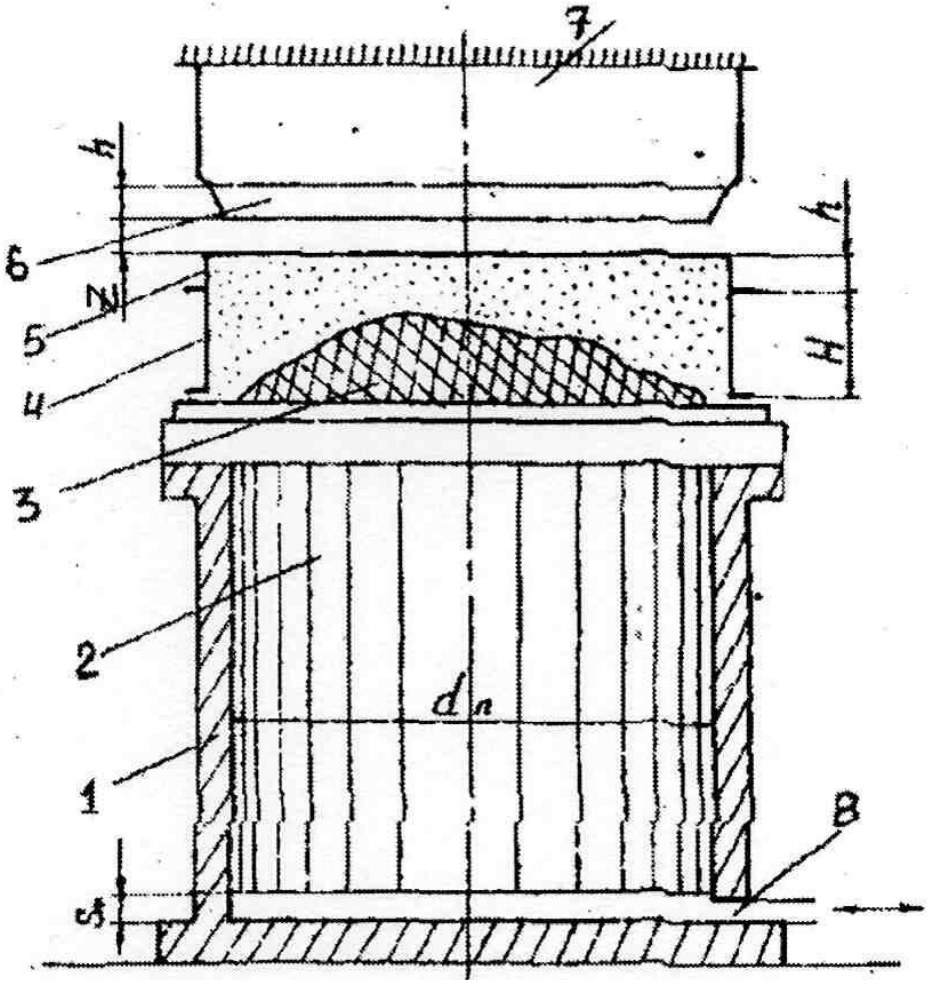
Расчет пневматической прессовой формовочной машины

Исходные данные

1. Габариты опок в свету $A_0 x B_0 x H_0$, м
2. Технологически необходимая степень уплотнения смеси δ, т/м^3
3. Начальная плотность смеси δ_0, т/м^3
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

$$Q_1 = G_1 + G_2 + G_3, \quad кН$$

где G_1 – вес опоки

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

где с – толщина стенки опоки, м; γ_1 – удельный вес материала опоки

G_2 – вес формовочной смеси

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

G_3 – вес модели и подмодельной плиты

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

γ_2 - удельный вес материала модели, т/м^3

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

$$Q_2 = 1{,}25 Q_1, \quad кН$$

3. Общая грузоподьемность машины

$$Q = Q_2 + Q_1, \quad кН$$

4. Сила трения, возникающая при перемещении прессового поршня

$$R = 0{,}25 Q, \quad кН$$

5. Удельное давление прессования

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

с – коэффициент уплотняемости смеси (0,4 … 0,6)
δ - технологически необходимая потность смеси (1,65 … 1,7), т/м^3

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

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

откуда

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

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

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

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

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

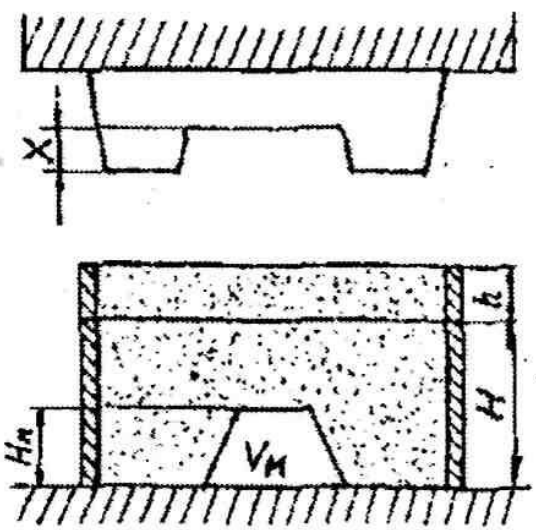
7. Высота наполнительной рамки определяется из условия, что масса смеси в опоке до и после прессования будет одинаковой:

$$\left[F_0\left(H_0+h\right)-V_м\right]\delta_0=\left(F_0H_0-V_м\right)\delta$$

откуда

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

При использовании профильной колодки:



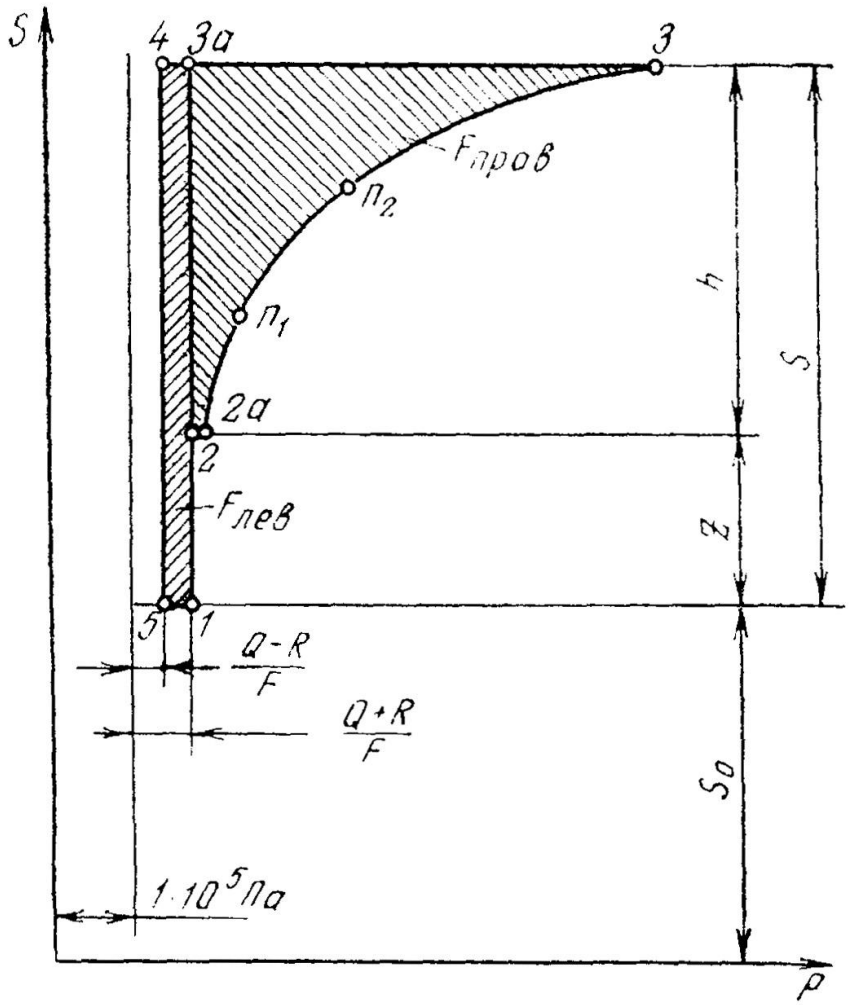
Высота уступа

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

Высота наполнительной рамки

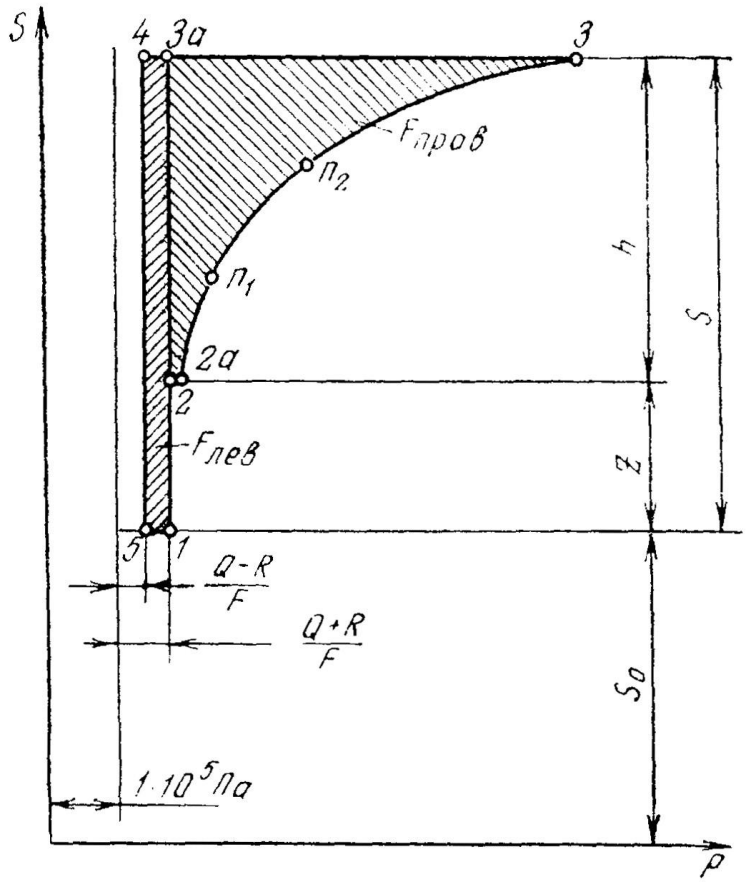
$$h=\left(H-H_м\right)\left(\frac{\delta}{\delta_0}-1\right),\quad м$$

