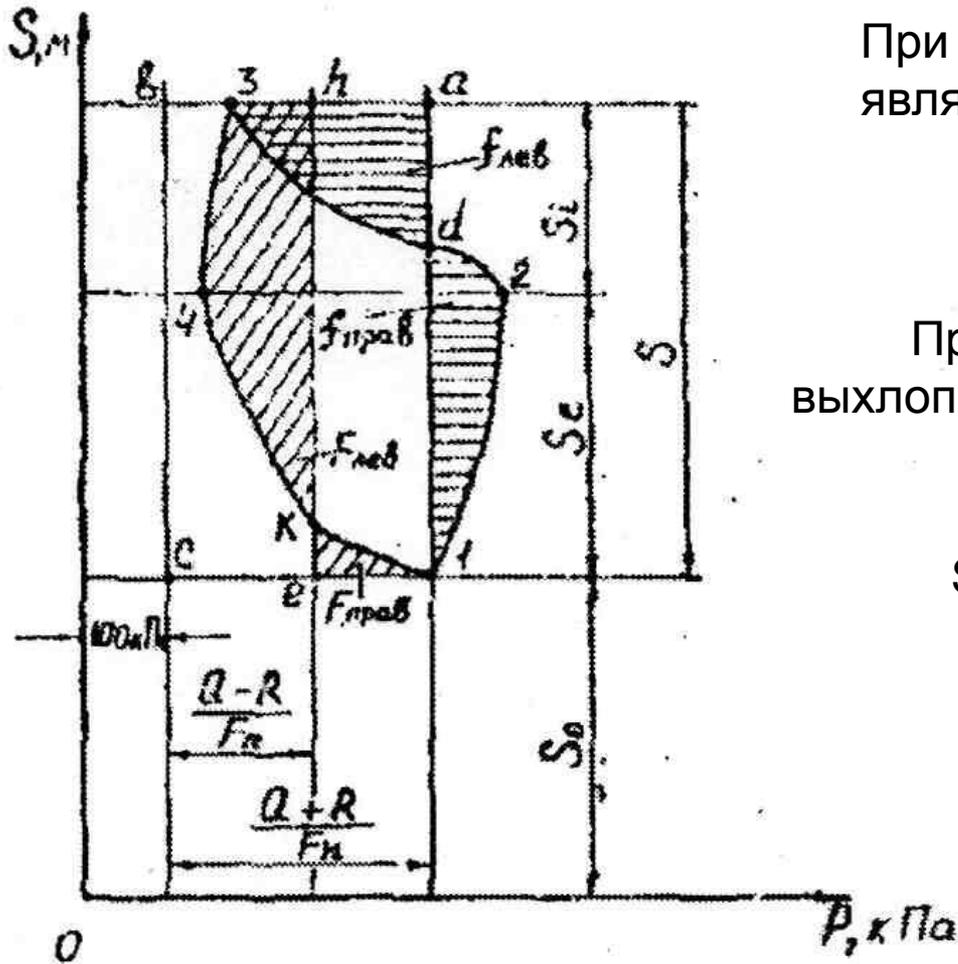
$$p_2 = p_1 + (0,5 - 1,0) 10^5 \leq p_0,$$

$$s_2 = s_0 + s_e,$$

$$s_e = (0,4 \dots 0,5) s_0$$

\*

## Встрягивающие формовочные машины



При ходе поршня вниз движущей силой является сила  $Q-R$

$$P_3 < 100 + \frac{Q-R}{F_n}$$

При достаточно большом сечении выхлопного отверстия избыточное давление чаще всего – 40 ... 60 кПа

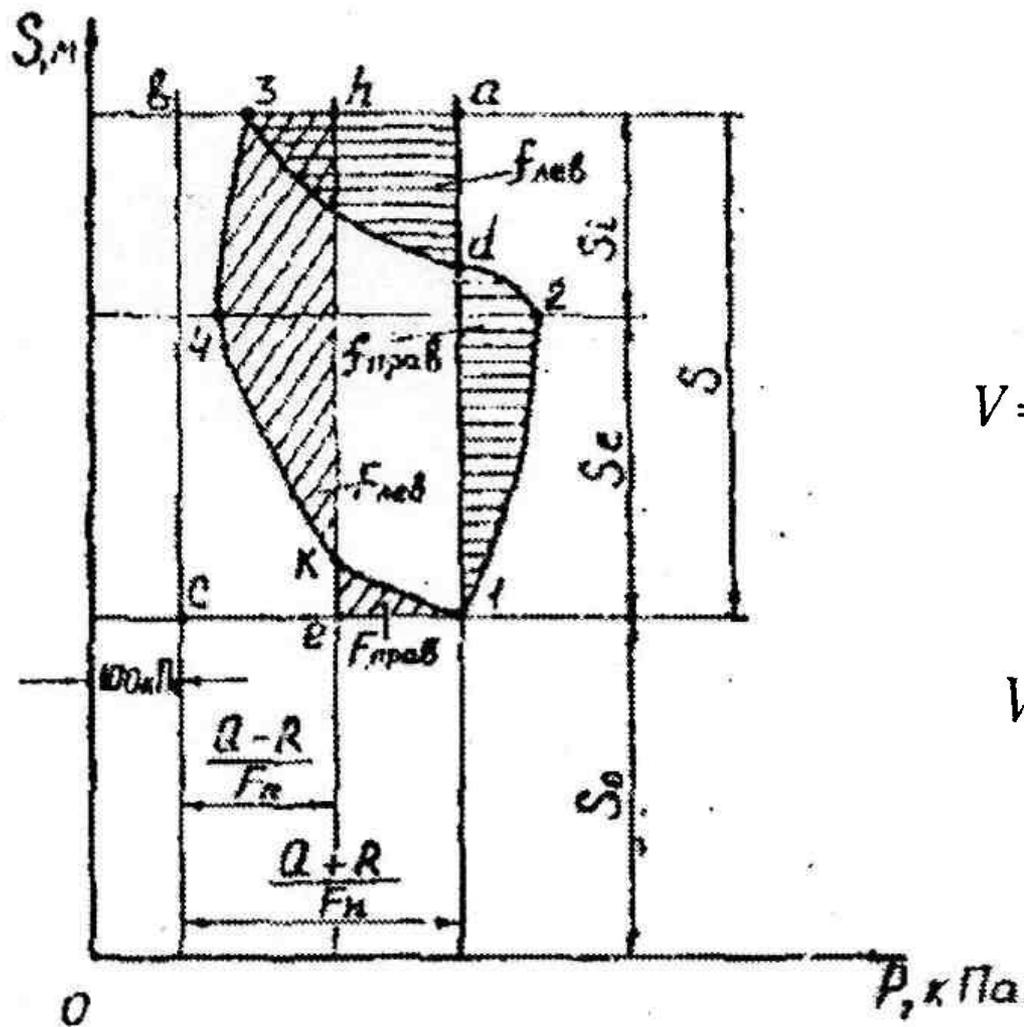
$$S_3 = S_0 + S_e + S_i = S_0 + S_e + (0,6 \dots 0,7) S_e$$

