

Особенности пневматического привода, достоинства и недостатки

Пневматический привод применяется в вентиляционных системах, системах робототехники, криогенной технике, сварочном производстве, химической промышленности, лёгкой, пищевой, горнодобывающей промышленности и многих других.

Область и масштабы применения пневматического привода обусловлены его достоинствами и недостатками, вытекающими из особенностей свойств воздуха. В отличие от жидкостей, применяемых в гидроприводах, воздух, обладает высокой сжимаемостью и малой плотностью в исходном атмосферном состоянии (около 1,25 кг/м³), значительно меньшей вязкостью и большей текучестью.

Достоинства пневматического привода.

1. Простота конструкции и технического обслуживания.

Изготовление деталей пневмомашин и пневмоаппаратов не требует высокой точности изготовления и герметизации соединений, благодаря тому, что возможные утечки воздуха существенно не снижают эффективность работы и КПД системы. Внешние утечки воздуха экологически безвредны и относительно легко устраняются.

2. Пожаро-и взрывобезопасность.

Благодаря этому достоинству пневмопривод не имеет конкурентов для механизации работ в условиях, опасных из-за возможности воспламенения и взрыва газа и пыли, например в шахтах с обильным выделением метана, в некоторых химических производствах, на мукомольных предприятиях, т.е. там, где недопустимо искрообразование.

3. Надёжность работы в широком диапазоне температур, в условиях пыльной и влажной окружающей среды.

Пневмопривод является единственным надёжным источником энергии для механизации работ в литейном и сварочном производстве, в кузнечно-прессовых цехах, в некоторых производствах по добыче и переработке сырья и др. Благодаря высокой надёжности пневмопривод часто используется в тормозных системах мобильных и стационарных машин.

4. Быстродействие.

Поступательное движение штока пневмоцилиндра возможно до 15 м/с и более, а частота вращения выходного вала некоторых пневмомоторов (пневмотурбин) до 100 000 об/мин. Это достоинство в полной мере реализуется в приводах циклического действия, особенно для высокопроизводительного оборудования, например в манипуляторах, прессах, машинах точечной сварки, в тормозных и фиксирующих устройствах, причем увеличение количества одновременно срабатывающих пневмоцилиндров (например, в многоместных приспособлениях для зажима деталей) практически не снижает время срабатывания. Большая скорость вращательного движения используется в приводах сепараторов, центрифуг, шлифовальных машин, бормашин и др.

5. Возможность передачи пневмоэнергии на относительно большие расстояния по магистральным трубопроводам и снабжение сжатым воздухом многих потребителей, например, в железнодорожном транспорте.

6. Отсутствие необходимости в защитных устройствах от перегрузки давлением у потребителей.

Требуемый предел давления воздуха устанавливается общим предохранительным клапаном, находящимся на источниках пневмоэнергии. Пневмодвигатели могут быть полностью заторможены без опасности повреждения, и находиться в этом состоянии длительное время.

7. Безопасность для обслуживающего персонала при соблюдении общих правил, исключающих механический травматизм.

8. Улучшение проветривания рабочего пространства за счёт отработанного воздуха.

Это свойство особенно полезно в горных выработках и помещениях химических и металлообрабатывающих производств.

9. Нечувствительность к радиационному и электромагнитному излучению.

Это достоинство широко используется в системах управления космической, военной техникой, в атомных реакторах и т.п.

Несмотря на вышеописанные достоинства, применяемость пневмопривода ограничивается в основном экономическими соображениями из-за больших потерь энергии в компрессорах и пневмодвигателях, а также других недостатков, описанных ниже.

1. Высокая стоимость пневмоэнергии.

КПД пневмопривода обычно 5-15 %. Во многих случаях КПД может быть 1 % и менее. По этой причине пневмопривод не применяется в машинах с длительным режимом работы и большой мощности, кроме условий, исключаящих применение электроэнергии (например, горнодобывающие машины в шахтах, опасных содержанием газа).