8. Построение индикаторной диаграммы



Индикаторная диаграмма
прессующего механизма

Прессовые формовочные машины



Индикаторная диаграмма прессующего механизма

Точка 1

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

$$F = \frac{pF_0 + Q + R}{p_0}$$

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

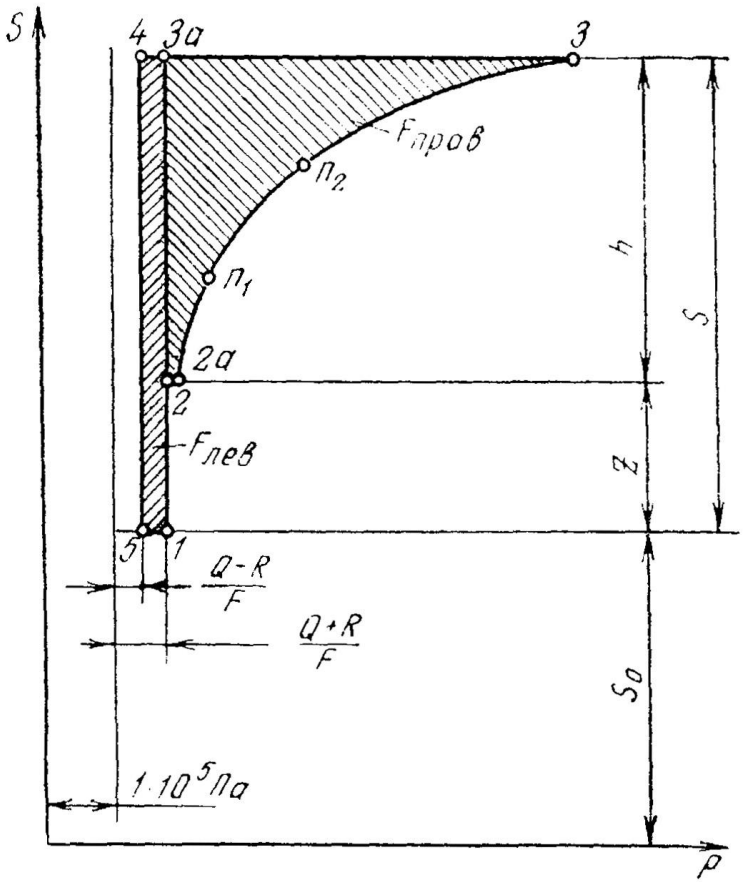
Точка 2-3

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

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

$$p_2 = p_1$$

Прессовые формовочные машины



Индикаторная диаграмма прессующего механизма

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

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

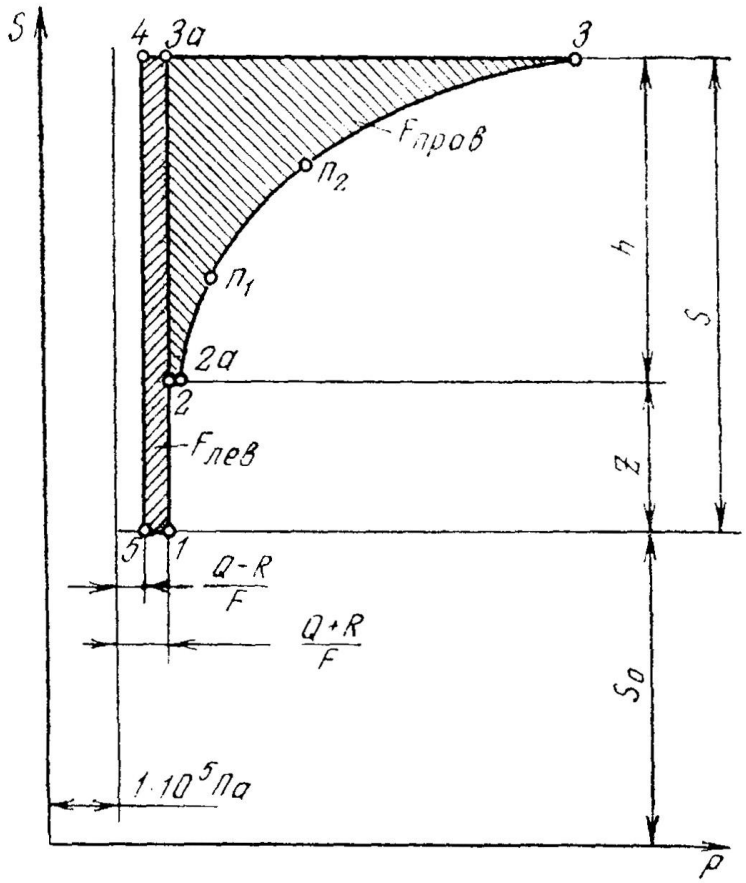
$$p_{n_1} = \left(\frac{\delta_{n_1} - 1}{C} \right)^4 10^5$$

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

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

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

Прессовые формовочные машины



Индикаторная диаграмма прессующего механизма

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

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

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

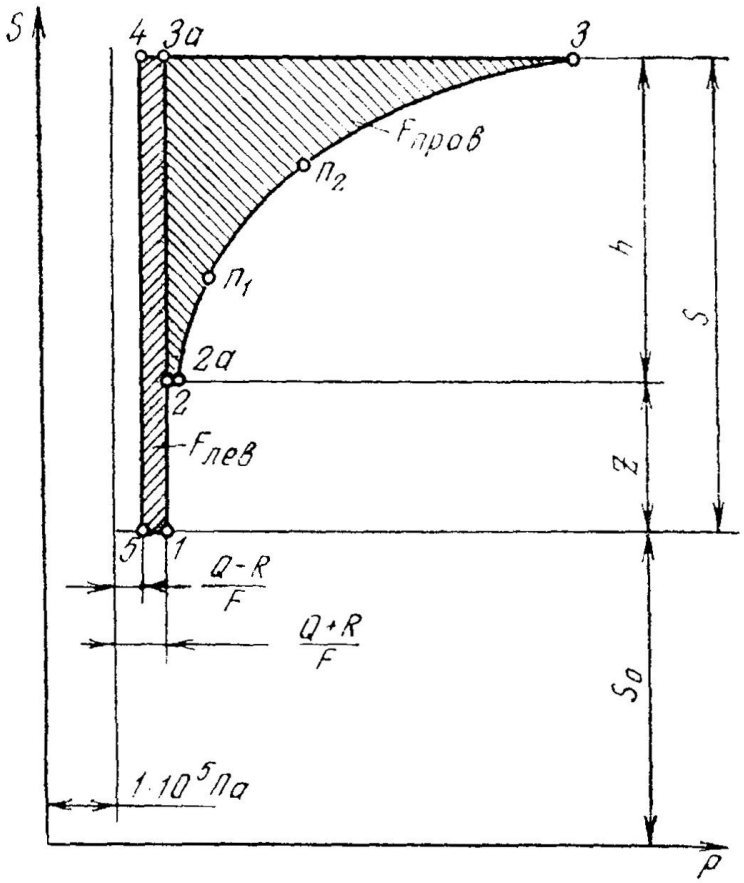
$$s_4 = s_3$$

$$p_5 = p_4$$

$$s_5 = s_1$$

Прессовые формовочные машины

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



Индикаторная диаграмма прессующего механизма

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

$$f_{вп}\upsilon_в = F_п\upsilon_п$$

откуда

$$f_{вп} = F_п\frac{\upsilon_п}{\upsilon_в}, \quad м^2$$

$\upsilon_в$ – скорость воздуха в сети (15 … 25 м/с)

$\upsilon_п$ – скорость подъема поршня (0,015 … 0,02 м/с)

$$f_{вп} = \frac{\upsilon_в}{\tau_в\upsilon_в}$$

$$f_{вп} = f_{вып}$$

$\tau_в$ – время впуска воздуха в цилиндр (3 … 4) с

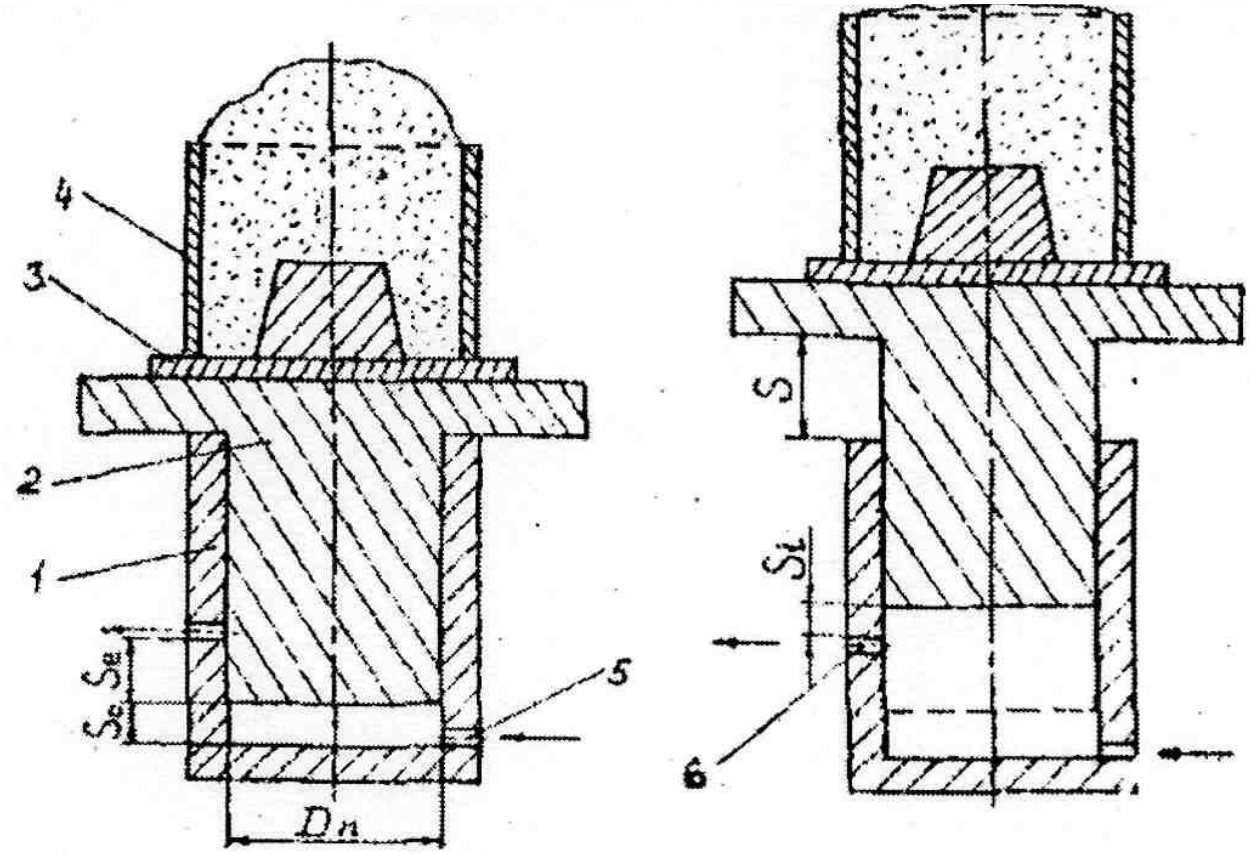
Расчет пневматической встряхивающей формовочной машины без отсечки и расширения воздуха