$$p_4 \approx 1,2 \cdot 10^5;$$

$$p_4 \ll \left(1 + \frac{Q-R}{F}\right) 10^5.$$

$$S_4 = S_2 = S_0 + S_e$$

# Встряхивающие формовочные машины



$$A_{\text{дв}} = \frac{Q - R}{F} s,$$

$$A_{\text{сопр}} = \frac{Q + R}{F} s$$

$$V = F (s_0 + s_e + s_r) (p_3 - p_5) 10^{-2}.$$

$$e_v = \frac{eF}{V},$$

$$V_{1-2} = F (s_0 + s_e) (p_2 - 1),$$

$$t_{\text{вп}} = \frac{s_e}{v_{\text{п}}},$$

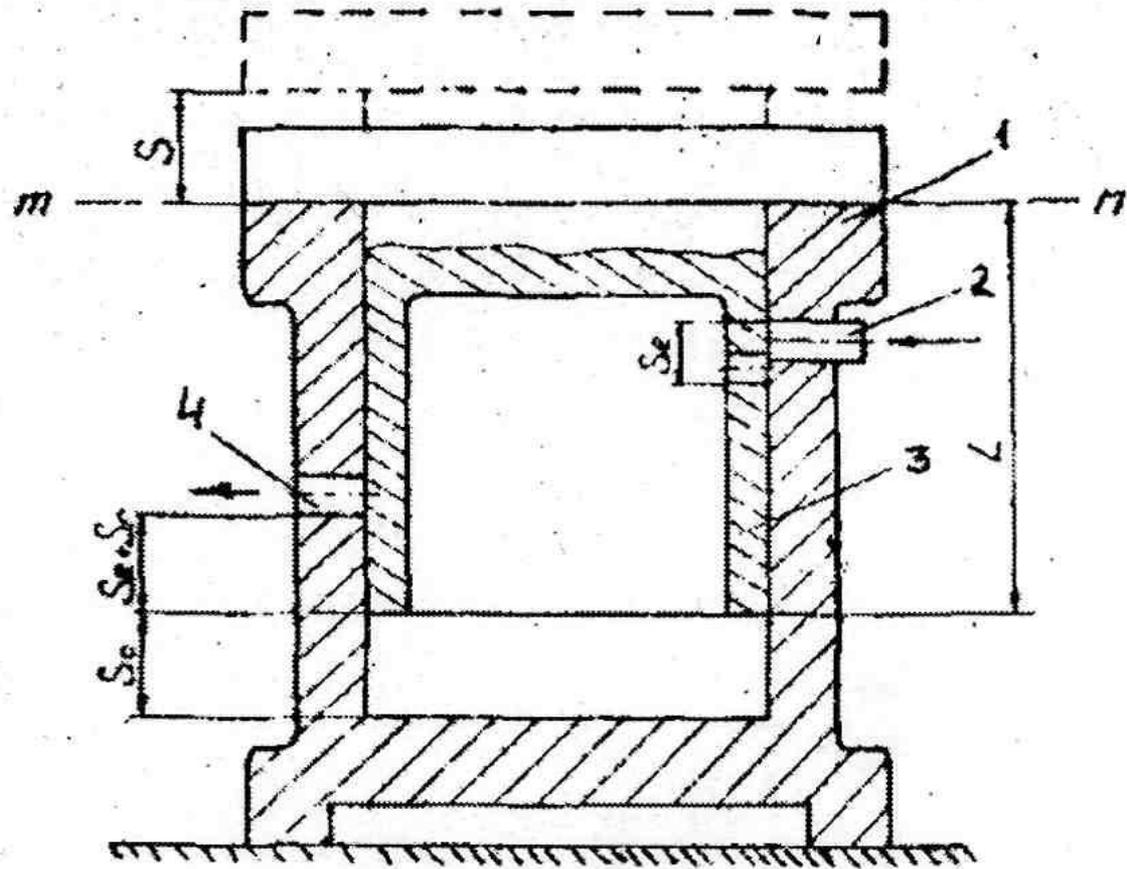


# Расчет пневматической встряхивающей формовочной машины с отсечкой и расширением воздуха

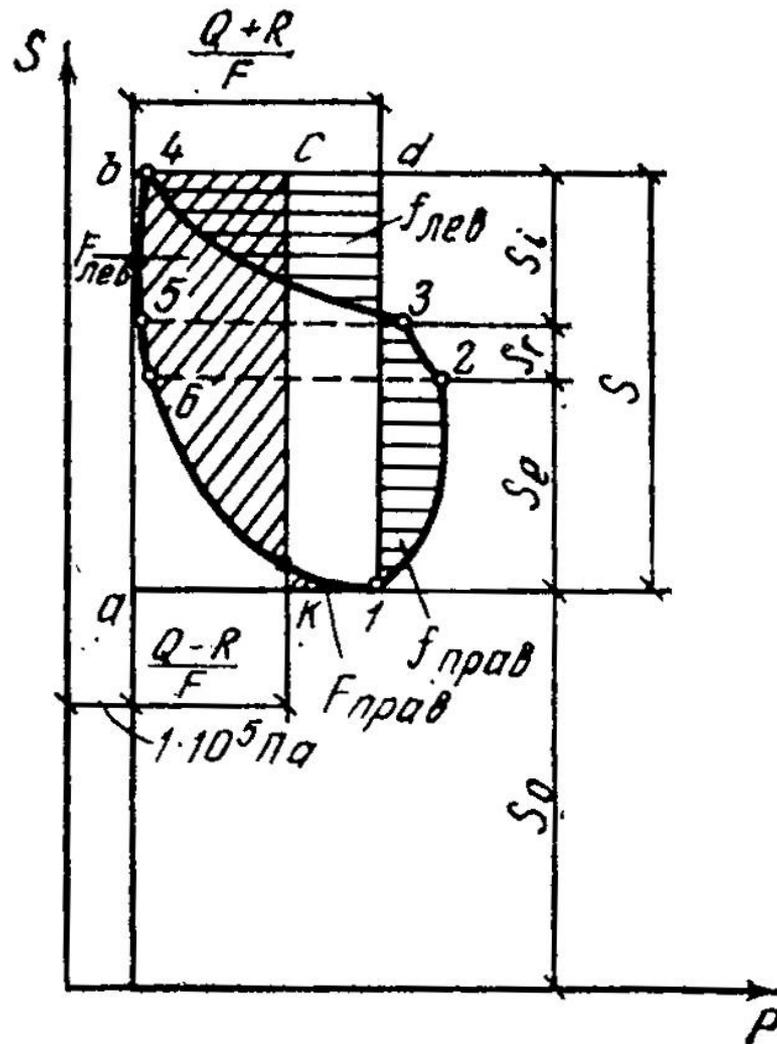
## *Исходные данные*

1. Габариты опок в свету  $A_0 \times B_0 \times H_0$  , м
2. Давление воздуха в магистрали сети  $P_0$ , кПа

***Задача расчета:*** определение основных конструктивных параметров машины и потребного расхода воздуха на 1 удар встряхивания и производительности одного литра воздуха.

