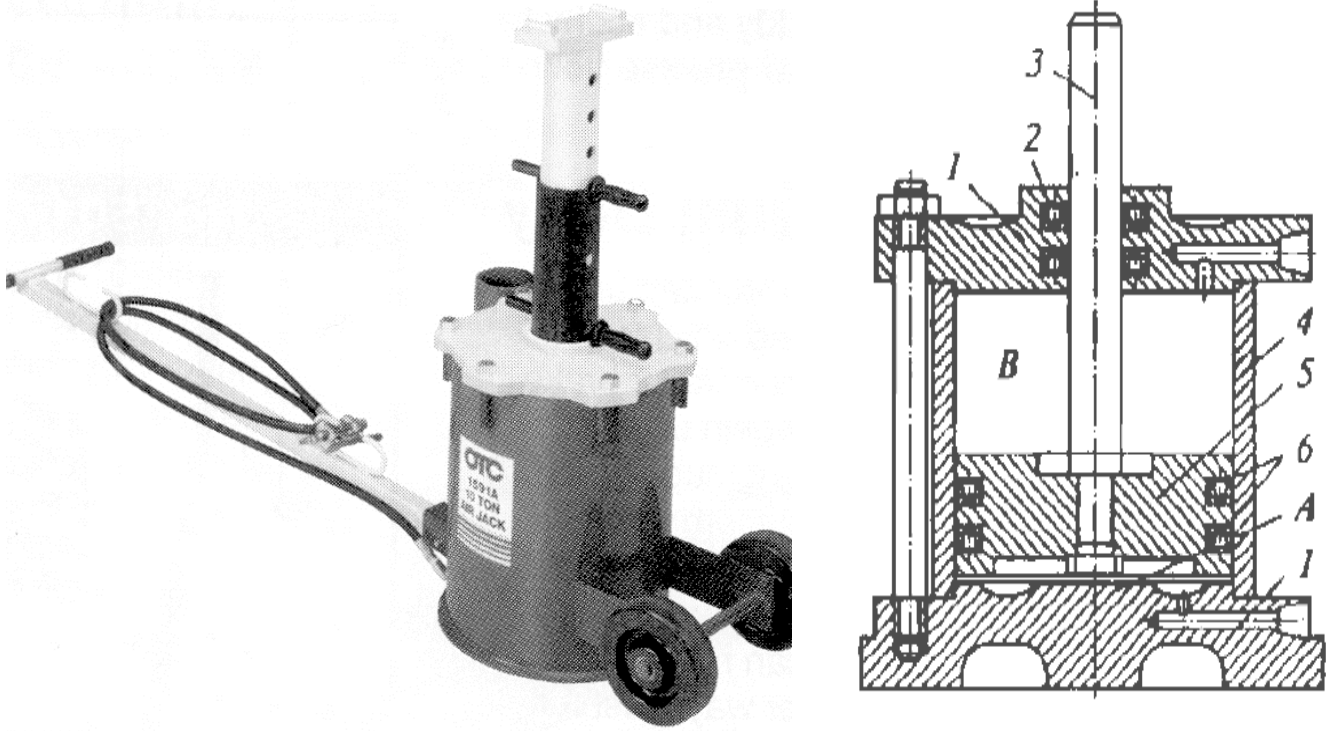


2 РАСЧЕТ ПНЕВМОПРИВОДА ДОМКРАТА

Целью практического занятия является изучение и отработка на практике методики расчета подъемного оборудования с пневматическим приводом, широко используемого для механизации технологических процессов ТО и ТР автомобилей.

При проектировании и эксплуатации данного вида оборудования часто приходится решать следующие задачи:

- определение необходимого диаметра или площади поршня при заданных значениях усилия на штоке пневмоцилиндра (грузоподъемности домкрата) и давления воздуха;
- определение грузоподъемности домкрата при заданных значениях диаметра пневмоцилиндра и давления воздуха;
- определения мгновенного и среднего расхода воздуха, мощности компрессора и др.



а) внешний вид домкрата фирмы ОТС

б) конструкция пневмоцилиндра

Рисунок 2.1 – Пневматический домкрат

2.1 Методика расчета основных параметров

Усилие на штоке пневмоцилиндра рассчитывается по формуле:

$$P = p_n \cdot F \cdot \eta, \text{ Н}, \quad (2.1)$$

где p_n - давление в напорной магистрали, МПа;

F - площадь поршня, м²;

η - КПД компрессора, (принимается равным 0,9).

Давление в напорной магистрали (принимается из ряда, МПа: 0,63; 1,0; 1,6).