2. Относительно большой вес и габариты пневмомашин из-за низкого рабочего давления.

3. Трудность обеспечения стабильной скорости движения выходного звена при переменной внешней нагрузке и его фиксации в промежуточном положении.

Несмотря на это, механические характеристики пневмопривода в некоторых случаях являются и его достоинством.

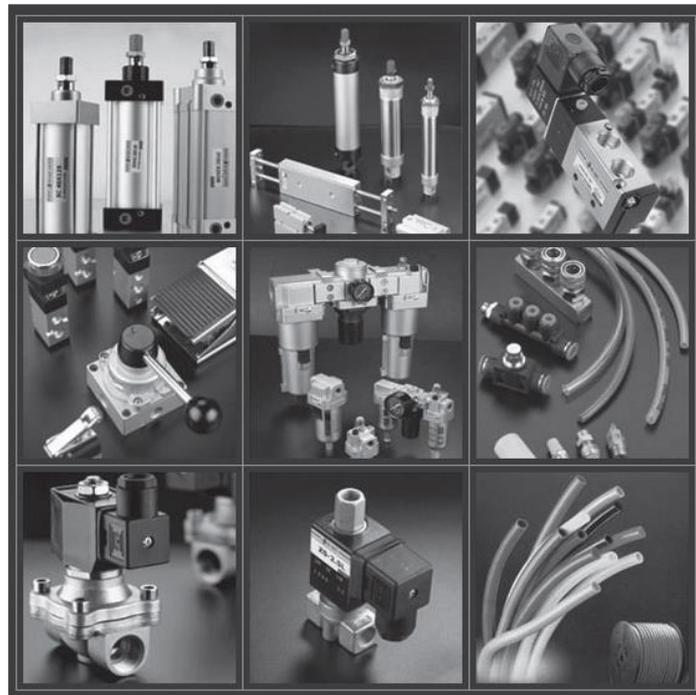
4. Высокий уровень шума, достигающий 95-130 дБ при отсутствии средств для его снижения.

Наиболее шумными являются поршневые компрессоры и пневмодвигатели, особенно пневмомолоты и другие механизмы ударно-циклического действия.

5. Малая скорость передачи сигнала (управляющего импульса), что приводит к запаздыванию выполнения операций.

Скорость прохождения сигнала равна скорости звука и, в зависимости от давления воздуха, составляет примерно от 150 до 360 м/с.

Перечисленные недостатки могут быть устранены применением комбинированных пневмоэлектрических или пневмогидравлических приводов.



Определение размеров исполнительных устройств пневматических приводов

Быстродействие пневмопривода определяется пропускной способностью подводящей и выхлопной магистралей. Поэтому параметры магистралей должны выбираться в соответствии с заданным временем срабатывания устройства. Однако на практике сечение трубопровода и устанавливаемой на нём аппаратуры, выбирается, обычно, равным проходному сечению присоединительных каналов к исполнительному устройству, независимо от требуемого быстродействия. В большинстве случаев результатом такого выбора является или излишняя величина пропускной способности системы, что ведёт к увеличению её габаритов, или недостаточная её величина, в результате чего не обеспечивается скорость срабатывания системы.

Зажимные устройства характеризуются малой величиной рабочего хода и незначительной нагрузкой в период движения рабочего органа.

Площадь поперечного сечения пневмоцилиндра S определяется по заданному усилию $F_{\text{зж}}$ зажима изделия. С учётом коэффициента запаса полагаем, что это усилие создаётся при давлении в рабочей полости, равном $0,9p_m$, где p_m - давление в магистрали, $p_{\text{атм}}$ - атмосферное давление.

$$F_{\text{зж}} = S(0,9p_m - p_{\text{атм}}) \quad (1)$$

$$S = F_{\text{зж}} / (P_m(0,9 - P_{\text{атм}}/P_m)) \quad (2)$$

$$S = \pi D^2 / 4 \quad (3)$$

Из формулы (3) определяем диаметр D пневмоцилиндра.