Исходные данные

1. Габариты опок в свету $A_0 x B_0 x H_0$, 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

$$Q_1 = G_1 + G_2 + G_3, \quad кН$$

где G_1 – вес опоки

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

где с – толщина стенки опоки, м; γ_1 – удельный вес материала опоки

G_2 – вес формовочной смеси

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

G_3 – вес модели и подмодельной плиты

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

γ_2 - удельный вес материала модели, т/м^3

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

$$Q_2 = 1{,}25 Q_1, \quad кН$$

3. Общая грузоподьемность машины

$$Q = Q_2 + Q_1, \quad кН$$

4. Сила трения, возникающая при перемещении прессового поршня

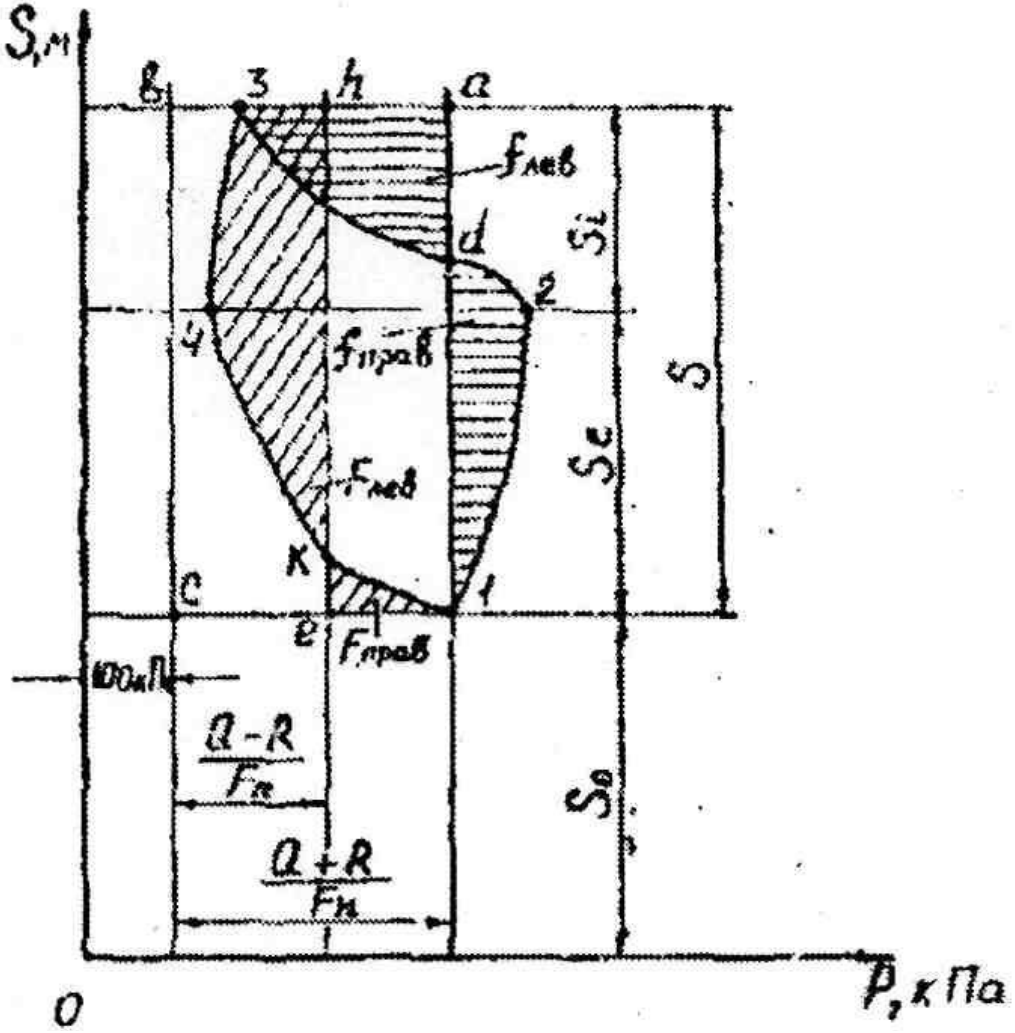
$$R = 0{,}25 Q, \quad кН$$

5. Площадь встряхивающего поршня

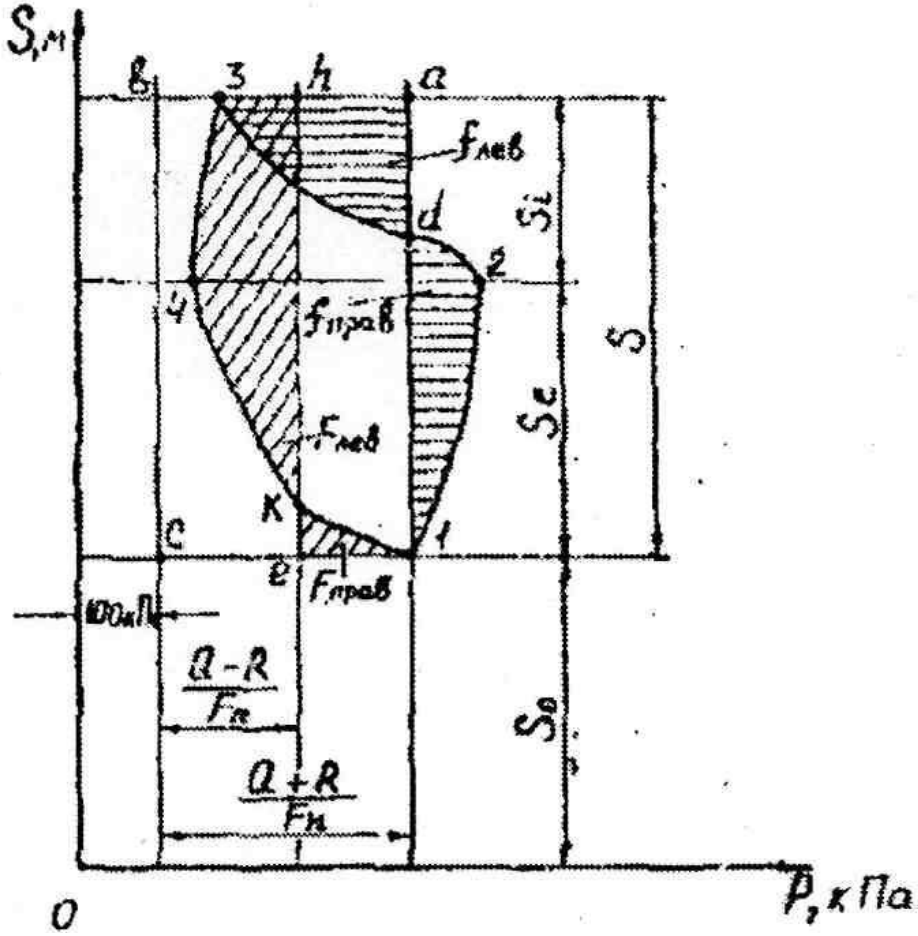
$$F_n = \alpha \frac{Q + R}{P_0 - 100}, \quad м^2$$

α - коэффициент учитывающий возможные протечки воздуха (1,05 … 1,1)