Площадь поршня следует из формулы (2.1):

$$F = \frac{P}{p_n \cdot \eta}, \text{ м}^2. \quad (2.2)$$

Диаметр поршня рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \text{ м}. \quad (2.3)$$

Окончательный диаметр цилиндра возможно принять из ряда, мм: 10; 12; 16; 20; 25; 32 (36); 40 (45); 50 (56); 63 (70); 80 (90); 100 (110); 125 (140); 160 (180); 200 (220); 250 (280); 320 (360); 400 (450); 500 (560); 630; 800; 1000.

Скорость движения поршня находим по формуле:

$$V_{\Pi} = \frac{L}{t_{px}}, \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (2.4)$$

где L – высота подъема (ход поршня), м;

$t_{p. x}$ – время рабочего хода с (при отсутствии параметра в задании принять для пневмоцилиндров – 2с, для гидроцилиндра – 10с).

Скорость движения поршня рекомендуется принимать в соответствии с диапазоном безударных скоростей до (3 – 5) м/мин. При более высоких скоростях следует обеспечить торможение поршня в конце хода специальными конструктивными элементами.

Высоту подъема (ход поршня) рекомендуется принять из ряда, мм: 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50 (56); 63 (70); 80; 100 (110); 125(140); 160 (180); 200 (220); 250 (280); 320 (360); 400 (450); 500 (560); 630 (710); 800; 1000 (1120); 1250 (1400); 1600 (1800); 2000 – 9500.

Объем заполняемой полости цилиндра определяется по формуле:

$$V = F \cdot L, \text{ м}^3. \quad (2.5)$$

Максимальный расход воздуха определяется по формуле:

$$Q = F \cdot v_{\Pi}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (2.6)$$

Требуемый средний расход воздуха (производительность компрессора):

$$Q_c = V \cdot n_{p.x} \cdot n_{ц}, \text{м}^3/\text{мин}, \quad (2.7)$$

где $n_{p.x}$ - число рабочих циклов в минуту (принимается по заданию или самостоятельно, исходя из режима работы оборудования);

$n_{ц}$ - общее число цилиндров всего оборудования.

Мощность привода определяется по формуле:

$$N = \frac{P_n \cdot Q_c}{60 \cdot \eta}, \text{Вт}. \quad (2.8)$$

Диаметр сечения трубопровода (условный проход трубопровода)
находим по формуле:

$$d_T = 0,46 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\omega}}, \text{м}, \quad (2.9)$$

где ω - Скорость движения рабочего тела в трубопроводе, м/с.

Для пневмопровода рекомендуется $\omega = 17$ м/с.

Окончательный условный проход трубопровода следует принять из ряда, мм: 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250.

Скорость холостого хода поршня находим по формуле:

$$v_{x.x} = \frac{Q}{F'}, \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (2.10)$$

где: F' - площадь поршня со стороны штока, м^2 .

Площадь поршня со стороны штока можно найти из разности площади поршня и площади штока. Площадь штока равна:

$$F_{шт} = \pi \cdot r^2, \text{м}^2, \quad (2.11)$$

где r – радиус штока, м.

Время возврата поршня определяем по формуле:

$$t_{x.x} = \frac{L}{v_{x.x}}, \text{ с.} \quad (2.12)$$

2.2 Проверка штока цилиндра на устойчивость

Допустимая нагрузка продольного изгиба P_k при заданном диаметре и длине штока определяется в зависимости от конструкции подъемника, а именно от способа установки и крепления штока силового (гидро или пневмо) цилиндра к опоре и платформе или подхватом. Ниже в таблице 2.1 представлены зависимости для расчета P_k для четырех возможных способов крепления штока.

Сила, действующая на шток показана на рисунке 2.2

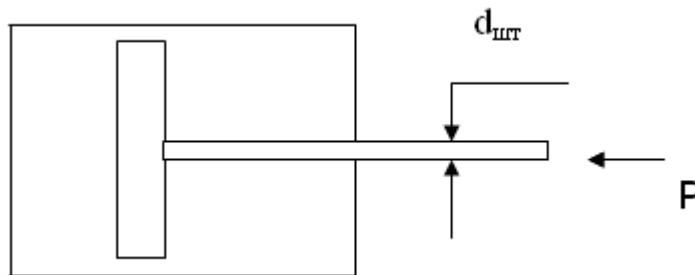


Рисунок 2.2 – Сила, действующая на шток

$$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot S_k^2}, \text{ кгс,} \quad (2.13)$$

где E – модуль упругости, кгс/см² (для стали $E = 2,1 \cdot 10^6$ кгс/см²);

I – момент инерции, см⁴;

S_k – длина продольного изгиба, см;

d – диаметр штока, см.

