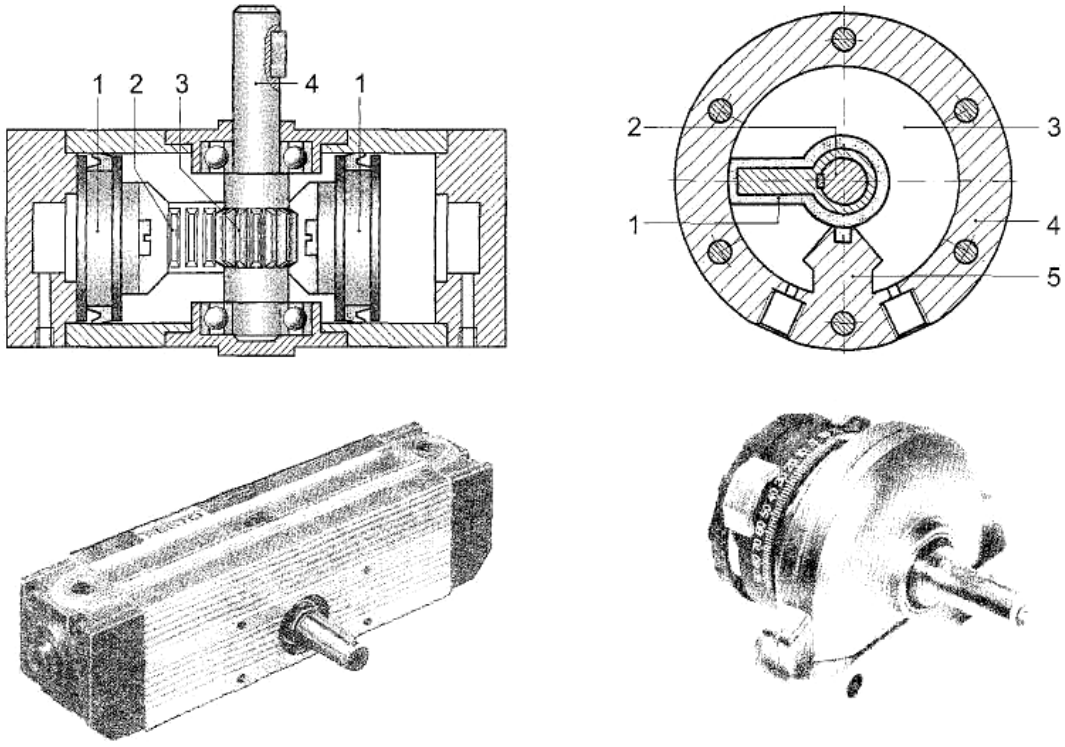
Лекция – 9

1 ПОВОРОТНЫЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ

В конструкциях путевых и некоторых других мобильных машин существует круг задач, в которых требуется не линейное перемещение выходного звена исполнительного механизма, а поворот его на заданный угол в диапазоне от 0 до 360°. Для этого применяют поворотные пневматические двигатели (пневмодвига-тели), чаще всего поршневые или шиберные – пластинчатые.



а) *б*)

Рис. 2.47. Поворотные пневмодвигатели

Поршневой поворотный пневмодвигатель с реечной передачей (рис. 2.47, *а*) выполняют на базе передачи «шестерня–рейка». Шестерня *3* устанавливается на выходном валу *4*, входит в зацепление со штоком-рейкой *2*, который жестко связан с поршнями *1* двух разнонаправленных цилиндров одностороннего действия.

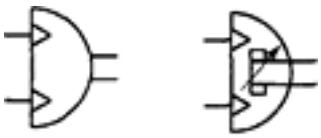
При подаче сжатого воздуха в рабочую полость одного из пневмоцилиндров поршни вместе со штоком-рейкой совершают прямолинейное движение, которое посредством реечной передачи преобразуется во вращательное (в пределах одного оборота) движение вала. Вал связан с объектом, который необходимо повернуть на некоторый угол (например, с захватным устройством промышленного робота).

Очевидно, что поршневые пневмодвигатели можно выполнить таким обра-

зом, чтобы в конце рабочего хода происходило демпфирование, а поршни были снабжены магнитными вставками с целью обеспечения возможности бесконтактного опроса их положения. В некоторых конструкциях предусматривается также регулирование угла поворота.

Максимальный крутящий момент, развиваемый поршневыми поворотными пневмодвигателями, как правило не превышает 150 Н·м (при диаметре поршней 100 мм).