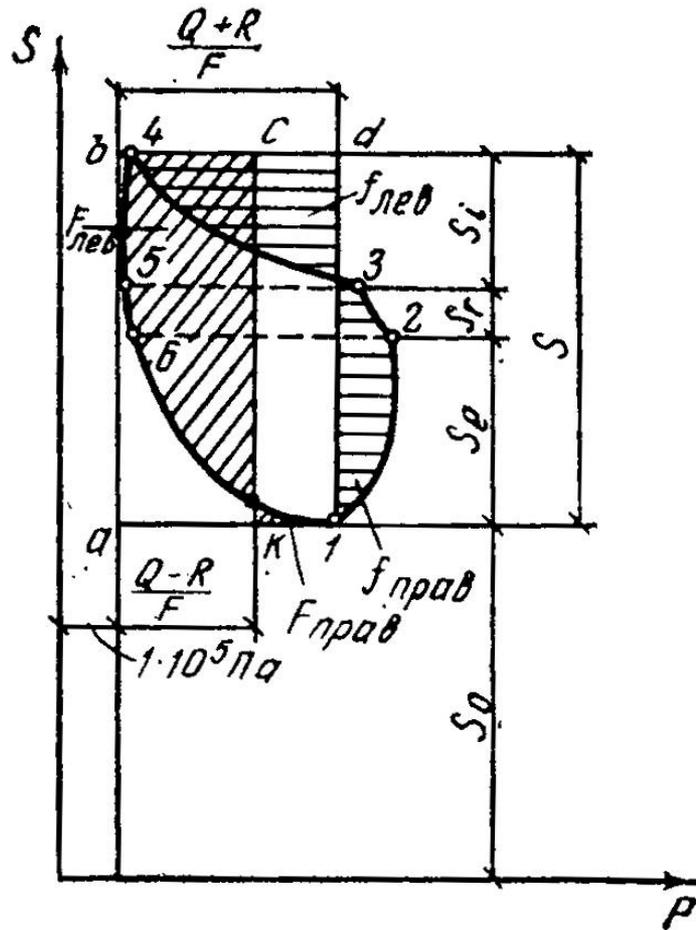


# Встрягивающие формовочные машины



Индикаторная  
 диаграмма встряхивающего  
 механизма

# Встряхивающие формовочные машины



Индикаторная  
диаграмма встряхивающего  
механизма

$$p_1 = \left(1 + \frac{Q+R}{F}\right) 10^5,$$

$$s_1 = \frac{V_0}{F} = s_0,$$

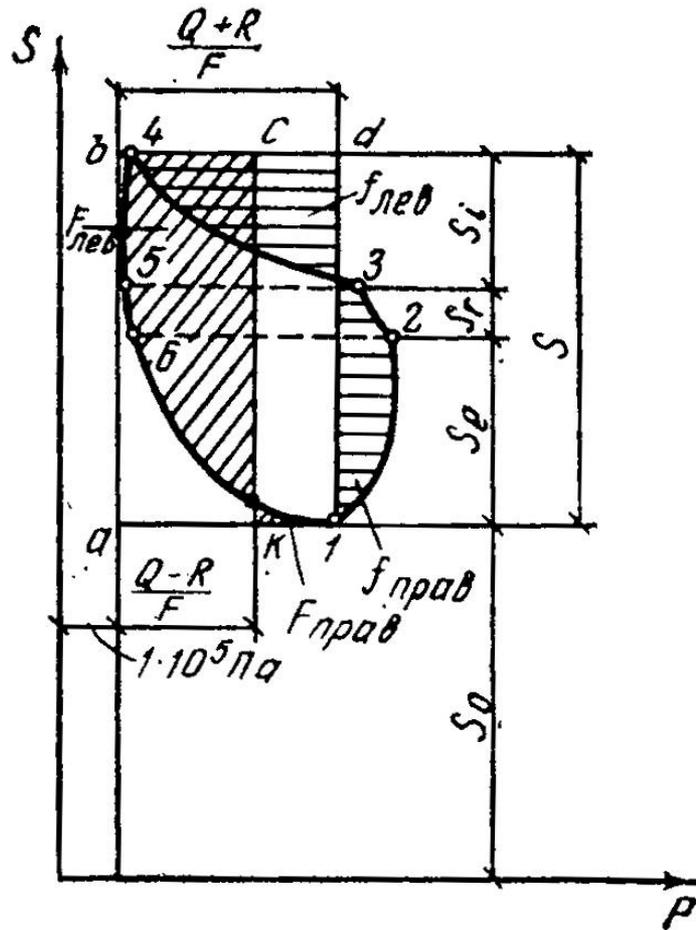
$$p_2 = p_1 + (0,5 - 1,0) 10^5 \leq p_0,$$