Встряхивающие формовочные машины



Встряхивающие формовочные машины



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

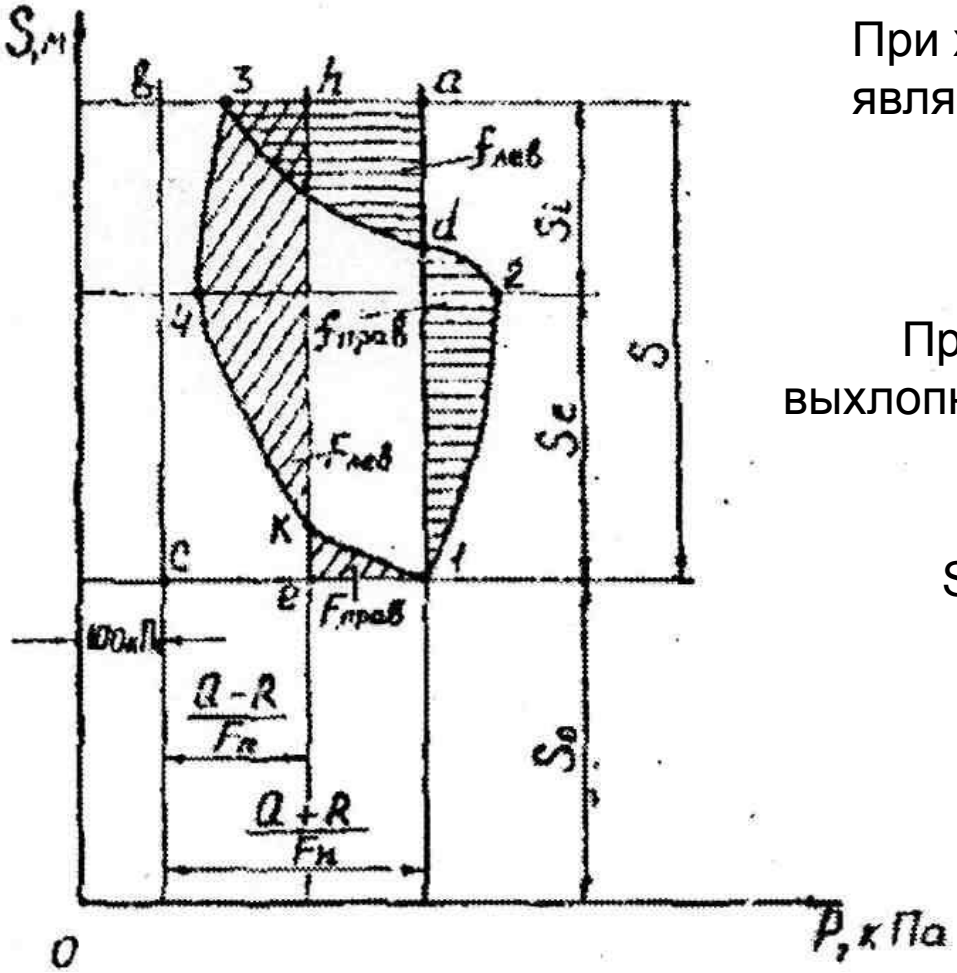
$$s_1 = \frac{V_0}{F} = s_0,$$

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

$$s_2 = s_0 + s_e,$$

$S_e = (0{,}4 \ldots 0{,}5) S_0$

Встряхивающие 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

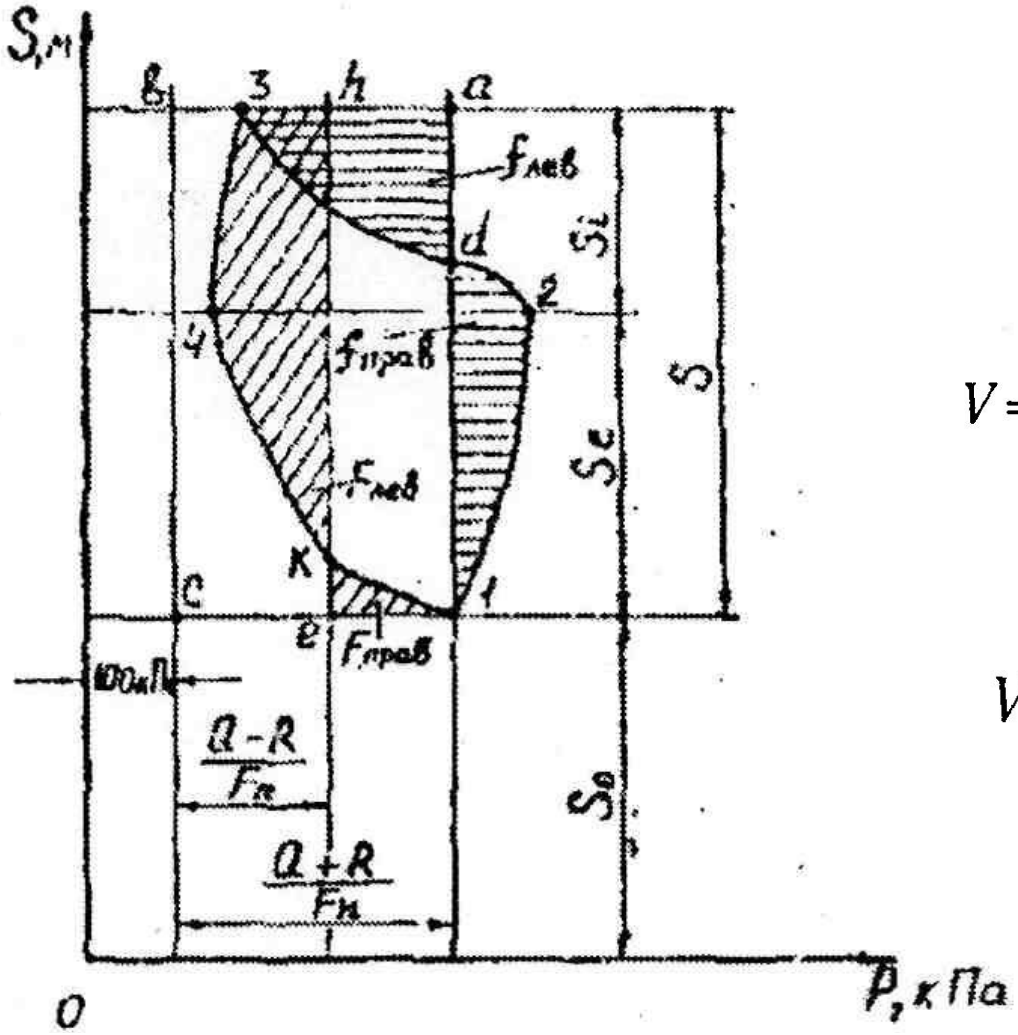
$$S_3 = S_0 + S_e + S_i = S_0 + S_e + (0{,}6 \ldots 0{,}7) S_e$$

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

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

$$S_4 = S_2 = S_0 + S_e$$

Встряхивающие формовочные машины



$$A_{дв} = \frac{Q-R}{F} s,$$

$$A_{сопр} = \frac{Q+R}{F} s$$

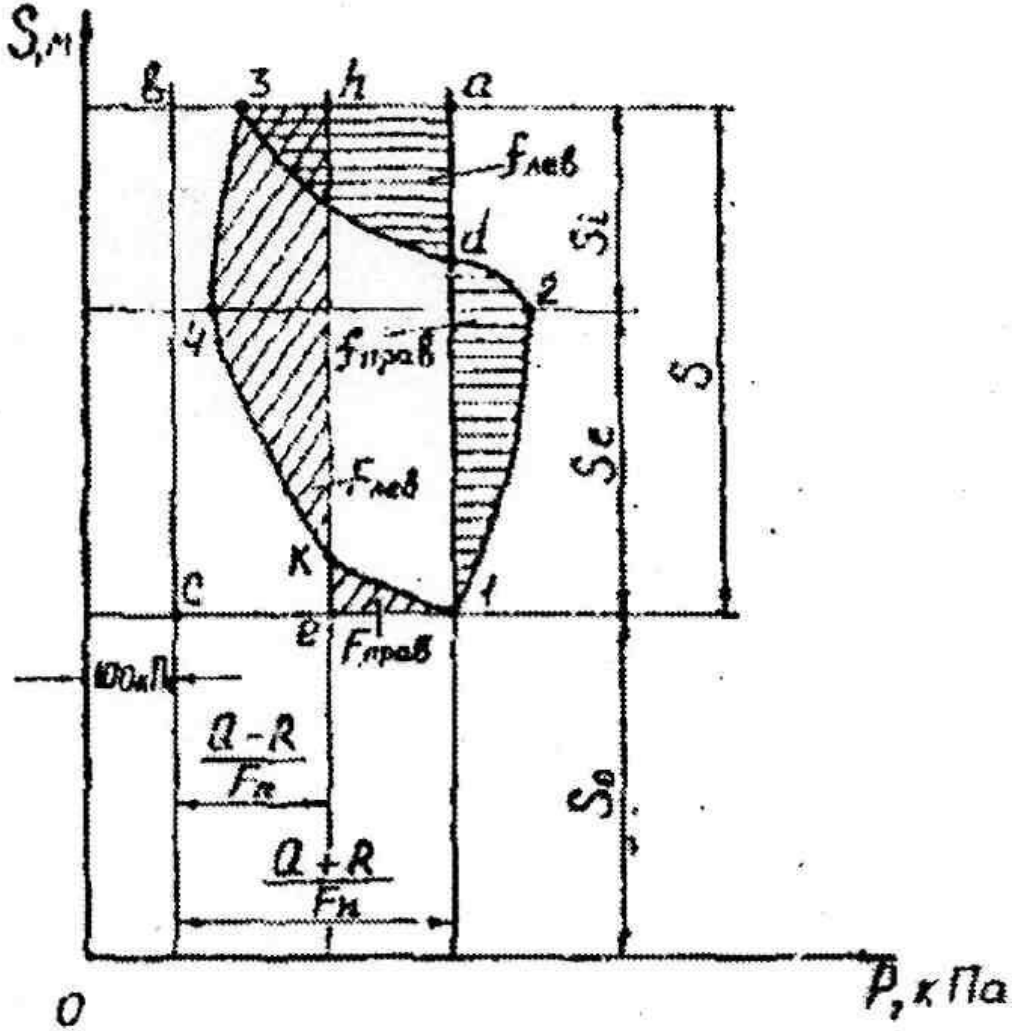
$$V = F(s_0 + s_e + s_r)(p_3 - p_5)10^{-2}.$$

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

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

$$t_{вп} = \frac{s_e}{v_п},$$

Встряхивающие формовочные машины



$$f_{вп} = \frac{V_{1-2}}{v_в t_{вп}},$$

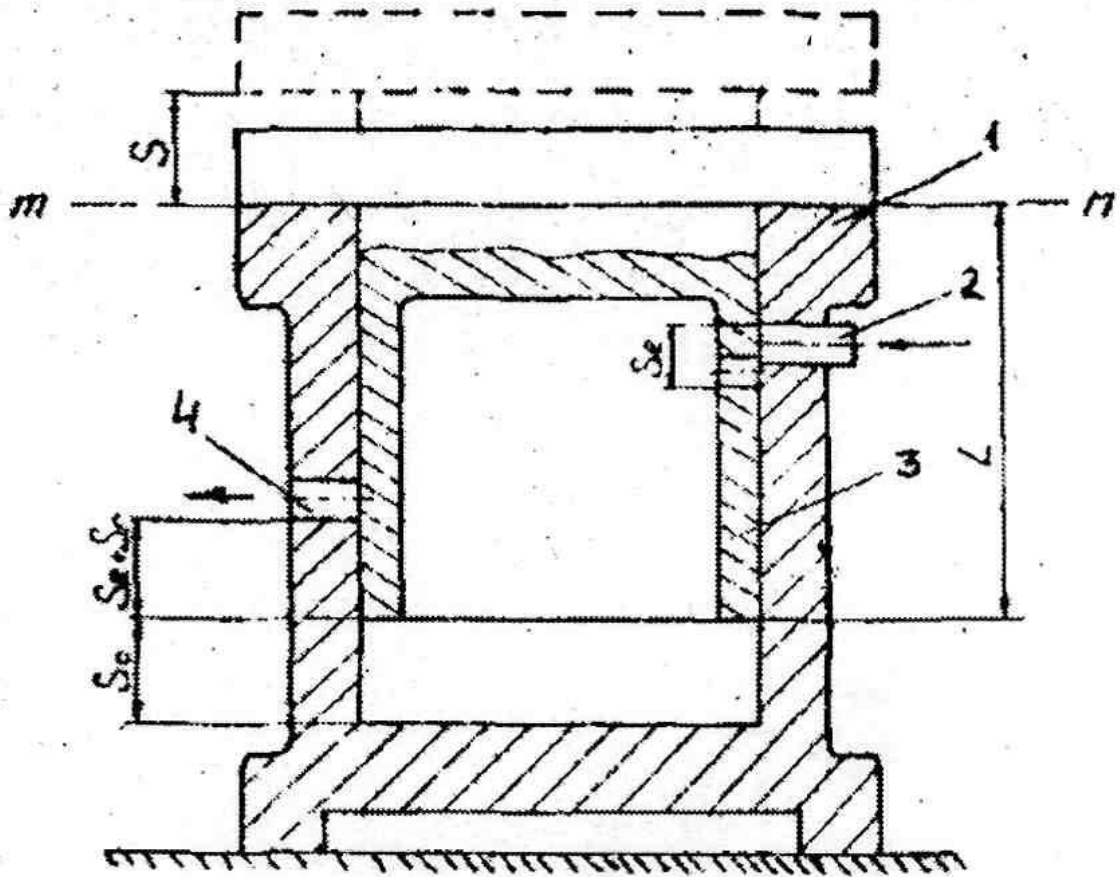
$$f_{вып} = \frac{V_{3-5}}{v_в t_{вып}}$$