Пластинчатый (шиберный) поворотный пневмодвигатель (рис. 2.47, *б*) устроен таким образом, что сжатый воздух воздействует на жестко закрепленную на выходном валу *2* пластину *1* (шибер), расположенную внутри цилиндрической расточки *3* в корпусе *4*. Чтобы предотвратить перетекание воздуха из одной рабочей полости двигателя в другую пластину выполняют с резиновым либо пластмассовым покрытием. Угол поворота шибера зависит от размеров корпусного ограничителя *5* и в стандартных конструкциях составляет 90, 180 или 270°. Для установки произвольного угла поворота такие пневмодвигатели снабжают внешними передвижными упорами. Они развивают крутящий момент до 250 Н·м.



а) *б*)

Рис. 2.48. Условное графическое обозначение поворотных пневмодвигателей:
а – общее;
б – с демпфированием в конце хода

На принципиальных пневматических схемах поршневые и пластинчатые (шиберные) пневмодвигатели обозначаются одинаковыми символами (рис. 2.48).

Поскольку останов вращающейся массы без демпфирования или при наличии перегрузок создает опасность повреждения шестерни или лопасти, то, выбирая подходящий поворотный двигатель, очень важно правильно учесть моменты инерции приводимых во вращательное движение технологических объектов. Значения их должны быть меньше указываемых в промышленных каталогах предельно допустимых значений для выбранного типоразмера пневмодвигателя.

1.1. ПНЕВМОМОТОРЫ

Пневмодвигатели вращательного действия, или пневмомоторы, предназначены для преобразования потенциальной энергии сжатого воздуха в механическую работу и обеспечивают неограниченное вращательное движение выходного вала. Как и другие устройства, работающие на сжатом воздухе, пневмомоторы имеют ряд преимуществ, которые во многих случаях делают их использование предпочтительным с экономической и технической точек зрения. К этим преимуществам относятся:

– простота регулирования скорости вращения и крутящего момента;

– возможность полного торможения под нагрузкой без ущерба для конструкции и рабочих качеств пневмомотора;

– отсутствие перегрева;

– большой ресурс работы;

– полная взрывобезопасность;

– нечувствительность к неблагоприятным факторам внешней среды (пыль, влага и др.);

– простота монтажа.

1.1.1 КЛАССИФИКАЦИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МОТОРОВ

Существует довольно много вариантов конструктивного исполнения пневмомоторов (рис. 2.49), однако не все они нашли широкое применение.

При эксплуатации пневмомоторов существенное значение имеет такой установившийся режим, при котором достигается максимальная производитель-

ность машины. Этому режиму соответствуют статические характеристики крутящего момента M, мощности N и общего КПД, определяемые теоретически или экспериментально при постоянной частоте вращения n (рис. 2.50).



Рис. 2.49. Классификация пневмомоторов

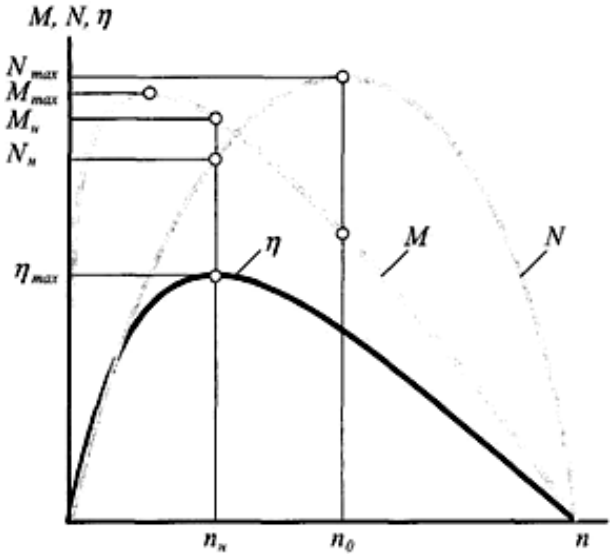


Рис. 2.50. Основные рабочие характеристики пневмомоторов

Как видно на рис. 2.50 мощность пневмомотора достигает максимального значения N_{max} при частоте вращения $n_0 \approx 0{,}5n_{xx}$, где n_{xx} – частота вращения при холостом ходе), крутящий момент имеет наибольшее значение M_{max} при частоте вращения, близкой к нулю.

Номинальной частотой вращения пневмомотора считают такое ее значение, при котором имеет место максимум КПД мотора. Для объемных двигателей общего назначения $n_н = (0{,}30 – 0{,}35)n_{xx}$ наибольшая экономичность работы пневмомотора достигается именно при номинальной частоте вращения, а наибольшая техническая эффективность – при максимальной мощности.

