

12 Пневматические элементы управления и контроля

12.1 Пневмоаппараты

Пневмоаппаратами принято называть пневматические элементы, предназначенные для управления потоками воздуха (газа). Точно так же, как и гидравлические аппараты, их делят на три основные группы: пневмодроссели, пневмоклапаны и пневмораспределители.

Пневмодроссели используют главным образом для регулирования скорости и торможения пневмодвигателей, регулирования скорости заполнения и опорожнения различных емкостей с целью создания требуемых временных задержек и т. п. В качестве настраиваемых (нерегулируемых) и регулируемых пневмодросселей могут быть использованы идентичные гидравлические дроссели любого типа.

В регулируемых пневмодросселях используют запорно-регулирующие устройства кранового, золотникового и игольчатого типов, но наибольшее распространение получили пневмодроссели типа «сопло-заслонка».

Настраиваемые пневмодроссели, как правило, являются составной частью других пневмоаппаратов и устройств и выполняются в виде калиброванных отверстий в деталях или в виде щелей, образованных между двумя деталями (щелевые пневмодроссели).

Регулируемые пневмодроссели выполняют обычно в виде отдельных аппаратов, которые включают в пневмосистему.

Пневмоклапаны выполняют такие же функции, что и гидравлические клапаны, и имеют те же принципы действия. Поэтому любой регулирующий или направляющий гидроклапан принципиально может быть использован в пневмосистеме. Возможные конструктивные отличия, прежде всего запорно-регулирующих устройств, обусловлены более низким давлением в пневмосистемах по сравнению с гидросистемами и повышенными требованиями к герметичности. Эти отличия были рассмотрены на примере редуционного клапана.

В пневмосистемах используют и специфические клапаны, которые в гидросистемах не применяют. Примером такого клапана является клапан быстрого выхлопа. Конструктивная схема клапана быстрого выхлопа и способ его включения в пневмосистему показаны на рисунке 12.1, а. Поршень пневмоцилиндра 1 совершает рабочий ход при подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость. Возврат поршня (холостой ход) совершается под действием возвратной пружины. Для того чтобы ускорить холостой ход, нужно быстро освободить бесштоковую полость от воздуха. Эту задачу и выполняет клапан быстрого выхлопа, который состоит из корпуса 5, крышки 2 и мембраны 3.

Если распределитель 4 находится в исходной позиции, то пневмолиния А соединена с атмосферой, мембрана под действием сил упругости прижата к корпусу клапана и пневмолиния Б соединена с атмосферой через отверстия п, которые располагаются по окружности и имеют большую суммарную

площадь. При подаче управляющего сигнала распределитель 4 переходит в рабочую позицию, соединяя линию А с напорной пневмолинией. Под действием сжатого воздуха мембрана клапана поднимается вверх и прижимается к крышке, перекрывая отверстия п, а линии А и Б соединяются через центральное отверстие в мембране. Сжатый воздух поступает в бесштоковую полость пневмоцилиндра, и его поршень совершает рабочий ход.

При снятии управляющего сигнала распределитель приходит в исходную позицию и мембрана клапана также занимает исходное положение, соединяя бесштоковую полость с атмосферой. Так как клапан быстрого выхлопа всегда устанавливают прямо на пневмоцилиндре, воздух почти беспрепятственно выходит в атмосферу и поршень быстро возвращается в исходное положение под действием даже малого усилия возвратной пружины. На рисунке 12.1, б показано условное обозначение клапана быстрого выхлопа на схемах.

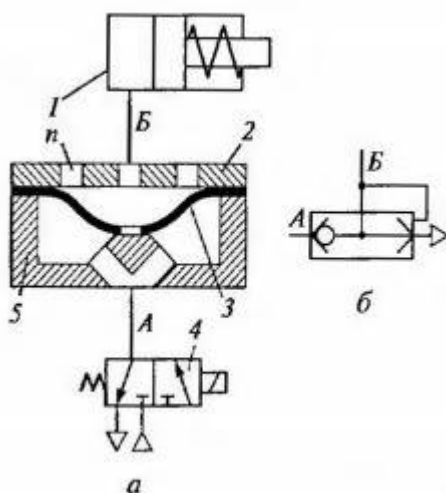


Рисунок 12.1 - Клапан быстрого выхлопа: а - схема включения в пневмосеть; б - условное обозначение; 1 - пневмоцилиндр; 2 - крышка; 3 - мембрана; 4 - распределитель; 5 – корпус.