Расчет пневматической встряхивающей формовочной машины с отсечкой и расширением воздуха

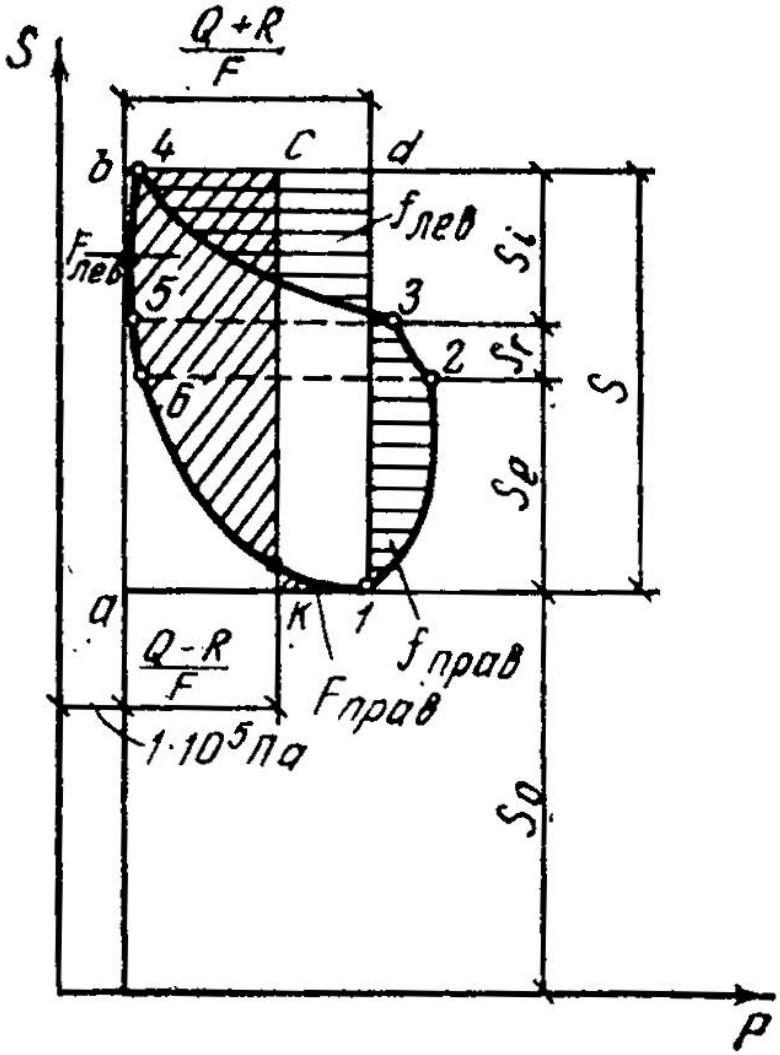
Исходные данные

1. Габариты опок в свету $A_0 x B_0 x H_0$, 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.

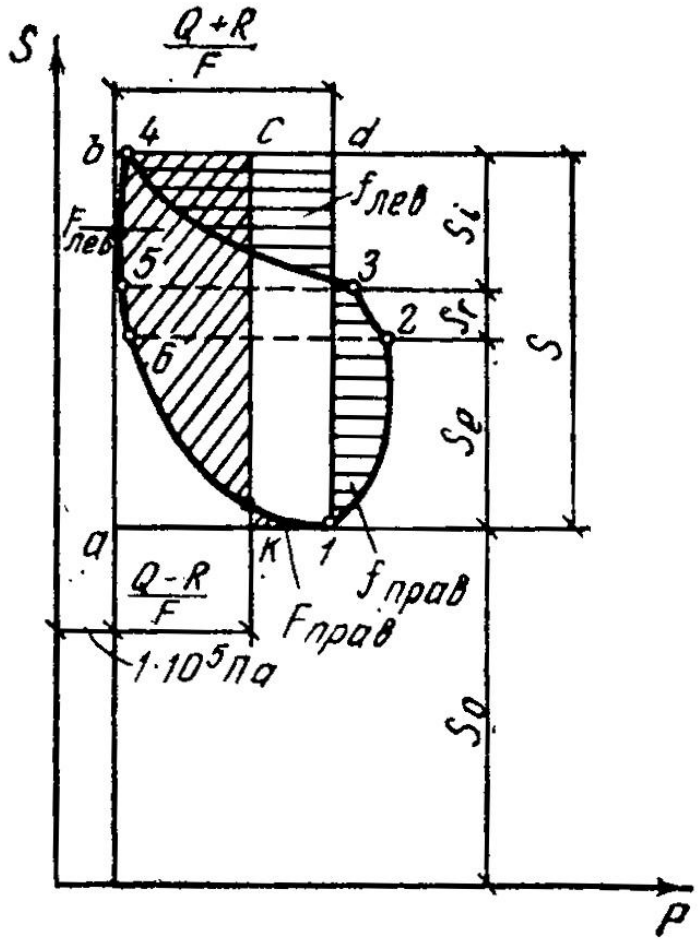

S
m
m
1
2
4
3
L

Встряхивающие формовочные машины



Индикаторная диаграмма встряхивающего механизма

Встряхивающие формовочные машины



Индикаторная диаграмма встряхивающего механизма

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

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

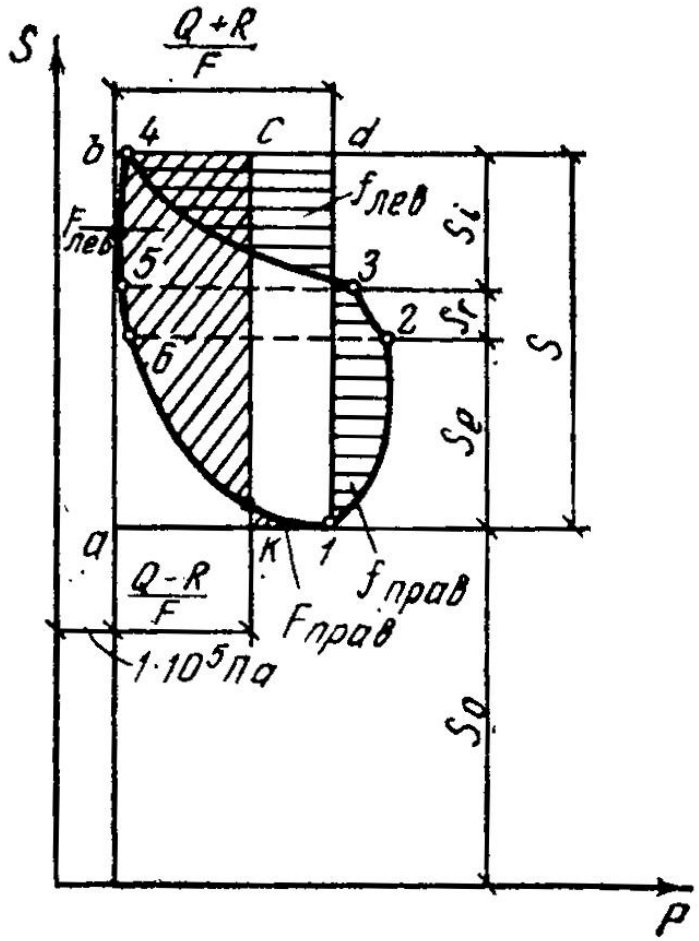
$$p_2 = p_1 + (0{,}5 - 1{,}0)\, 10^5 \leqslant p_0,$$

$$s_2 = s_0 + s_e,$$

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

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

Встряхивающие формовочные машины



Индикаторная диаграмма встряхивающего механизма

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

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

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

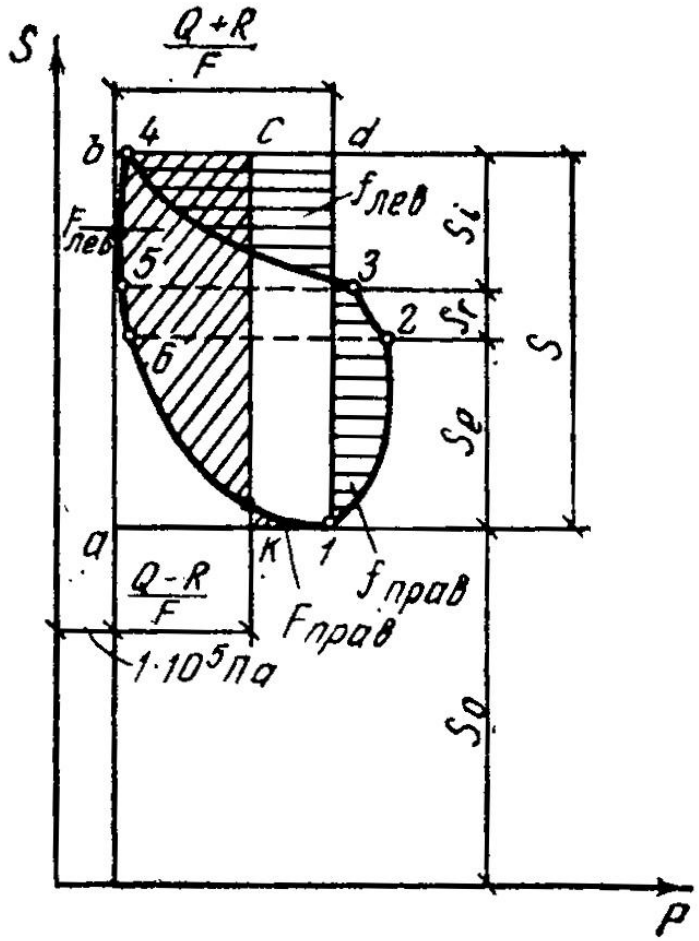
$$p_5 = 1 + 0{,}1 - 0{,}15 \cdot 10^5.$$