В паспортных характеристиках пневмомоторов обычно указывают максимальную мощность и соответствующую ей частоту вращения при рабочем давлении сжатого воздуха, а также номинальную частоту вращения.

Рабочий процесс любого пневмомотора является обратным по отношению к рабочему процессу компрессора соответствующего типа. Если в компрессоре осуществляется процесс преобразования механической энергии вращательного движения приводного вала в потенциальную энергию сжатого воздуха на выходе,

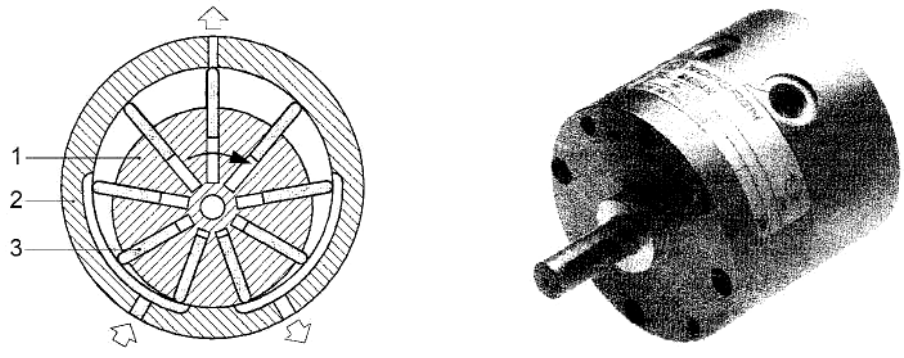
то в пневмомоторе, наоборот, энергия сжатого воздуха, поступающего на вход, преобразуется в механическую энергию вращения вала.

1.1.2 ПЛАСТИНЧАТЫЕ (ШИБЕРНЫЕ) ПНЕВМОМОТОРЫ

Принципиальная конструктивная схема шиберного (пластинчатого) пневмомотора (рис. 2.51) практически не отличается от ранее рассмотренной конструктивной схемы пластинчатого компрессора.

При подаче сжатого воздуха в рабочую камеру пневмомотора возникают силы, которые действуют на пластины *3*, ограничивающие объем камеры. Вследствие эксцентричного расположения ротора *1* относительно статора *2* площади пластин различны, поэтому различаются по величине и действующие на них си-лы. В точке, после прохождения которой объемы рабочих камер начинают уменьшаться, выполнено отверстие для сброса отработавшего воздуха. От равнодействующей всех приложенных сил возникает крутящий момент, приводящий к повороту ротора, в процессе которого увеличиваются объемы части рабочих камер, благодаря чему содержащийся в этих камерах сжатый воздух расширяется. Совершаемая при этом работа расширения преобразуется в дополнительную механическую энергию вращения ротора.

От числа пластин пневмомотора зависят его коэффициент полезного действия (КПД), условия пуска и быстрота разгона (приемистость), а также равномерность вращения. Стандартные конструкции имеют 3 – 5 пластин, в специальных случаях их число увеличивают до 10. Выпускаются как реверсивные, так и нереверсивные пластинчатые пневмомоторы.



а) *б*)

Рис. 2.51. Шиберный пневмомотор

К недостаткам шиберных пневмомоторов относятся необходимость обильной смазки и невысокая герметичность рабочих камер, что приводит к возникновению утечек воздуха, а следовательно, к снижению КПД. Диапазон мощностей пластинчатых пневмомоторов составляет 0,05 – 20 кВт, диапазон частот вращения – 30 – 20 000 об/мин.

Часто в конструкцию пластинчатого пневмомотора входят дополнительные узлы: редуктор (обычно планетарный), обеспечивающий необходимую потребителю частоту вращения, и центробежный регулятор. Последний позволяет ограничить частоту вращения на холостом ходу и обеспечить в определенных пределах ее постоянство при колебаниях нагрузки.

Пластинчатые пневмомоторы широко применяют в разнообразных специальных устройствах и приспособлениях, работающих на сжатом воздухе.

2 ШЕСТЕРЕННЫЕ ПНЕВМОМОТОРЫ

В корпусе *3* шестеренного пневмомотора расположены две находящиеся в зацеплении шестерни *1* и *2* (зубчатые колеса), причем одна из них закреплена на выходном валу или выполнена заодно с ним, а другая свободно вращается на опорах, установленных в корпусе (рис. 2.52).