$$s_2 = s_0 + s_e,$$

$$p_3 = p_2 \left( \frac{s_0 + s_e}{s_0 + s_e + s_r} \right)^k.$$

$$s_3 = s_0 + s_e + s_r.$$

# Встряхивающие формовочные машины



Индикаторная  
диаграмма встряхивающего  
механизма

$$p_4 \approx 1, 2 \cdot 10^5;$$

$$p_4 \ll \left(1 + \frac{Q-R}{F}\right) 10^5.$$

$$s_4 = s_0 + s_e + s_r + s_i.$$

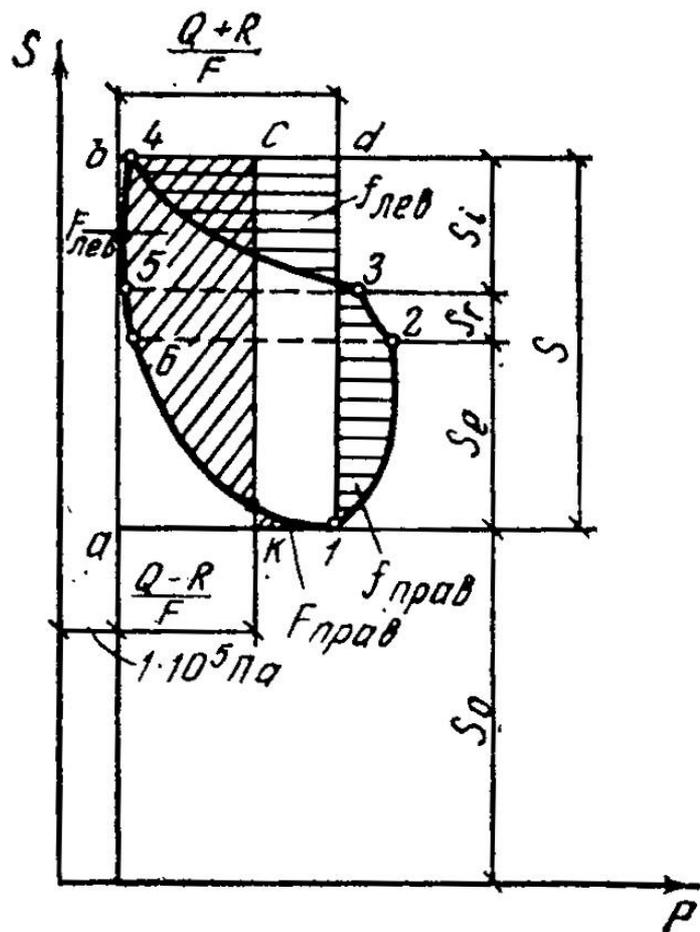
$$p_5 = 1 + 0,1 - 0,15 \cdot 10^5.$$

$$s_5 = s_0 + s_e + s_r.$$

$$p_6 = p_5 \left( \frac{s_0 + s_e + s_r}{s_0 + s_e} \right)^k;$$

$$s_6 = s_0 + s_e.$$

## Встрягиваючіе формовочные машины



$$A_{\text{дв}} = \frac{Q - R}{F} s,$$

$$A_{\text{сопр}} = \frac{Q + R}{F} s$$

$$V = F (s_0 + s_e + s_r) (p_3 - p_5) 10^{-2}.$$

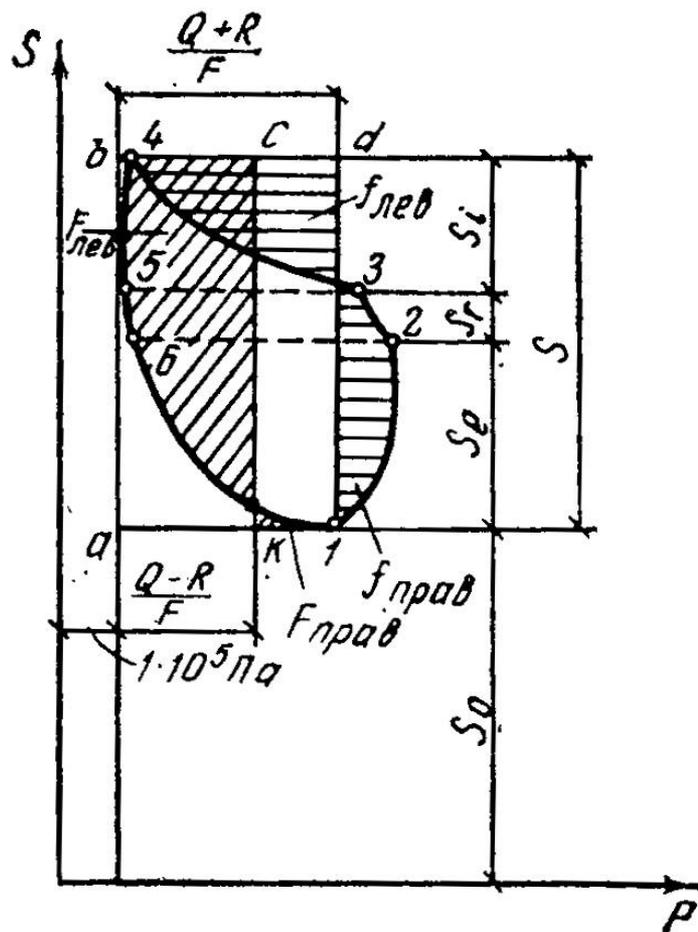
$$e_v = \frac{eF}{V},$$

$$V_{1-2} = F (s_0 + s_e) (p_2 - 1),$$

$$t_{\text{вп}} = \frac{s_e}{v_{\text{п}}},$$

Индикаторная  
диаграмма встряхивающего  
механизма

# Встрягивающие формовочные машины



$$f_{\text{ВП}} = \frac{V_{1-2}}{v_{\text{В}} t_{\text{ВП}}},$$

$$f_{\text{ВЫП}} = \frac{V_{3-5}}{v_{\text{В}} t_{\text{ВЫП}}}$$

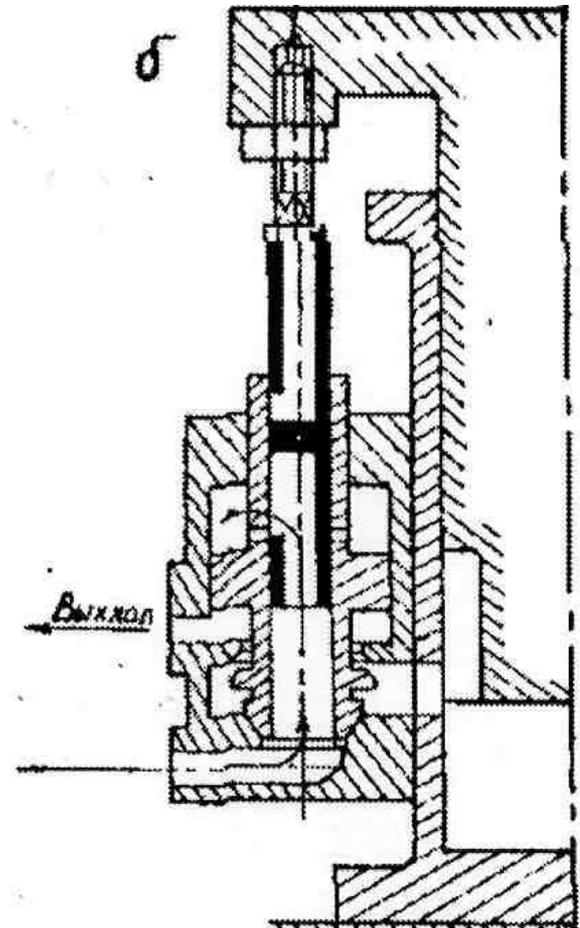
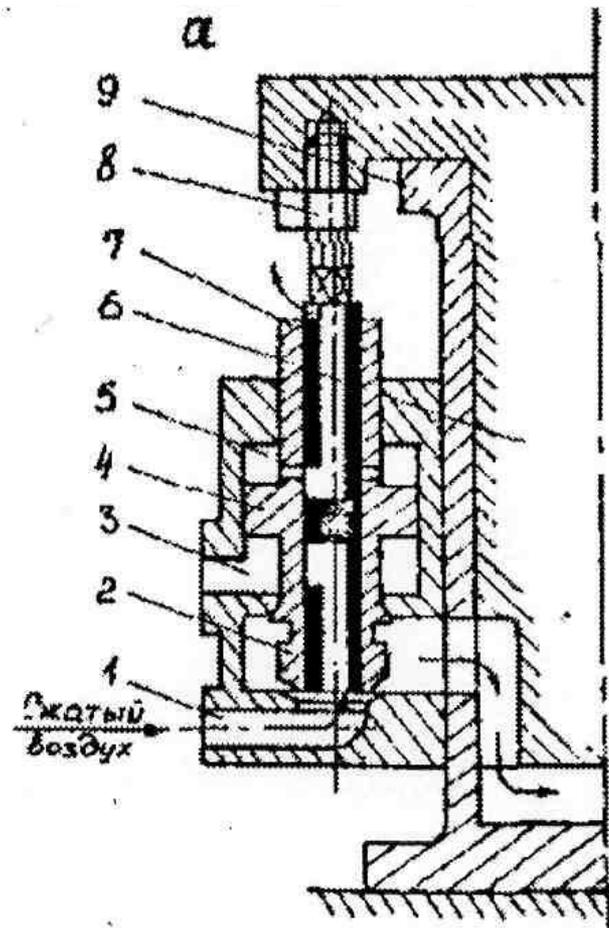
Индикаторная  
диаграмма встряхивающего  
механизма