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

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

$$s_6 = s_0 + s_e.$$

Встряхивающие формовочные машины



Индикаторная диаграмма встряхивающего механизма

$$A_{дв} = \frac{Q-R}{F}\,s,$$

$$A_{сопр} = \frac{Q+R}{F}\,s$$

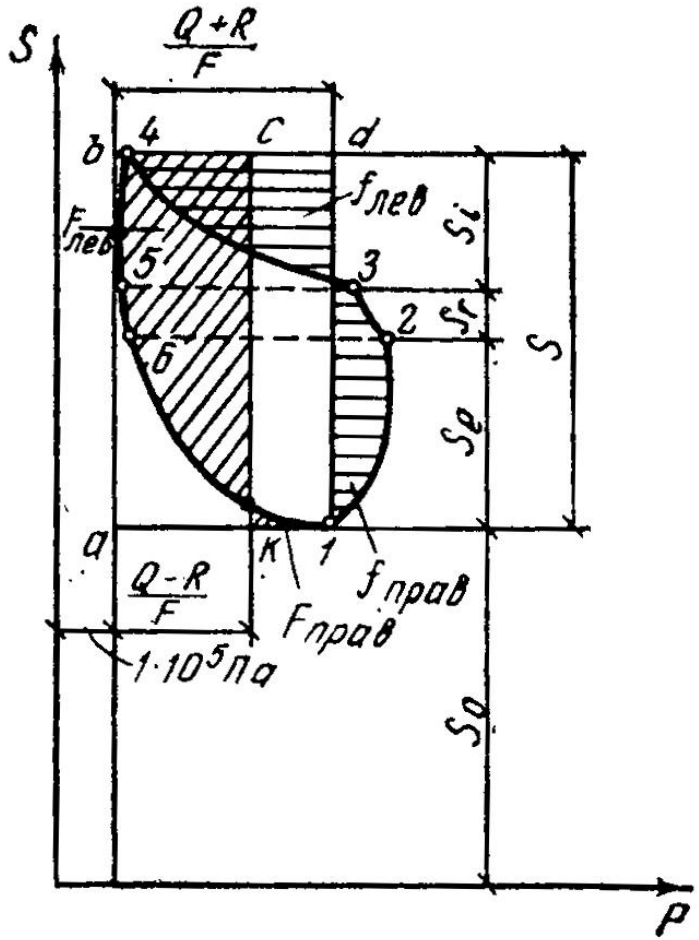
$$V = F(s_0+s_e+s_r)(p_3-p_5)\,10^{-2}.$$

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

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

$$t_{вп} = \frac{s_e}{v_п},$$

Встряхивающие формовочные машины



Индикаторная диаграмма встряхивающего механизма

$$f_{вп} = \frac{V_{1-2}}{v_в t_{вп}},$$

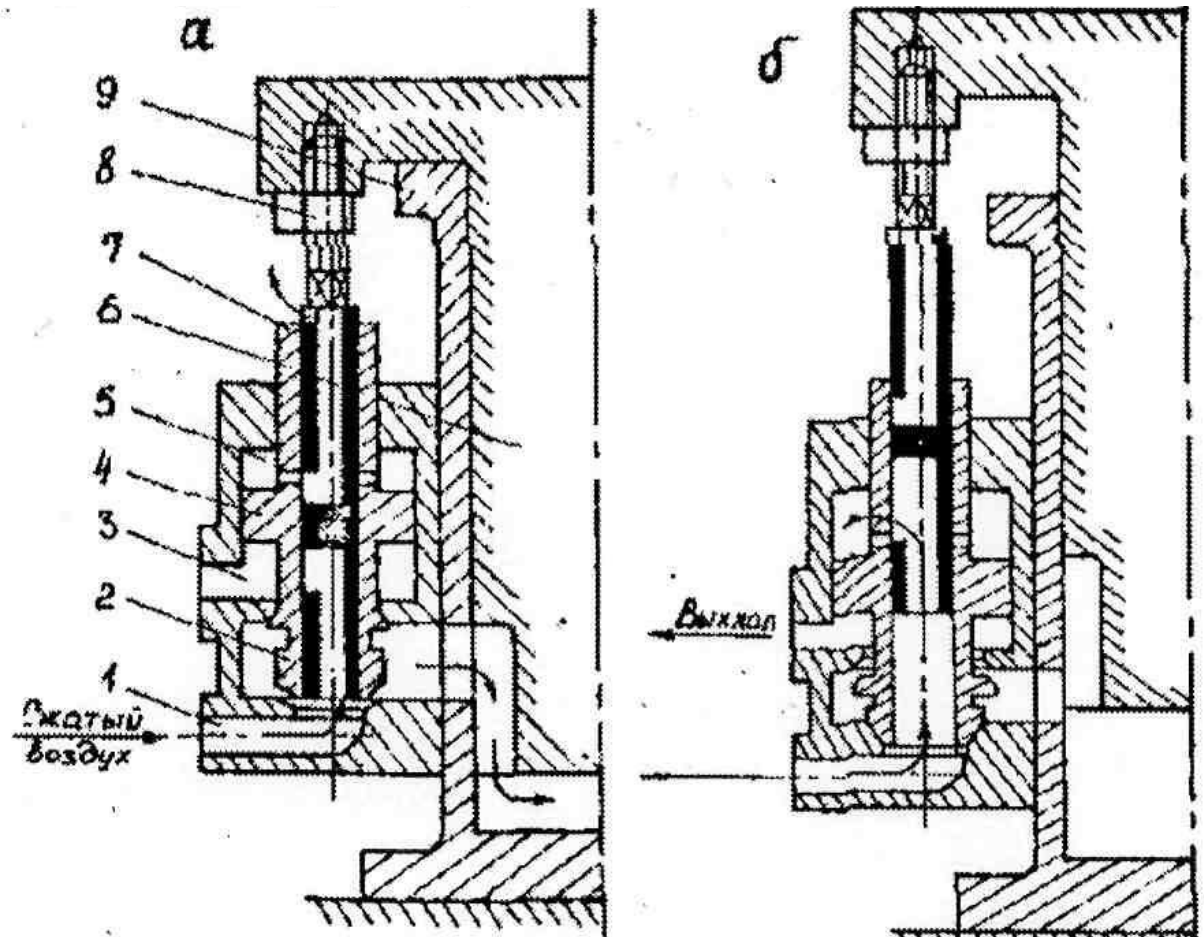
$$f_{вып} = \frac{V_{3-5}}{v_в t_{вып}}$$

Расчет пневматической встряхивающей формовочной машины с отсечкой и без расширением воздуха

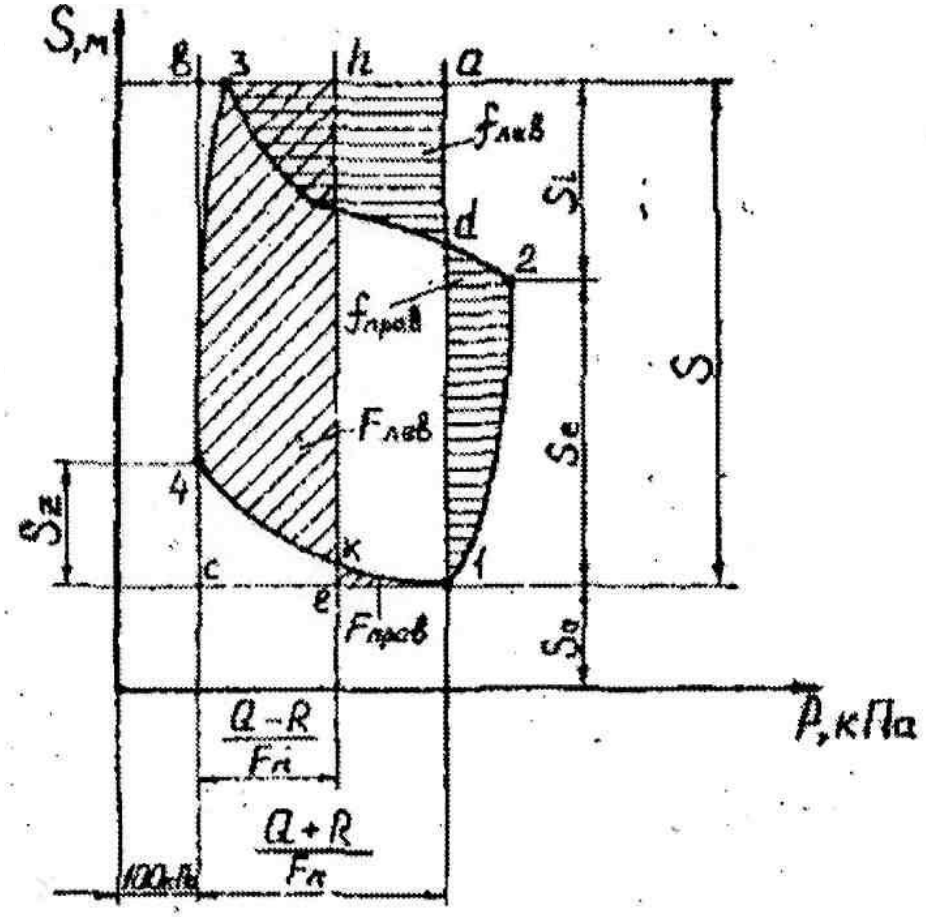
Исходные данные

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

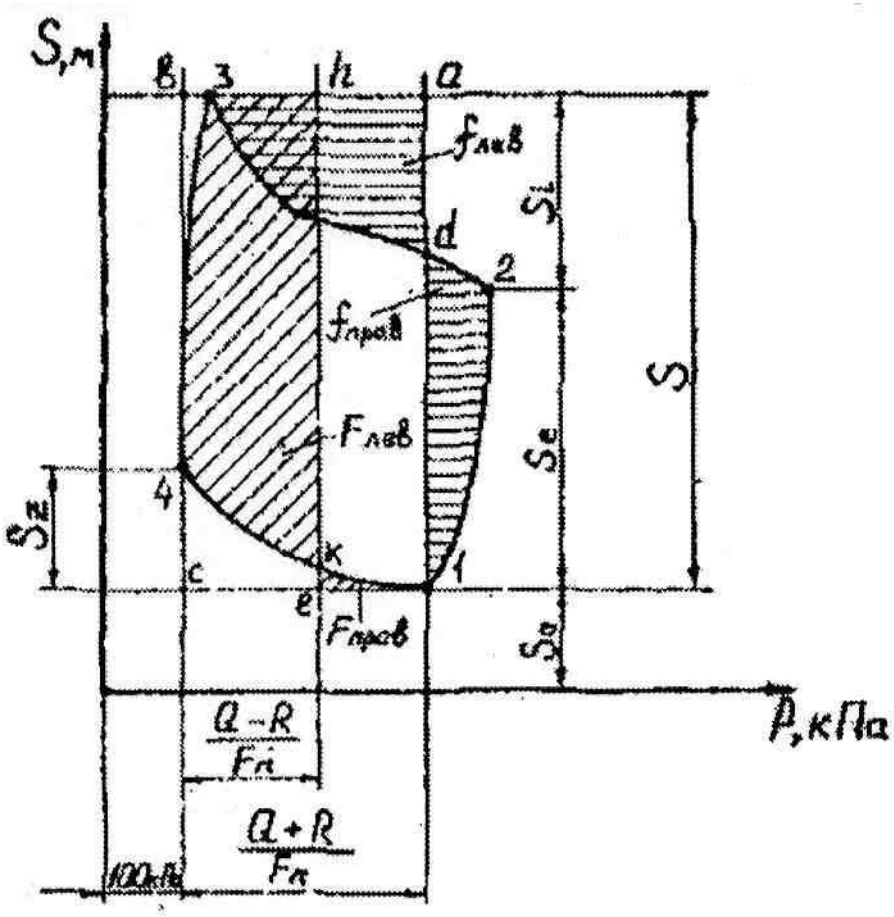
Задача расчета: определение основных конструктивных параметров машины и потребного расхода воздуха на 1 удар встряхивания и производительности одного литра воздуха.