Расчёт транспортных устройств

Если шток исполнительного устройства расположен горизонтально, то в период движения рабочего органа на поршень действует сила:

$$F=F_1+F_2, \quad (4)$$

где F_1 -сила трения, F_2 - масса перемещаемого груза.

При вертикальном расположении пневмоцилиндра суммарное усилие на поршне:

$$F=F_1+F_2+F_3<(\rho_m \cdot p_{атм})S, \quad (5)$$

где F_3 - вес поршня.

Для определения площади поперечного сечения S пневмоцилиндра зададим параметр нагрузки:

$$\eta=F/\rho_m S \quad (6)$$

η	0,5	0,6	0,63	0,65
ρ_m , бар	4	5	6	7

При горизонтальном расположении пневмоцилиндра:

$$F=F_1+F_2 \quad (7)$$

$$\eta=(F_1+F_2)/(\rho_m S) \quad (8)$$

На основании практических исследований:

$$F_1=\alpha F=\alpha(F_1+F_2), \quad (9)$$

$$\text{откуда } F=F_2/(\alpha/(1-\alpha)) \quad (10)$$

где $\alpha = 0,2$ до $0,3$ – коэффициент, учитывающий силу трения.

После подстановки выражения (9) в (8) и, решая относительно S , получим:

$$S=F_2/(\eta \rho_m (1-\alpha)) \quad (11)$$

Если пневмоцилиндр расположен вертикально и производится подъём груза, то выражение (11) примет вид:

$$S=(F_1+F_2)/(\eta \rho_m (1-\alpha)) \quad (12)$$

Из выражений (11) и (12) и используя выражение (3) определяем диаметр D требуемого пневмоцилиндра. Так как вес F_3 движущихся частей пневмоцилиндра неизвестен, его приближенно задают в зависимости от веса груза F_2 на основании конструктивных соображений.

Выбор цилиндра

При выборе цилиндров чаще всего используются расчётный или табличный методы. Расчётный метод начинают с определения усилия, развиваемого на штоке. Это усилие зависит от диаметра поршня, рабочего давления или сил трения. При определении теоретического усилия рассматривают осевое усилие на неподвижном штоке, а силами трения пренебрегают. Теоретическое усилие на штоке F равно произведению площади S поршня и рабочего давления p :

$$F=Sp$$

Для цилиндра двустороннего действия усилие на штоке определяется по формулам при прямом ходе штока (выдвигении)

$$F_D=h(\pi/4)D^2p,$$

а при обратном ходе (втягивании)

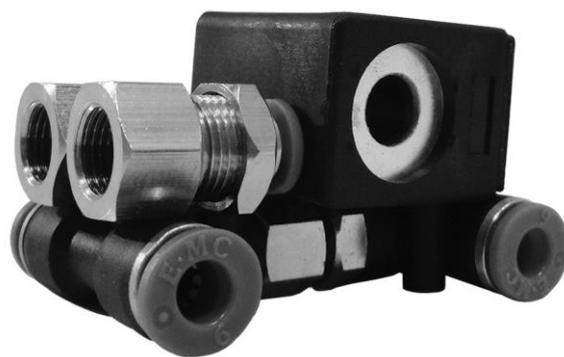
$$F_R=h(\pi/4)(D^2-d^2)p,$$

где h – коэффициент нагрузки ($h=0.7$ при постоянной нагрузке, при знакопеременной динамической нагрузке, $h=1$ при работе с горизонтально перемещаемой нагрузкой с трением), D – диаметр поршня, d – диаметр штока, p – рабочее давление.

Для цилиндра одностороннего действия (с пружинным возвратом) усилие штока на штоке только при прямом ходе

$$F_D= h(\pi/4)D^2p-F_s,$$

где F_s – усилие пружины в конце хода.