# Расчет пневматической встряхивающей формовочной машины с отсечкой и без расширением воздуха

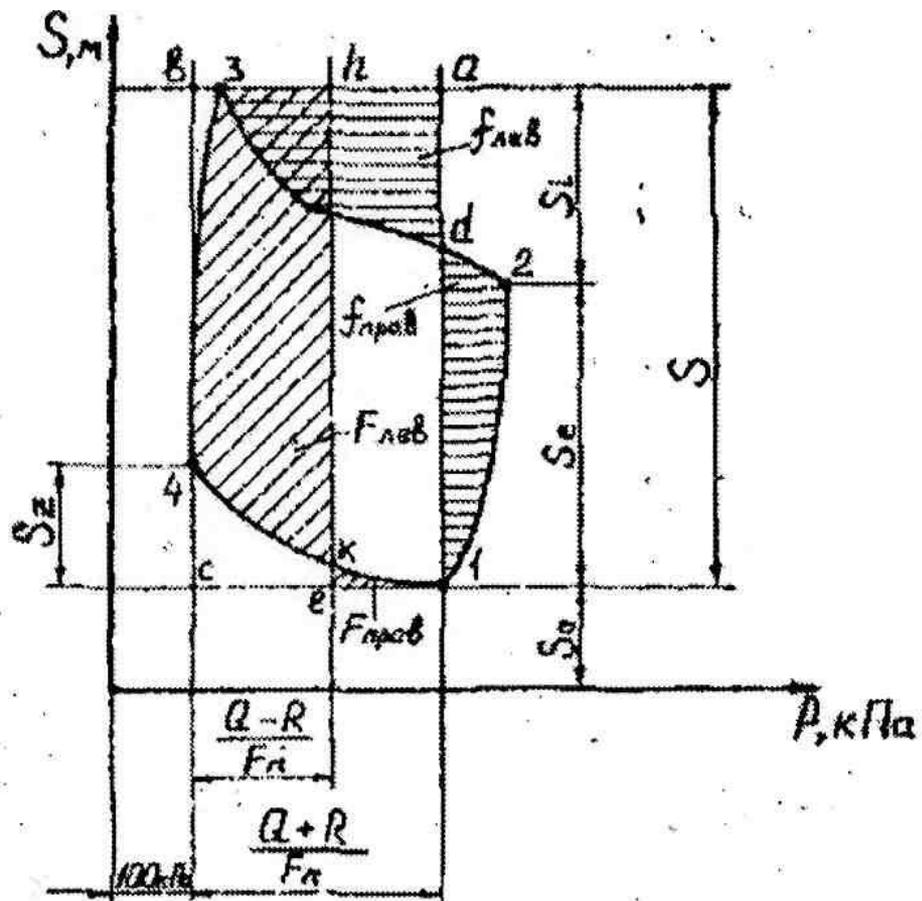
## *Исходные данные*

1. Габариты опок в свету  $A_0 \times B_0 \times H_0$  , м
2. Давление воздуха в магистрали сети  $P_0$ , кПа

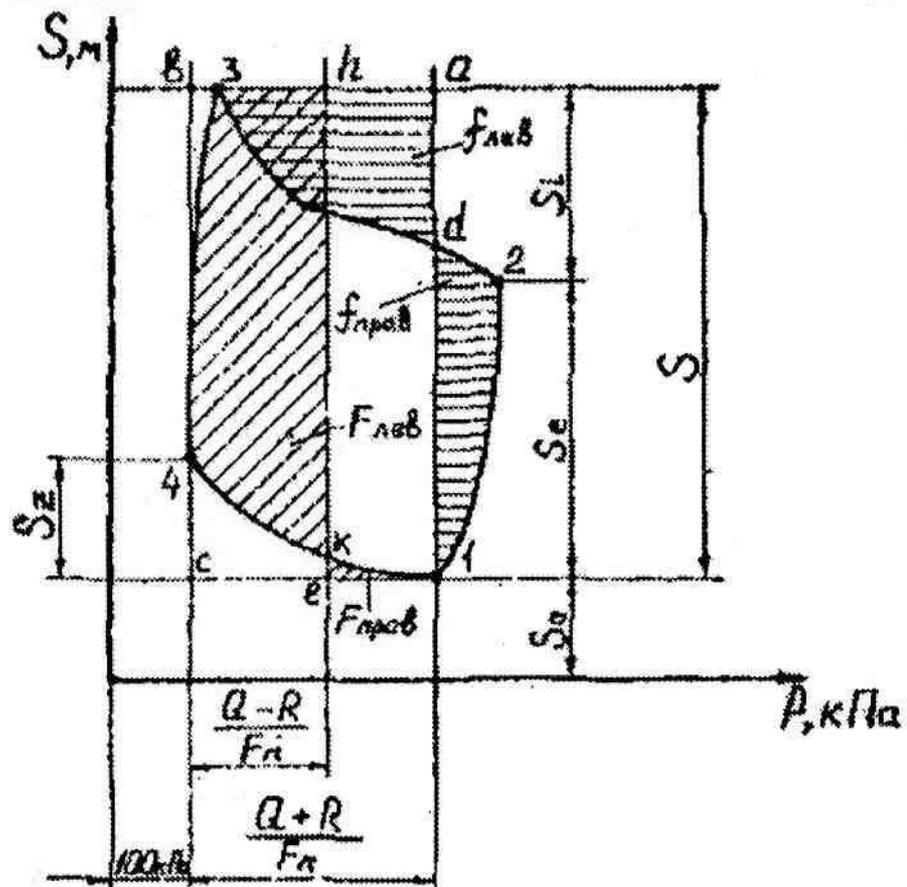
***Задача расчета:*** определение основных конструктивных параметров машины и потребного расхода воздуха на 1 удар встряхивания и производительности одного литра воздуха.



# Встряхивающие формовочные машины



## Встряхивающие формовочные машины



$$p_1 = \left( 1 + \frac{Q + R}{F} \right) 10^5,$$

$$S_1 = S_0 = (0,15 \dots 0,30)S$$

$$S = 0,06 \dots 0,08 \text{ м}$$

$$p_2 = p_1 + (0,5 - 1,0) 10^5 \leq p_0,$$

$$S_2 = S_0 + S_e,$$

$$P_3 = 100 + (10 \dots 30) \text{ кПа}$$

$$S_3 = S_2 + S_i$$

$$S_i = (0,3 \dots 0,4)S \text{ м}$$

# Встрягивающие формовочные машины

$$P_4 = 100 + (10 \dots 15) \text{ кПа}$$

$$S_4 = S_0 + S_z$$

$$S_4 = 0,2S \text{ м}$$

Удельная работа удара, отнесенная к единице площади поршня:

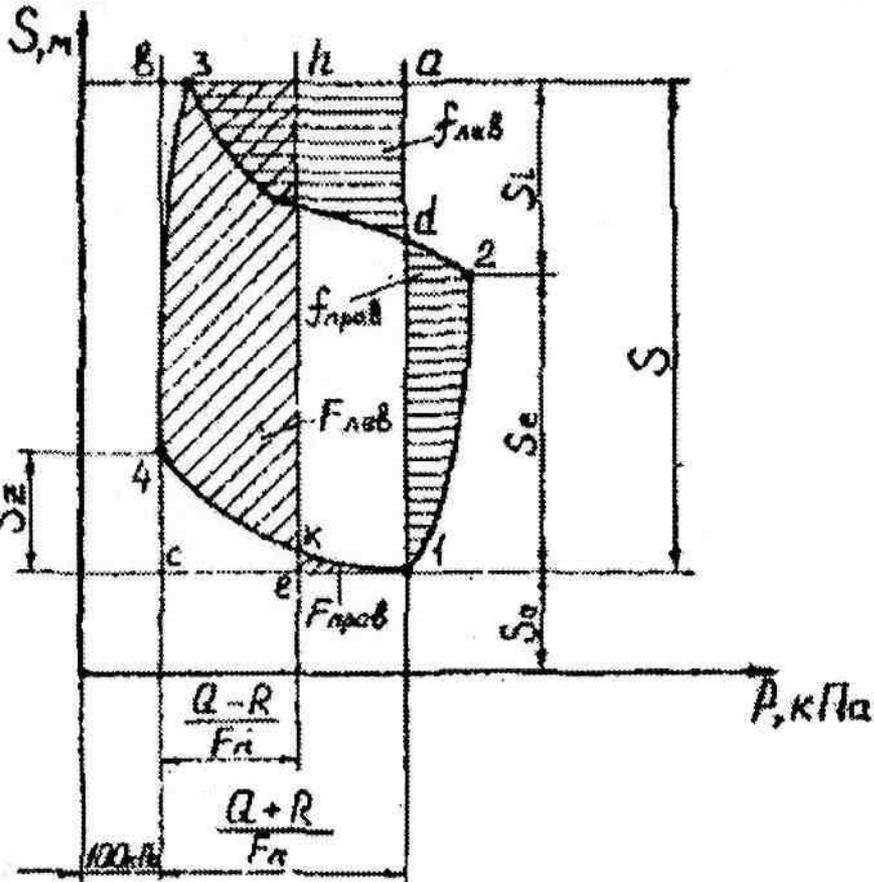
$$e = F_{\text{лев}} - F_{\text{пр}}$$

Удельная работа отражения стола после удара, отнесенная к единице площади поршня:

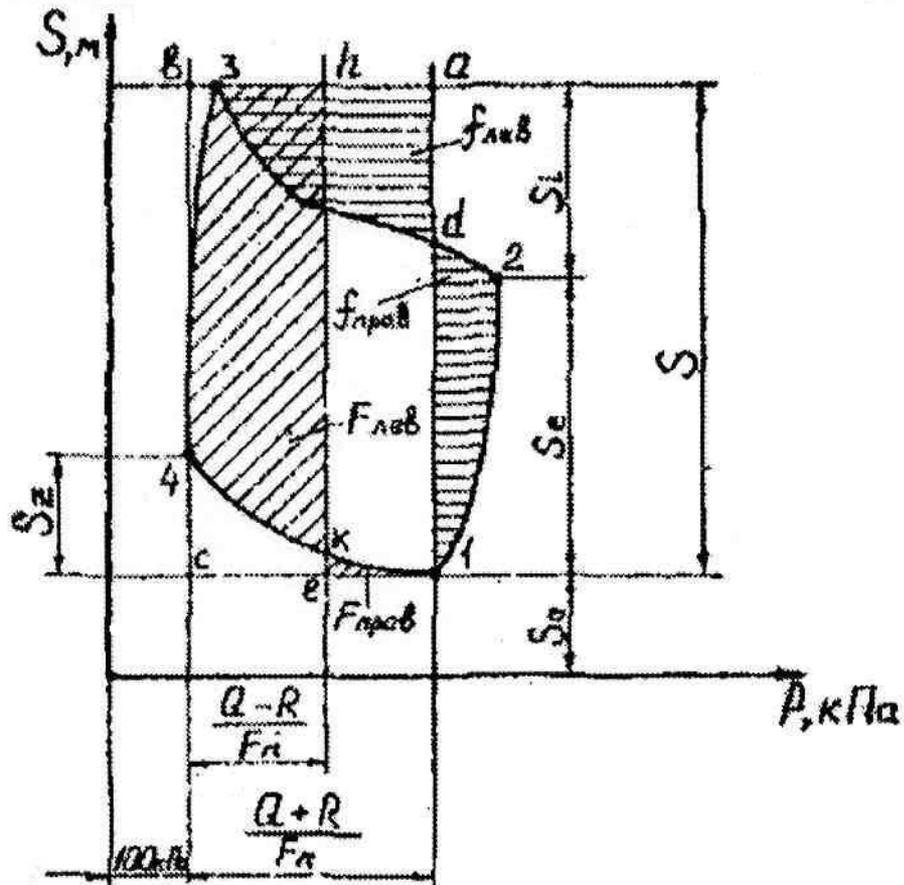
$$e' = f_{\text{лев}} - f_{\text{пр}}$$

Удельная работа удара и отражения на единицу веса падающих частей:

$$e_0 = \frac{eF_n}{Q} \quad e'_0 = \frac{e'F_n}{Q}$$



## Встрягивающие формовочные машины



Коэффициент использования потенциальной энергии стола при падении:

$$\eta = \frac{e_0}{S}$$

Расход воздуха за один цикл встряхивания:

$$V = F_n (S_0 + S_e) \frac{P_4}{100} - F_n (S_0 + S_z) \frac{P_4}{100}$$

Производительность 1 м<sup>3</sup> израсходованного воздуха:

$$e_v = \frac{e F_n}{V 10^3}$$

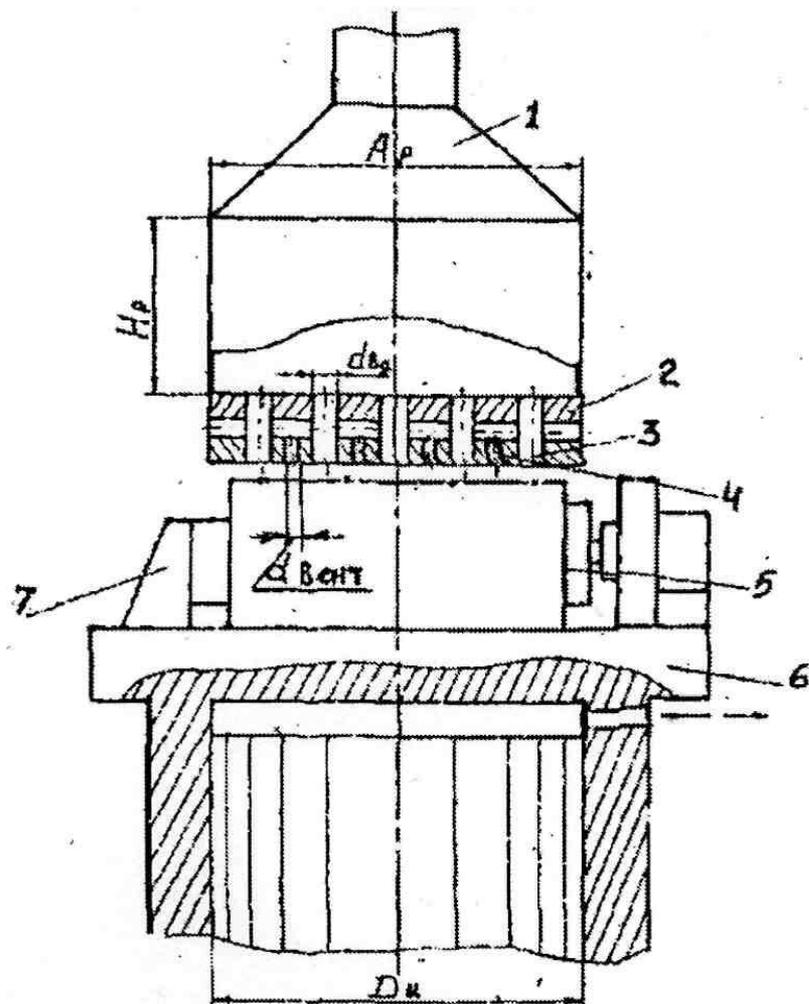
# Расчет пескодувной стержневой машины

## ***Исходные данные***

1. Габариты опок в свету  $A_0 \times B_0 \times H_0$  , м
2. Вес изготавливаемого стержня  $G$ , кН
3. Начальная плотность смеси  $\delta_0$ , т/м<sup>3</sup>
4. Давление воздуха в магистрали сети  $P_0$ , кПа

***Задача расчета:*** определение основных конструктивных параметров машины, величины усилия зажима стержневого ящика и прижима его к пескодувному резервуару.