Пневмораспределители предназначены для изменения направления, пуска и остановки потоков сжатого воздуха. В пневмосистемах широкое распространение получили распределители золотникового типа с запорно-регулирующим устройством в виде цилиндрического золотника. Конструкция таких пневмораспределителей проста и технологична. Основной задачей, которую необходимо решать при их конструировании, является обеспечение герметичности золотника. В отличие от гидрораспределителей этого типа в пневмораспределителях применяют специальные уплотнения, препятствующие утечке воздуха через зазоры между золотником и корпусом (гильзой).

Примером решения этой проблемы является трехлинейный двухпозиционный пневмораспределитель, конструктивная схема которого

показана на рисунке 12.2. В корпус 1 распределителя запрессована гильза 3, относительно которой перемещается золотник 2. Для предотвращения перетечек воздуха через зазоры между гильзой и поясками золотника на поясках установлено эластичное уплотнение, обеспечивающее хорошую герметичность.

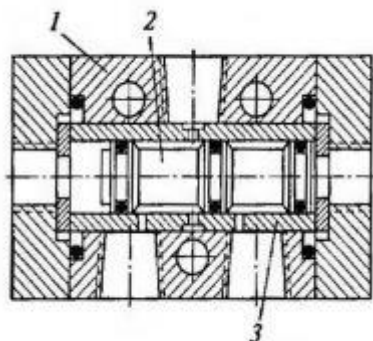


Рисунок 12.2 - Пневматический золотниковый распределитель: 1 - корпус; 2 - золотник; 3 – гильза.

Наряду с золотниковыми, в пневмораспределителях широкое применение получили и клапанные запорно-регулирующие устройства, которые практически не используют в гидрораспределителях из-за больших усилий, требующихся для управления.

На рисунке 12.3 представлена конструктивная схема трехлинейного двухпозиционного пневмораспределителя клапанного типа с ручным управлением. Из напорной пневмолинии сжатый воздух подводится к каналу *a* в корпусе 1 распределителя, канал *b* соединен с атмосферой, а канал *c* - с полостью А поршневого пневмоцилиндра 4 одностороннего действия. В положении рукоятки управления 6, изображенном на схеме, клапан 3 прижат к седлу корпуса, а клапан 5 опущен. Полость А пневмоцилиндра соединена с атмосферой, и поршень пневмоцилиндра под действием возвратной пружины находится в исходном положении. При изменении положения рукоятки 6 клапан 3 опускается, а клапан 5 поднимается, перекрывая выход в атмосферу. Сжатый воздух поступает в пневмоцилиндр, и поршень движется вправо, совершая рабочий ход. Надежная герметизация клапанов осуществляется за счет плоских резиновых или фторопластовых прокладок 2, заделанных в металлические корпуса клапанов.

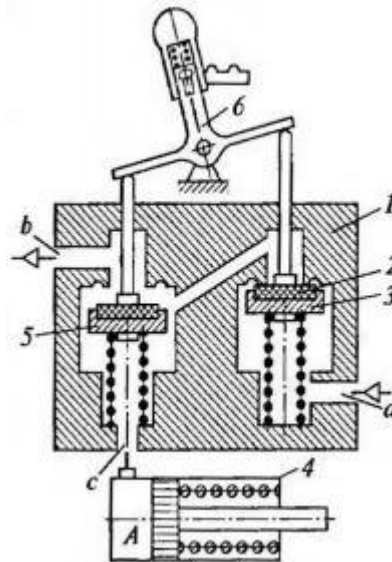


Рисунок 12.3 - Пневматический клапанный распределитель: 1 - корпус; 2 - прокладка; 3,5 - клапаны; 4 - пневмоцилиндр; 6 - рукоятка управления.