Сжатый воздух, подаваемый в рабочую камеру, действует на боковые поверхности зубьев шестерен. Возникающие при этом силы, равные произведению давления сжатого воздуха на площадь боковой поверхности зуба, вызывают поворот шестерен, одна из которых вращается по часовой стрелке, а другая – в противоположном направлении. Шестерни могут иметь прямые, косые или шевронные зубья. В случае применения косозубых или шевронных шестерен объемы рабочих камер изменяются в процессе поворота, в связи с чем появляется возможность использовать работу расширения сжатого воздуха.

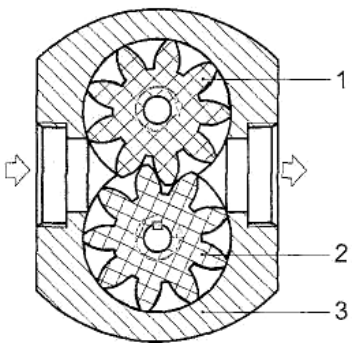


Рис. 2.52. Шестеренный пневмомотор

Максимальная номинальная мощность шестеренных пневмомоторов достигает 70 кВт (для моторов с шевронными шестернями – 330 кВт), номинальная частота вращения обычно не превышает 1000 – 3000 об/мин.

Область применения шестеренных пневмомоторов достаточно широка.

2.1 РАДИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫЕ ПНЕВМОМОТОРЫ

Радиально-поршневые пневмомоторы довольно сложны по конструктивному исполнению, тихоходны (20 – 700 об/мин), имеют большие габариты и массу по сравнению с другими типами двигателей. При этом они обеспечивают значительную величину крутящего момента, а следовательно, как нельзя лучше подходят в тех случаях, когда требуется преодолевать большие нагрузки. Обычно они имеют от 4 до 6 поршней, а диапазон мощностей составляет 1 – 20 кВт.

В поршневых пневмомоторах поршню за счет энергии давления сжатого воздуха сообщается поступательное движение, которое затем преобразуется механическим путем во вращательное движение выходного вала (рис. 2.53).

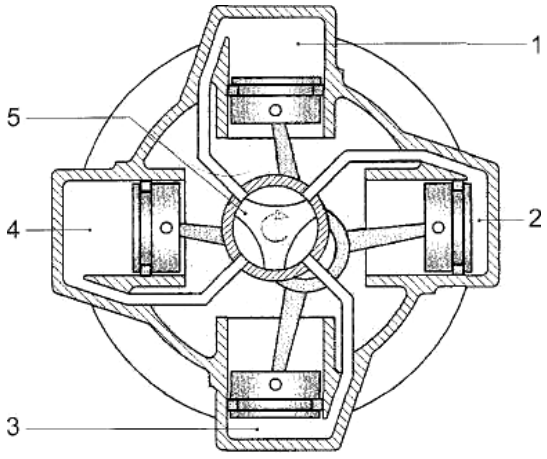


Рис. 2.53. Радиально-поршневой пневмомотор

Сжатый воздух одновременно подается в две рабочие камеры пневмомотора, например *1* и *2*, через крановый распределитель *5*, установленный на выходном валу.

При этом соответствующие поршни, перемещаясь к нижней «мертвой точке», пе-редают усилие на коленчатый вал через свои шатуны. После поворота вала, а вме-сте с ним и распределителя на некоторый угол сжатый воздух подается в рабочие камеры *2* и *3*, а отработавший воздух из камер *4* и *1* сбрасывается в атмосферу также через крановый распределитель. Далее этот цикл повторяется.

Радиально-поршневые пневмомоторы применяют в больших подъемниках, в приводах различных транспортных средств.

2.2 ТУРБИННЫЕ ПНЕВМОМОТОРЫ

В турбинных пневмомоторах кинетическая энергия потока сжатого воздуха преобразуется в механическую энергию вращения выходного вала.

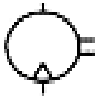
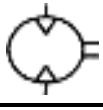
Турбинные пневмомоторы позволяют получать очень высокие частоты вращения (80 000 – 400 000 об/мин) выходного вала и небольшие крутящие мо-менты на нем по сравнению с

частотами и моментами, достигаемыми при исполь-зовании, например, поршневых пневмомоторов. Турбинные моторы применяют для реализации высокоскоростного движения.

В путевых и строительных машинах широкого применения не нашли.

Пневмомоторы, вне зависимости от их конструктивного типа, обозначают на принципиальных пневматических схемах как показано в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Пневмомоторы	Нерегулируемые	
Нереверсивные		
Реверсивные		

9