а
б
9
8
7
6
5
4
3
2
1
Сжатый воздух
Выхлоп

Встряхивающие формовочные машины



Встряхивающие формовочные машины



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

$S_1=S_0=(0,15 \ldots 0,30)S$
$S=0,06 \ldots 0,08$ м

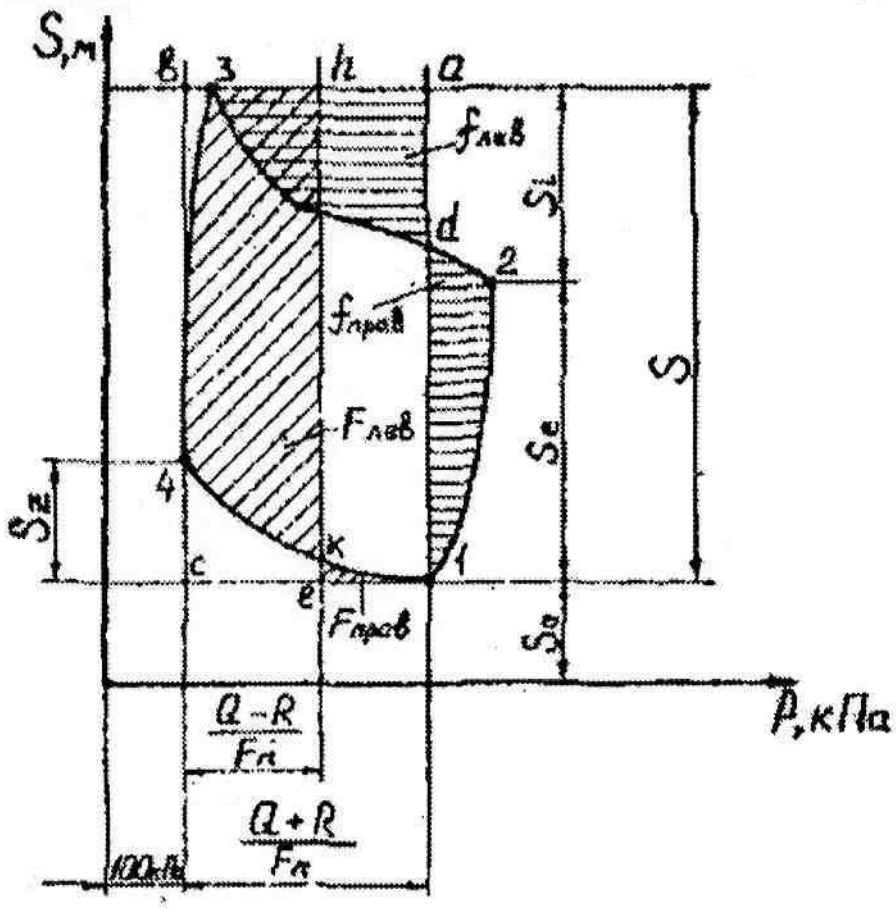
$$p_2 = p_1 + (0,5 - 1,0)\, 10^5 \leqslant p_0,$$

$$s_2 = s_0 + s_e,$$

$P_3=100 + (10 \ldots 30)$ кПа

$S_3=S_2+S_i$
$S_i=(0,3 \ldots 0,4)S$ м

Встряхивающие формовочные машины



P_4=100 + (10 … 15) кПа

$S_4=S_0+S_z$

S_4=0,2S м

Удельная работа удара, отнесенная к единице площади поршня:

$$e=F_{лев}-F_{пр}$$

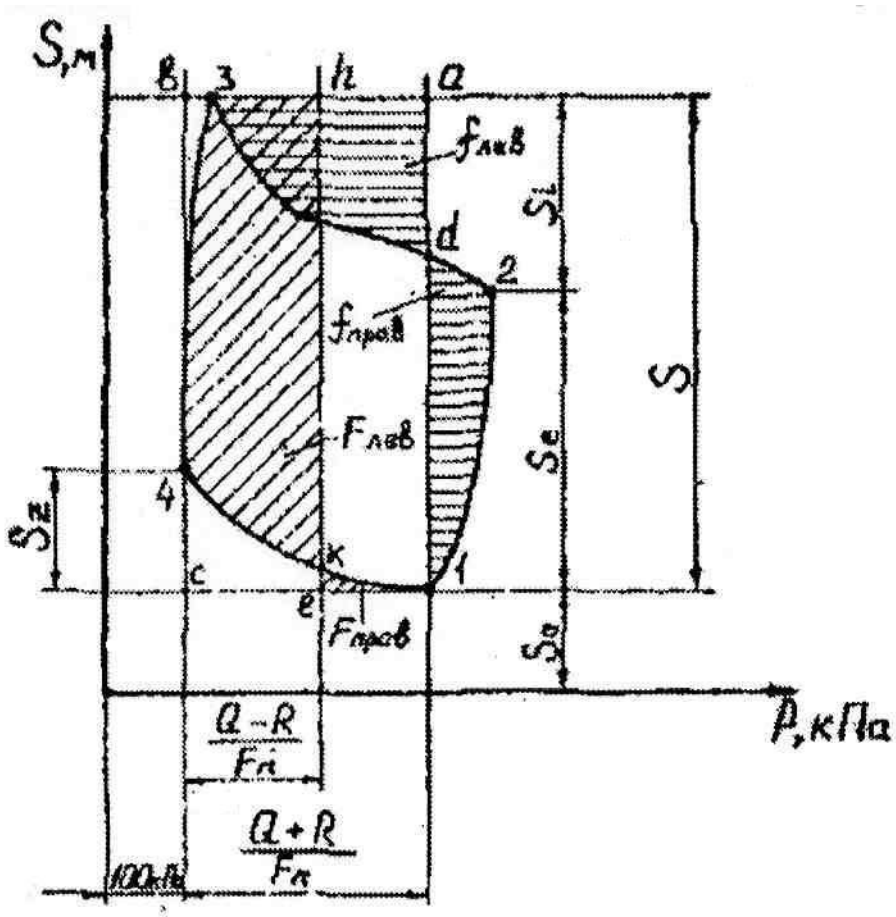
Удельная работа отражения стола после удара, отнесенная к единице площади поршня:

$$e^{/}=f_{лев}-f_{пр}$$

Удельная работа удара и отражения на единицу веса падающих частей:

$$e_0=\frac{eF_n}{Q} \quad e_0^{/}=\frac{e^{/}F_n}{Q}$$

Встряхивающие 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^3 израсходованного воздуха:

$$e_v = \frac{eF_n}{V10^3}$$

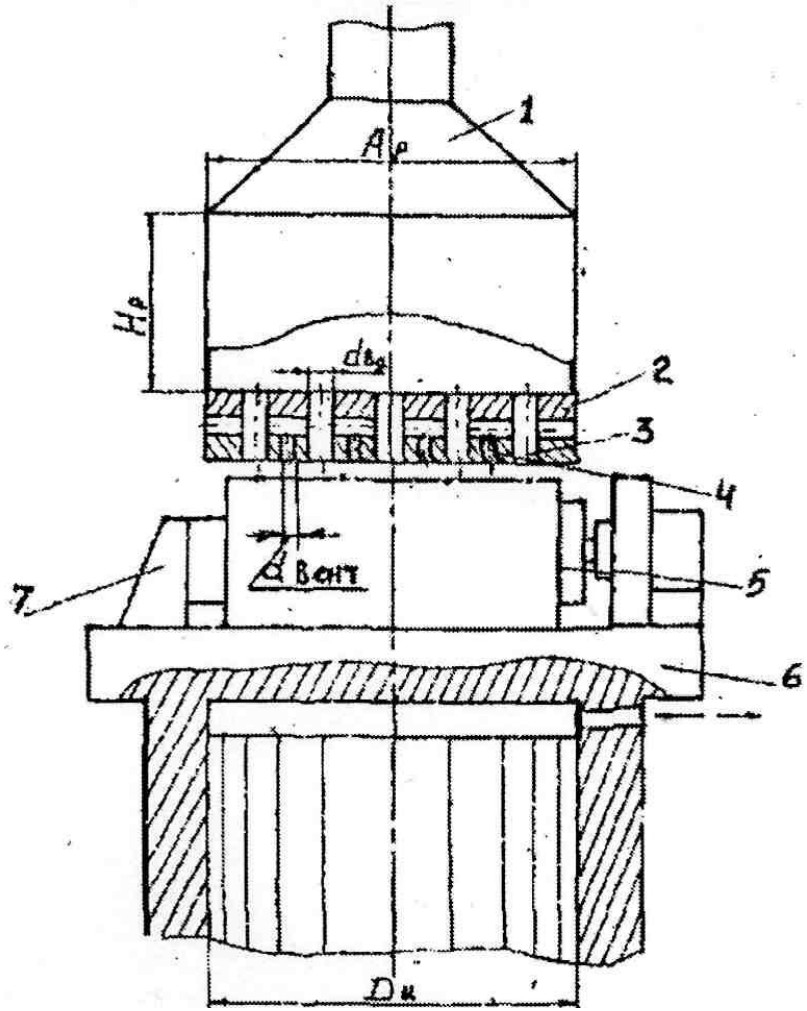
Расчет пескодувной стержневой машины

Исходные данные

1. Габариты опок в свету $A_0 x B_0 x H_0$, м
2. Вес изготавливаемого стержня G, кН
3. Начальная плотность смеси δ_0, т/м^3
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