Относительно невысокое давление сжатого воздуха и небольшие площади клапанов не создают больших усилий на рукоятке управления. Однако при потоках с большим расходом воздуха в пневмораспределителе требуются большие проходные сечения, и следовательно, большие площади клапанов и большие усилия для управления. В таких случаях используют пневмораспределители непрямого действия. Наибольшее распространение в пневмосистемах получили пневмораспределители с электрическим управлением (рисунок 12.4).

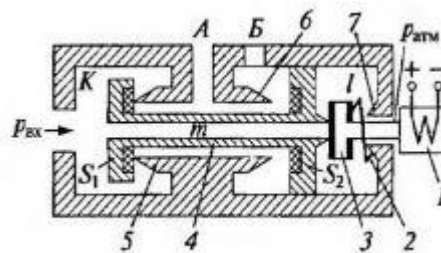


Рисунок 12.4 - Пневматический распределитель с электрическим управлением: 1 - электромагнит; 2 - пружина; 3 - вспомогательный клапан; 4 - основной клапан; 5-7 - седла корпуса распределителя.

В исходном положении при отсутствии управляющего сигнала на электромагните 1 пружина 2 прижимает вспомогательный клапан 3 к седлу корпуса основного клапана 4, перекрывая канал m . Полость 1 сообщена при этом с атмосферой. Давление сжатого воздуха $p_{вх}$, действуя на эффективную площадь S_1 клапана 4, прижимает его к седлу 5 корпуса распределителя. Пневмолиния А соединена с пневмолинией Б. При подаче управляющего

сигнала электромагнит, втягивая якорь, сжимает пружину 2 и прижимает клапан 3 к седлу 7 корпуса распределителя, тем самым закрывая выход из полости 1 в атмосферу и одновременно соединяя ее с полостью К через открытый канал m. Давление сжатого воздуха $p_{вх}$ начинает теперь действовать и на площадь S_2 клапана 4. Так как $S_2 > S_1$ результирующая сила давления перемещает клапан 4 влево и прижимает его к седлу 6, тем самым разъединяя пневмолинии А и Б и соединяя линию А с напорной пневмолинией. При снятии управляющего сигнала распределитель приходит в исходное положение. Такой двухпозиционный трехлинейный пневмораспределитель с электрическим управлением может быть использован, например, в качестве распределителя, представленного на рисунке 12.1, а.

12.2 Логические элементы пневмосистем

Особенности газа, прежде всего его высокая сжимаемость, ограничивают сферу применения пневматических приводов в системах непрерывного действия (аналоговые системы), где требуются плавность хода, равномерность скоростей при изменяющихся нагрузках, точность позиционирования. Поэтому пневмоприводы чаще всего используют в дискретных системах, таких, например, как подача и зажим заготовок при механической обработке, транспортировка деталей от места обработки до места сортировки или складирования, открытие и закрытие люков, задвижек и т. п. Очевидно, что и сигналы управления таким приводом должны быть дискретными, а формировать сигналы должны дискретные элементы управления.

В пневматических системах для формирования дискретного сигнала управления используют пневматические логические элементы, работа которых основана на законах алгебры логики.

12.2.1. Основы алгебры логики

Логика - это наука, изучающая формы мышления, ход рассуждений и умозаключений. Она оперирует понятием высказывание. Под высказыванием понимают предложение, о котором можно судить, является ли оно истинным или ложным. Например, высказывание «Идет снег» будет истинным, если на улице идет снег, или ложным, если погода ясная. Высказывания могут быть простые и сложные. Примером простого высказывания является приведенное выше. Сложное высказывание получается при объединении простых путем использования логических связей, выраженных союзами «и», «или», «если ..., то» и др. Из двух простых высказываний «Деталь бракуется по отклонению размера диаметра от заданного» и «Деталь бракуется по отклонению размера длины от заданного» путем использования логической связи «или» можно построить сложное высказывание «Деталь бракуется при отклонении размеров диаметра или длины от заданных». Первое и второе простые

высказывания будут истинными (деталь бракуется), если будет зафиксировано отклонение размеров от заданных значений, и будут ложными при отсутствии отклонений.