# Схема установки



## Методика расчета:

1. Объем смеси для получения одного стержня

$$V_{см} = \frac{G}{\delta_0}, \quad M^3$$

2. Объем рабочей части пескодувного резервуара и его размер

$$V_p = A_p B_p H_p, \quad A_p \approx A, \quad B_p \approx B$$

$$H_p = \frac{V_p}{AB}, \quad H_p = (2,5 \dots 3,0)H$$

3. Суммарная площадь вдувных отверстий

$$F_{вд} = \frac{G}{q}$$

4. Количество вдувных отверстий

$$n = \frac{F_{см}}{f}$$

## 5. Диаметр вдувных отверстий

$$d_{вд} = \sqrt{\frac{4F_{вд}}{\pi n}}, \quad \text{м}$$

## 6. Суммарная площадь вентиляционных отверстий

$$\sum F_{вент} \geq (0,3 \dots 0,7) \sum F_{вд} - \text{для крупных стержней}$$

$$\sum F_{вент} \geq (0,15 \dots 0,20) \sum F_{вд} - \text{для мелких стержней}$$

## 7. Усилие зажима стержневого ящика

$$P_{заж} = F'_{ст} P'_0 - R_{ящ} \quad R_{ящ} = 0,25 G_{ящ} / 2$$

## 8. Диаметр поршня подвижного упора

$$d_{заж} = \sqrt{\frac{4F_{заж}}{\pi}}$$

$$F_{заж} = \frac{P_{заж}}{P'_0}$$

тогда

$$d_{заж} = \sqrt{\frac{4P_{заж}}{\pi P'_0}}$$

9. Усилие прижима стержневого ящика к пескодувному резервуару

$$P_{np} = F_{см} P'_0 + Q - R_z$$

$$\text{где } R_z = 0,25Q$$

10. Диаметр прижимного поршня

$$d_{np} = \sqrt{\frac{4P_{np}}{\pi P'_0}}$$

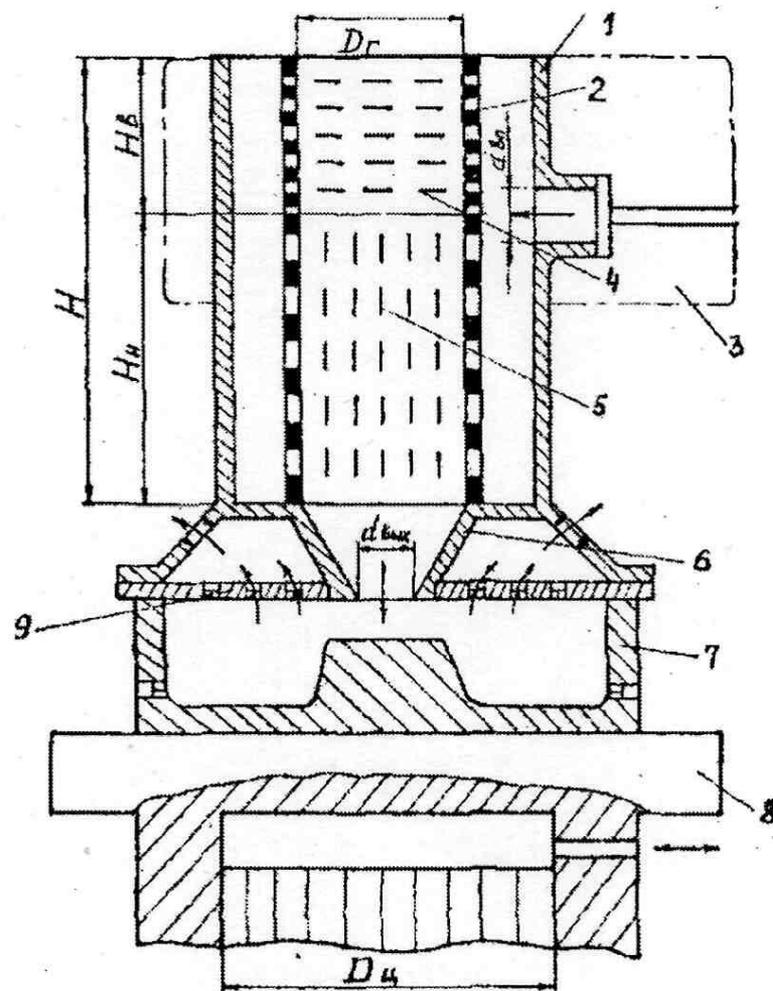
# Расчет пескострельной стержневой машины

## ***Исходные данные***

1. Габариты опок в свету  $A_0 \times B_0 \times H_0$  , м
2. Вес изготавливаемого стержня  $G$ , кН
3. Начальная плотность смеси  $\delta_0$ , т/м<sup>3</sup>
4. Давление воздуха в магистрали сети  $P_0$ , кПа

***Задача расчета:*** определение основных конструктивных параметров машины, величины усилия зажима стержневого ящика и прижима его к пескострельному резервуару.

# Схема установки



## Методика расчета:

1. Диаметр гильзы пескострельного резервуара

$$D_z = (0,09 - 1,0) \sqrt[3]{G10^2}, \quad m$$

2. Высота гильзы

Верхней части  $H_B = (0,4 \dots 0,6) D_r$

Нижней части  $H_H = (1,5 \dots 1,8) D_r$

3. Площадь сечения вдувного канала

$$F_{вд} = \frac{\pi d_{вд}^2}{4}$$

$$d_{вд} = (0,2 \dots 0,5) D_z$$

4. Суммарная площадь прорезей в верхней и нижней частях гильзы

$$\sum F_v = (0,3 \dots 0,4) F_{вд}, \quad m^2$$

$$\sum F_n = (0,8 \dots 1,2) F_{вд}, \quad m^2$$

5. Ширина прорезей в верхней и нижней частях гильзы

$$\Delta v = 0,8 \dots 1,0 \text{ мм}$$

$$\Delta n = 0,3 \dots 0,5 \text{ мм}$$

6. Диаметр выходного отверстия конической насадки

$$d_{\text{вых}} = (0,3 \dots 0,5) D_r$$

Угол наклона образующей конуса насадки к горизонту -  $\alpha = 45 \dots 60^\circ$

7. Суммарная площадь сечения вентиляционных отверстий

$$\sum F_{\text{вент}} = (0,5 \dots 1,0) F_{вд}, \quad m^2$$

## 8. Объем рессивера

$$V_p = V_z \left( \frac{\ln \frac{1}{\varphi}}{1,032 + 3D_z} \right)^{3,7} \cdot 10^3 = \frac{\pi D_z^2}{4} H_z \left( \frac{\ln \frac{1}{\varphi}}{1,032 + 3D_z} \right)^{3,7} \cdot 10^3, \quad \text{м}^3$$

## 9. Усилие прижима стержневого ящика к надувной плите

$$P_{\text{пр}} = (0,5 \dots 0,6) P_0 F_{\text{общ}} + Q - R$$

$$R = 0,25Q$$

## 10. Диаметр прижимного цилиндра

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4P_{\text{пр}}}{\pi P_0}}, \quad \text{м}$$