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}, \text{ см}^4. \quad (2.14)$$

Диаметр штока также должен удовлетворять условию прочности на растяжение-сжатие:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\sigma]}}, \text{ м.} \quad (2.15)$$

Диаметр штока рекомендуется выбирать из ряда, мм: 4; 5; 6; 8; 10; 12 (14); 16 (18); 20 (22); 25 (28); 32 (36); 40 (45); 50 (56); 63 (70); 80 (90); 100 (110);

125(140); 160 (180); 200 (220); 250 (280); 320 (360); 400 (450); 500 (560); 630; 800.

где $[\sigma]$ - допускаемое напряжение при сжатии, МПа;

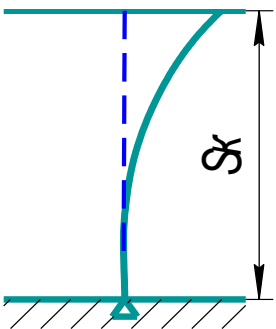
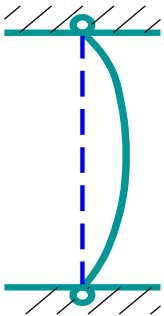
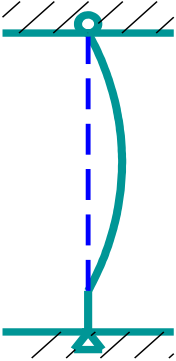
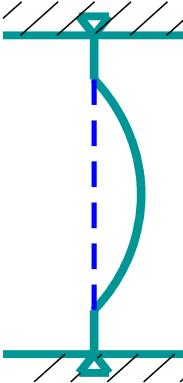
Для стали 20 $[\sigma] = 115$ МПа;

Для стали 25 $[\sigma] = 130$ МПа;

Для стали 30 $[\sigma] = 140$ МПа;

Для стали 40 $[\sigma] = 160$ МПа.

Таблица – 2.1 Расчет P_k , в зависимости от крепления штока цилиндра

Способ крепления штока	Расчетная формула	Способ крепления штока	Расчетная формула
	$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot S_k^2};$		$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{S_k^2};$
	$P_k = \frac{2.05 \pi^2 \cdot E \cdot I}{S_k^2};$		$P_k = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{S_k^2};$

Максимально допустимая нагрузка на шток с учетом запаса прочности:

$$P_{\max} = \frac{P_k}{\delta}, \text{ кгс,} \quad (2.16)$$

где δ – запас прочности (2,5-3,5).

2.3 Пример расчета пневмоцилиндра

Исходные данные:

Усилие на штоке $P = 1000$ кгс = $9,81 \cdot 1000$ Н;

Ход поршня (высота подъема) $L = 50$ см = $0,5$ м;

Число рабочих ходов в минуту $n_{\text{рх}} = 5$ 1/мин;

Время рабочего хода задаем равным $t_{\text{р.х.}} = 10$ с;

Давление в напорной магистрали $p_n = 0,6$ МПа = $0,6 \cdot 10^6$ Па;

КПД компрессора $\eta=0,9$.

Площадь поршня определяем по формуле (2.2):

$$F = \frac{P}{p_n \cdot \eta} = \frac{9,81 \cdot 1000}{0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 0,0182, \text{ м}^2.$$

Находим диаметр поршня по формуле (2.3):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0182}{3,14}} = 0,152, \text{ м}.$$

На практике, диаметр цилиндра возможно подбирать, исходя из заданного усилия на штоке, по таблицам соответствующих справочников.

Скорость движения поршня находим по формуле (2.4):

$$v_{\Pi} = \frac{L}{t_{px}} = \frac{0,5}{10} = 0,05, \text{ м/с} = 3 \text{ м/мин}.$$

Объем заполняемой полости находим из формулы (2.5):

$$V = F \cdot L = 0,0182 \cdot 0,5 = 0,0091, \text{ м}^3.$$

Максимальный расход воздуха находим по формуле (2.6):

$$Q = F \cdot v_{\Pi} = 0,0182 \cdot 0,05 = 0,00091, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Требуемый средний расход воздуха (производительность компрессора) определяем по формуле (2.7):

$$Q_c = V \cdot n_{p.x} = 0,0091 \cdot 5 = 0,0455, \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Мощность привода находим по формуле (2.8):

$$N = \frac{P_n \cdot Q_c}{60 \cdot \eta} = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,032}{60 \cdot 0,9} = 356, \text{ Вт}.$$