Используя расчётный метод, можно решить обратную задачу и при заданной нагрузке на штоке из приведённых формул определить диаметр цилиндра.

Часто при определении размеров цилиндров используется табличный метод. Ниже приведены таблицы для определения теоретической силы для цилиндров двустороннего и одностороннего действия.

Теоретическое усилие цилиндров двустороннего действия (Н)

Данные в таблице приведены для $h=1$.

ø поршня (мм)	ø штока (мм)	Направление действия	Полезн. площадь поршня (мм ²)	Давление (МПа)									
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
6	3	толкание	28.3	5.66	8.49	11.3	14.2	17.0	19.8	–	–	–	
		втягивание	21.2	4.24	6.36	8.48	10.6	12.7	14.8	–	–	–	
10	4	толкание	78.5	15.7	23.6	31.4	39.3	47.1	55.0	–	–	–	
		втягивание	66.0	13.2	19.8	26.4	33.0	39.6	46.2	–	–	–	
16	5	толкание	201	40.2	60.3	80.4	101	121	141	–	–	–	
		втягивание	181	36.2	54.3	72.4	90.5	109	127	–	–	–	
20	8	толкание	314	62.8	94.2	126	157	188	220	251	283	314	
		втягивание	264	52.8	79.2	160	132	158	185	211	238	264	
25	10	толкание	491	98.2	147	196	246	295	344	393	442	491	
		втягивание	412	82.4	124	165	206	247	288	330	371	412	
32	12	толкание	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804	
		втягивание	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691	
40	14	толкание	1260	252	378	504	630	756	882	1010	1130	1260	
		втягивание	1100	220	330	440	550	660	770	880	990	1100	
	16	толкание	1260	252	378	504	630	756	882	1010	1130	1260	
		втягивание	1060	212	318	424	530	636	742	848	954	1060	
50	20	толкание	1960	392	588	784	980	1180	1370	1570	1760	1960	
		втягивание	1650	330	495	660	825	990	1160	1320	1490	1650	
63	20	толкание	3120	624	936	1250	1560	1870	2180	2500	2810	3120	
		втягивание	2800	560	840	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2800	
80	25	толкание	5030	1010	1510	2010	2520	3020	3520	4020	4530	5030	
		втягивание	4540	908	1360	1820	2270	2720	3180	3630	4090	4540	
100	30	толкание	7850	1570	2360	3140	3930	4710	5500	6280	7070	7850	
		втягивание	7150	1430	2150	2860	3580	4290	5010	5720	6440	7150	
125	36	толкание	12300	2460	3690	4920	6150	7380	8610	9840	11100	12300	
		втягивание	11300	2260	3390	4520	5650	6780	7910	9040	10200	11300	
140	36	толкание	15400	3080	4620	6160	7700	9240	10800	12300	13900	15400	
		втягивание	14400	2880	4320	5760	7200	8640	10100	11500	13000	14400	
160	40	толкание	20100	4020	6030	8040	10100	12100	14100	16100	18100	20100	
		втягивание	18800	3760	5640	7520	9400	11300	13200	15000	16900	18800	
180	45	толкание	25400	5080	7620	10200	12700	15200	17800	20300	22900	25400	
		втягивание	23900	4780	7170	9560	12000	14300	16700	19100	21500	23900	
200	50	толкание	31400	6280	9420	13600	15700	18800	22000	25100	28300	31400	
		втягивание	29500	5900	8850	11800	14800	17700	20700	23600	26600	29500	
250	60	толкание	49100	9820	14700	19600	24600	29500	34400	39300	44200	49100	
		втягивание	46300	9260	13900	18500	23200	27800	32400	37000	41700	46300	
300	70	толкание	70700	14100	21200	28300	35400	42400	49500	56600	63600	70700	
		втягивание	66800	13400	20000	26700	33400	40100	46800	53400	60100	66800	