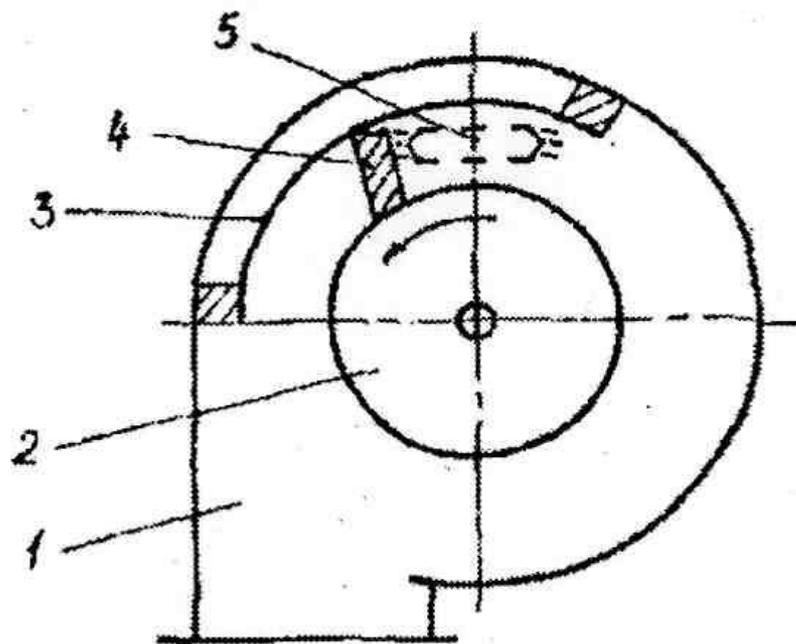
# Расчет метательной головки пескомета

## *Исходные данные*

1. Производительность пескомета по уплотненному объему  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч

**Задача расчета:** определение основных конструктивных параметров головки пескомета и потребной для ее работы мощности.

# Схема установки



## Методика расчета:

1. Размер пакета формовочной смеси

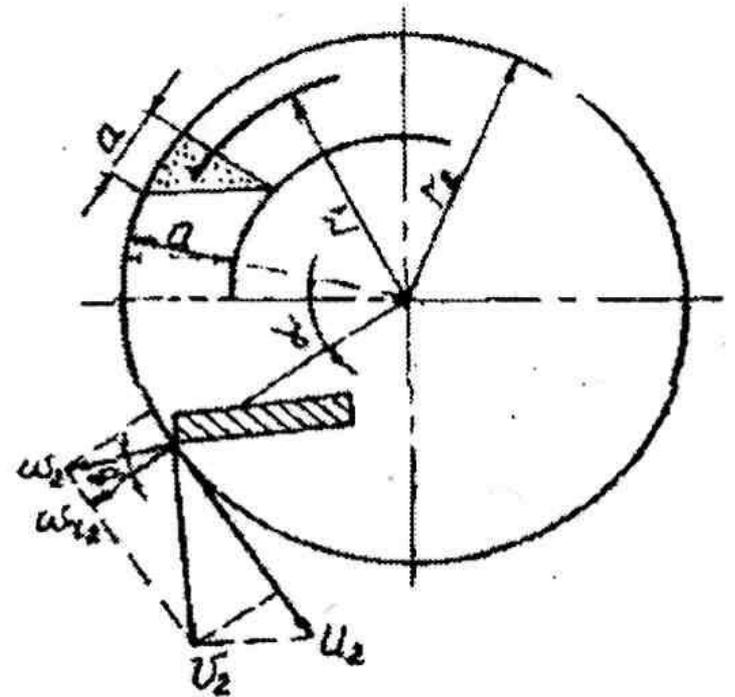
$$a = \sqrt{\frac{\Pi 10^9}{30bn}}, \quad \text{мм}$$

2. Радиус центра тяжести пакета смеси

$$r_1 = r_2 - \frac{a}{3}, \quad \text{м}$$

3. Уточняется значение абсолютной скорости выхода пакета из метательной головки

$$v_2 = \sqrt{\omega_{r2}^2 + (u_2 - \omega_2 * \sin \beta)^2}$$



Необходимая степень уплотнения смеси в форме при условии получения на выходе скорости пакета – 35 ... 60 м/с

Радиальная составляющая  $\omega_{r2}$  относительной скорости  $\omega_2$  определяется:

$$\omega_{r2} = \frac{\pi n}{30} \sqrt{r_2^2 - r_1^2}, \quad \text{м/с}^2$$

Относительная скорость:

$$\omega_2 = \frac{\omega_{r2}}{\cos \beta}, \quad \text{м/с}$$

Угол наклона лопатки по отношению к радиусу – 15 ... 25°

Окружная скорость:

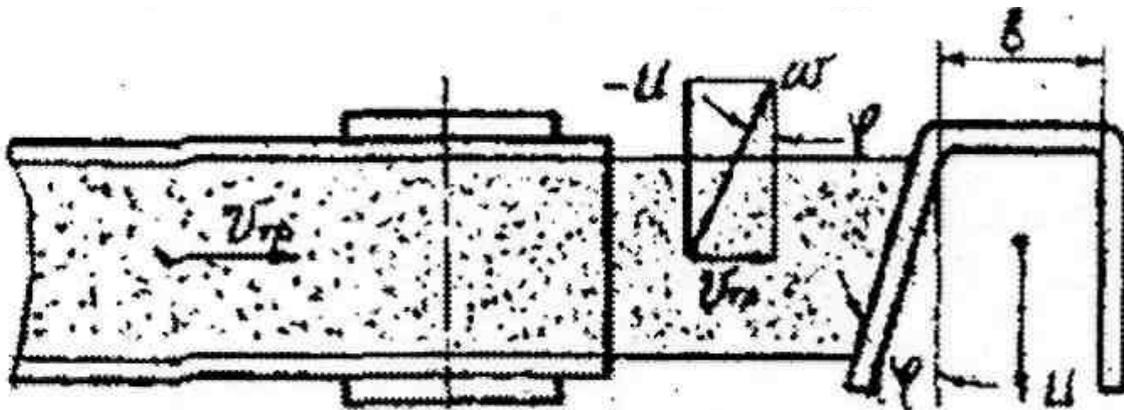
$$u_2 = \frac{\pi \cdot n}{30} r_2, \quad \text{м/с}$$

4. Скорость транспортной ленты малого рукава подающей формовочную смесь в головку пескомета

$$v_{mp} = \frac{b \cdot n \cdot i}{60 \cdot 10^3}, \quad \text{м/с}$$

5. Оптимальный угол между заборной щечкой ковша и направлением ее движения

$$\varphi \geq \arctg \frac{v_{mp}}{u}$$



## 6. Мощность привода метательной головки

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta}, \quad \text{кВт}$$

$$N_1 = \frac{\Pi v_2^2 \delta}{7200}, \quad \text{кВт}$$

$$N_2 = \frac{\zeta \cdot f \cdot m \cdot r_2^2 \cdot b \cdot n}{97500}, \quad \text{кВт}$$

$$N_3 = \frac{\gamma_b \cdot b_1 \cdot (r_2 - r')}{2g \cdot 102 \cdot 10^4} \left[ \frac{\pi \cdot n (r_2 + r_1)}{60 \cdot 100} \right]^3, \quad \text{кВт}$$