Диаметр сечения трубопровода (условный проход трубопровода) находим по формуле (2.9)

$$d_T = 0,46 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\omega}} = 0,46 \cdot \sqrt{\frac{0,00091}{17}} = 0,00337, \text{ м}.$$

Скорость холостого хода находим по формуле (2.10):

$$v_{x.x} = \frac{Q}{F'} = \frac{0,00091}{(0,0182 - 0,00062)} = 0,051, \text{ м/с}.$$

Площадь поршня со штоковой полости F' находим как разность площади поршня и площади штока. При этом диаметр штока находим из условия прочности на растяжение (2.15):

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10000}{3.14 \cdot 115 \cdot 10^6}} = 0,011, \text{ м.}$$

Принимаем предварительно по конструктивным соображениям $d_{шт} = 0,028$ м. Находим площадь штока:

$$F_{шт} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.028^2}{4} = 0.00062, \text{ м}^2.$$

Время возврата поршня находим по формуле (2.12):

$$t_{x.x} = \frac{L}{v_{x.x}} = \frac{0.5}{0.051} = 9.8, \text{ с.}$$

Расчет штока на устойчивость.

Нагрузка продольного изгиба штока при одном свободном и одном защемленном конце находим по формуле (2.13). Предварительно определяем момент инерции по формуле (2.14).

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3.14 \cdot 2.8^4}{64} = 3, \text{ см}^4.$$

Длину продольного изгиба S_k принимаем равной длине штока (50 см), модуль упругости $E = 2,1 \cdot 10^6$. Подставляем полученные значения в формулу (2.13) получим:

$$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot S_k^2} = \frac{3.14^2 \cdot 2.1 \cdot 10^6 \cdot 3}{4 \cdot 50^2} = 6212, \text{ кг.}$$

Находим максимальную допустимую нагрузку на шток с учетом коэффициента запаса прочности равного 3 по формуле (2.16):

$$P_{\max} = \frac{P_k}{\delta} = \frac{6212}{3} = 2070, \text{ кг.}$$

При заданной нагрузке 1000 кгс принятый предварительно диаметр штока (2.8 см) удовлетворят условию устойчивости.

2.4 Порядок выполнения работы

- Выбрать вариант для выполнения работы из перечня, приведенного в пункте 2.5.
- Изучить методику расчета пневмопривода на примере, приведенном в данном методическом указании.
- Рассчитать все необходимые параметры в соответствии с примером, приведенном в пункте 2.3.
- Составить отчет о проделанной работе в соответствии с приведенным в методическом указании примером и представить его к защите.

2.5 Содержание отчета

- Ф.И.О. студента, группа, дата выполнения.
- Название и цель работы.
- Исходные данные для расчета.
- Расчеты со схемами по образцу, показанному в примере.
- Выводы.

2.6 Варианты заданий

Таблица 2.3 – Исходные данные для выполнения работы

№ варианта	Усилие на штоке, кгс	Ход поршня, м	Число ходов в минуту, 1/мин	Время рабочего хода, с	Давление в магистрали, МПа	КПД компрессора
0	450	0,20	5	1	0,60	0,90
1	500	0,25	4	2	0,65	0,95
2	550	0,30	3	3	0,60	0,90
3	600	0,35	2	4	0,63	0,95
4	650	0,40	5	5	0,65	0,90
5	700	0,45	4	6	0,60	0,95
6	750	0,50	3	7	0,63	0,90
7	800	0,55	2	8	0,65	0,95
8	850	0,60	3	9	0,70	0,90
9	900	0,75	2	10	0,80	0,95

2.7 Контрольные вопросы

- 2.6.1 Сравнительная характеристика пневматического и гидравлического приводов.
- 2.6.2 Кинематическая и динамическая характеристика пневмопривода.
- 2.6.3 Какие основные элементы входят в пневматический привод.
- 2.6.4 Разновидности пневмоцилиндров.
- 2.6.5 Способы торможение поршня в конце хода.
- 2.6.6 Назначение дросселей, редукторов, золотниковых устройств, фильтров, используемых в пневмоприводах.
- 2.6.7 Методика расчета пневмопривода, расчет диаметра цилиндра, расчет штока на устойчивость.
- 2.6.8 Обеспечение безопасности и надежности работы оборудования с пневматическим приводом.
- 2.6.9 Область применения пневматического привода в гаражном и диагностическом оборудовании.
- 2.6.10 Органы управления пневмоприводом.