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

2. Объем рабочей части пескодувного резервуара и его размер

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

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

3. Суммарная площадь вдувных отверстий

$$Fвд = \frac{G}{q}$$

4. Количество вдувных отверстий

$$n = \frac{Fст}{f}$$

5. Диаметр вдувных отверстий

$$d\text{вд} = \sqrt{\frac{4F\text{вд}}{\pi n}}, \quad м$$

6. Суммарная площадь вентиляционных отверстий

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

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

7. Усилие зажима стержневого ящика

$$P_{заж} = F_{ст}^{/} P_0^{/} - R_{ящ} \qquad R_{ящ} = 0{,}25 G_{ящ} / 2$$

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

$$P_{пр} = F_{см} P_0^{/} + Q - R_z$$

$$где \quad R_z = 0{,}25Q$$

10. Диаметр прижимного поршня

$$d_{пр} = \sqrt{\frac{4P_{пр}}{\pi P_0}}$$

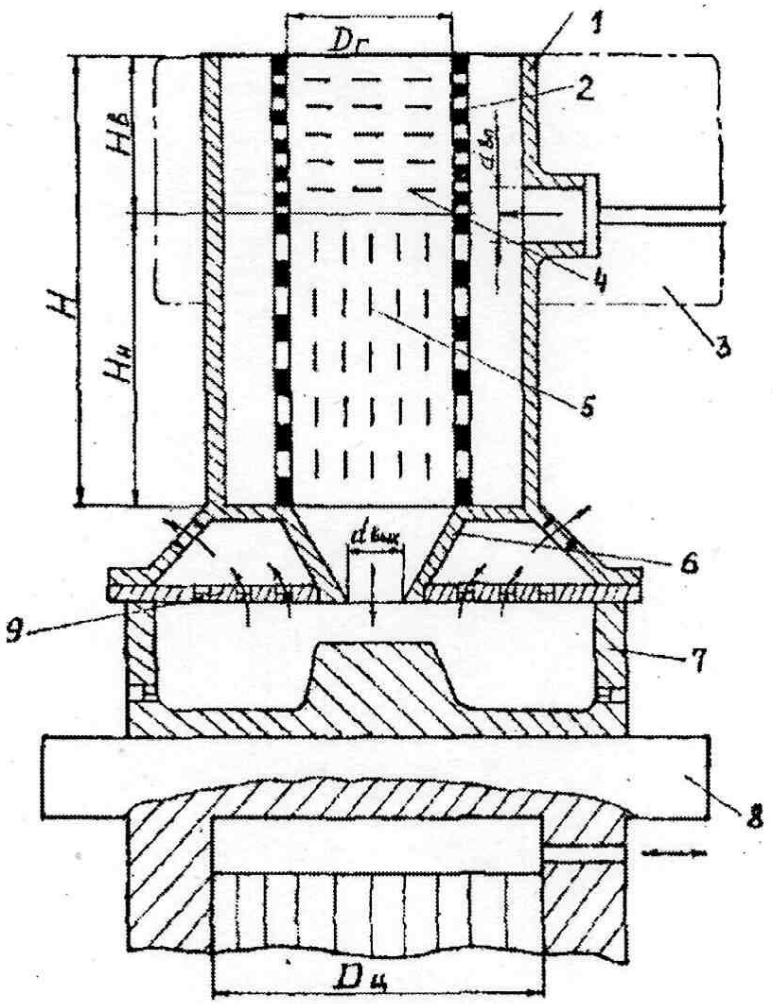
Расчет пескострельной стержневой машины

Исходные данные

1. Габариты опок в свету $A_0 x B_0 x H_0$, м
2. Вес изготавливаемого стержня G, кН
3. Начальная плотность смеси δ_0, т/м^3
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

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

2. Высота гильзы

Верхней части $H_в=(0{,}4 \ldots 0{,}6)D_г$

Нижней части $H_н=(1{,}5 \ldots 1{,}8)D_г$

3. Площадь сечения вдувного канала

$$Fвд = \frac{\pi d_{вд}^2}{4}$$

$$d_{вд} = (0{,}2 \ldots 0{,}5)D_г$$

4. Суммарная площадь прорезей в верхней и нижней частях гильзы

$$\sum F_{в} = (0{,}3...0{,}4)F_{вд}, \quad м^2$$

$$\sum F_{н} = (0{,}8...1{,}2)F_{вд}, \quad м^2$$

5. Ширина прорезей в верхней и нижней частях гильзы

Δв=0,8 … 1,0 мм
Δн=0,3 … 0,5 мм

6. Диаметр выходного отверстия конической насадки

$d_{вых}$=(0,3 … 0,5)$D_{г}$

Угол наклона образующей конуса насадки к горизонту - α=45 … 60^0

7. Суммарная площадь сечения вентиляционных отверстий

$$\sum F_{вент} = (0{,}5...1{,}0)F_{вд}, \quad м^2$$

8. Объем рессивера

$$V_p = V_г \left(\frac{\ln \frac{1}{\varphi}}{1{,}032 + 3D_г} \right)^{3,7} \cdot 10^3 = \frac{\pi D_г^2}{4} H_г \left(\frac{\ln \frac{1}{\varphi}}{1{,}032 + 3D_г} \right)^{3,7} \cdot 10^3, \quad м^3$$

9. Усилие прижима стержневого ящика к надувной плите

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

R=0,25Q

10. Диаметр прижимного цилиндра

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

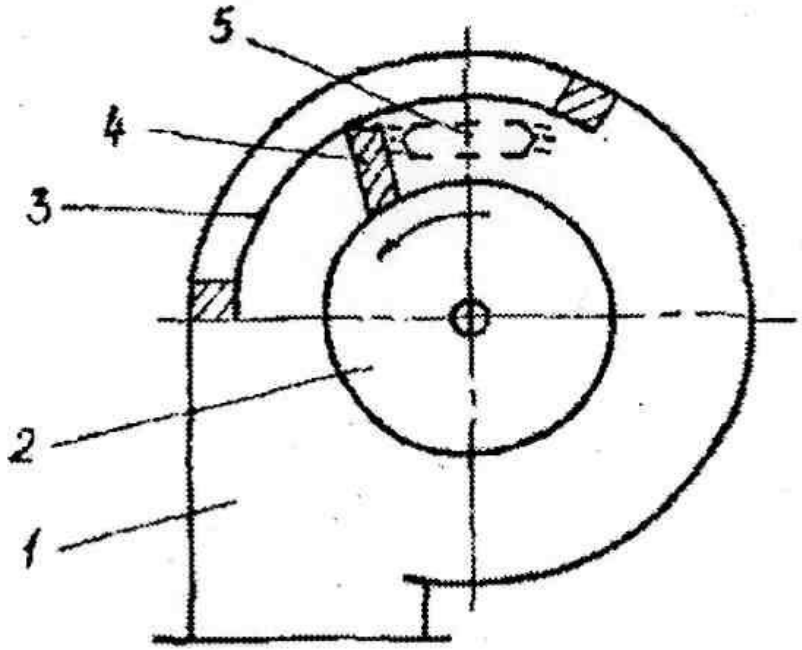
Расчет метательной головки пескомета

Исходные данные

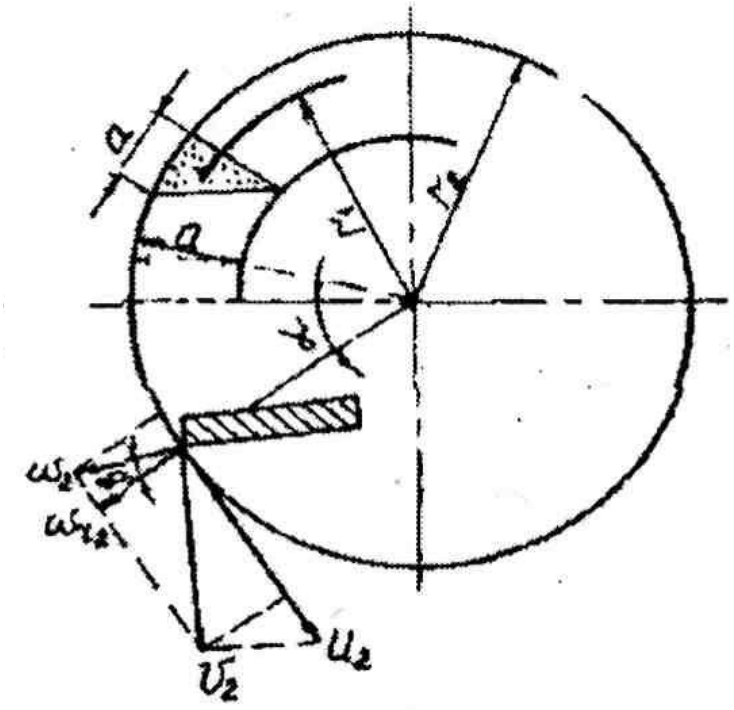
1. Производительность пескомета по уплотненному объему П, $м^3$/ч

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

Схема установки



Методика расчета:



1. Размер пакета формовочной смеси

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

2. Радиус центра тяжести пакета смеси

$$r_1 = r_2 - \frac{a}{3}, \quad м$$

3. Уточняется значение абсолютной скорости выхода пакета из метательной головки

$$\upsilon_2 = \sqrt{\omega_{r2}^2 + \left(u_2 - \omega_2 * \sin\beta\right)^2}$$

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

Радиальная составляющая ω_{r2} относительной скорости ω_2 определяется:

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

Относительная скорость:

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

Угол наклона лопатки по отношению к радиусу – 15 … 25^0

Окружная скорость:

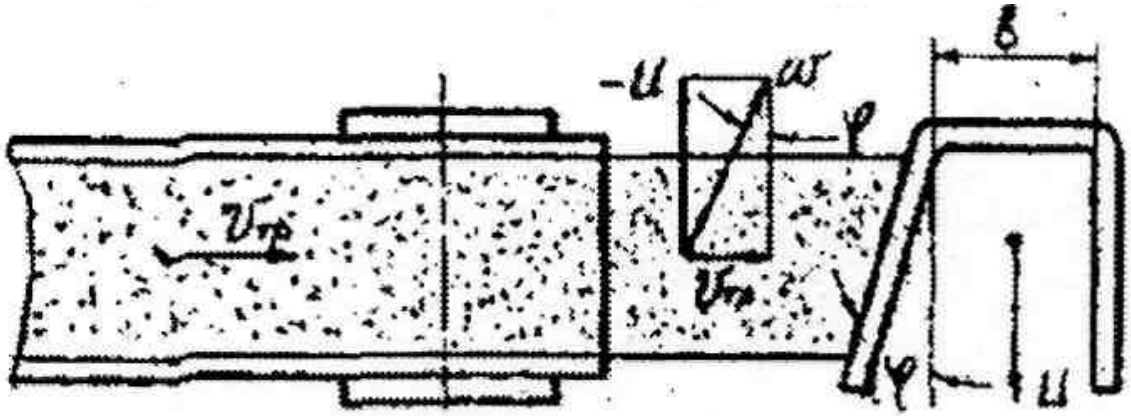
$$u_2 = \frac{\pi \cdot n}{30} r_2, \quad м/с$$

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

$$\upsilon_{тр} = \frac{b \cdot n \cdot i}{60 \cdot 10^3}, \quad м/с$$

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

$$\varphi \geq arctg \frac{\upsilon_{тр}}{u}$$



6. Мощность привода метательной головки

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

$$N_1 = \frac{\Pi \upsilon_2^2 \delta}{7200}, \quad кВт$$

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

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