Сложное высказывание будет истинным или ложным в зависимости от того, какими будут простые высказывания. По логике приведенное сложное высказывание будет истинным, если одно из простых высказываний или тем более оба будут истинными. Только если оба простых высказывания будут ложными, указанное сложное высказывание будет тоже ложным.

Алгебра логики переводит логические рассуждения в область алгебраических исчислений высказываний.

Простое высказывание в алгебре логики называется *переменной*, а сложное - *логической функцией*. Вид логической функции определяется видом логической связи. В рассмотренном примере сложное высказывание будет логической функцией «ИЛИ». Для исчисления высказываний используется двоичная система, в которой переменная и функция могут иметь только два значения (ноль или единица). Принимают за условие, что истинное высказывание имеет значение «единица», а ложное - «ноль». Переменные обозначают латинскими буквами x, y, z , а функции - буквой f . Представим теперь логические рассуждения, приведенные выше, в виде таблицы состояний логической функции «ИЛИ» для двух переменных (таблица 12.1).

Таблица 12.1 - Таблица состояний логической функции «ИЛИ»

| x | y | f |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |

Таблица 12.2 - Таблица состояний логической функции «И»

| x | y | f |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Проанализировав численные значения f при различных значениях x и y с учетом того, что в двоичной системе $1+1=1$, можно заключить, что логическую функцию «ИЛИ» в алгебраическом виде можно выразить как $f=x+y$, т. е. как функцию сложения. Реализация этой функции на каких-либо элементах (гидравлических, электрических, пневматических) называется логической операцией «ИЛИ», или операцией логического сложения.

Рассмотрим еще два простых высказывания: «Точильный станок работает только при нажатой кнопке» и «Точильный станок работает только при опущенном экране». С помощью логической связи «И» строим сложное

высказывание «Точильный станок работает только при нажатой кнопке и опущенном экране». Используя принятые обозначения и двоичную систему счета, представим логические рассуждения в виде таблицы состояний логической функции «И» для двух переменных (таблица 12.2).

Алгебраически логическую функцию «И» для двух переменных можно представить как $f=xy$, т.е. как функцию логического умножения. Реализация этой функции называется логической операцией «И», или операцией логического умножения.

Рассмотренные логические функции «И» и «ИЛИ» являются базовыми. Вместе с логической функцией отрицания (функция «НЕ») они являются основой для построения более сложных логических функций.

Логическая функция «НЕ» - функция одной переменной. Она используется в том случае, если переменная будет истинной, а функция - ложной, или наоборот. Другими словами, функция всегда изменяет (переворачивает) значение переменной, поэтому часто функцию «НЕ» называют инверсией, а операцию - инверсированием. Обозначают функцию отрицания как $f=\bar{x}$. Таблица 12.3 представляет таблицу состояния этой функции.

Таблица 12.3 - Таблица состояний логической функции «НЕ»

| | | |
|---|---|---|
| x | 0 | 1 |
| f | 1 | 0 |

12.2.2 Реализация логических операций на мембранных пневматических элементах

Во всех рассматриваемых логических пневматических элементах сигнал, соответствующий функции, и сигналы переменных реализуются в виде потока сжатого воздуха с давлением p , которое приблизительно равно 0,15 МПа. Наличие потока сжатого воздуха в пневмолинии или в канале пневмоэлемента соответствует единице, а отсутствие - нулю.

На рисунке 12.5, а представлена конструктивная схема пневмоклапана «ИЛИ», в котором запорно-регулирующим устройством является мембрана 2, зажата между корпусом 1 и крышкой 3. При отсутствии сигнала мембрана находится в нейтральном положении и каналы a, b, c соединены между собой.

Если в каналы a и c подавать сигналы двух переменных x и y , а из канала b снимать сигнал функции f , то на пневмоэлементе реализуется логическая функция «ИЛИ» (см. таблицу 12.1), т. е. логическое сложение. Действительно, если сжатый воздух подать в канал a ($x=1$), а канал c соединить с атмосферой ($y=0$), то под действием давления сжатого воздуха мембрана сместится вправо, прижмется к седлу корпуса и перекроет канал c . Поток воздуха пройдет в канал b , что означает $f=1$.

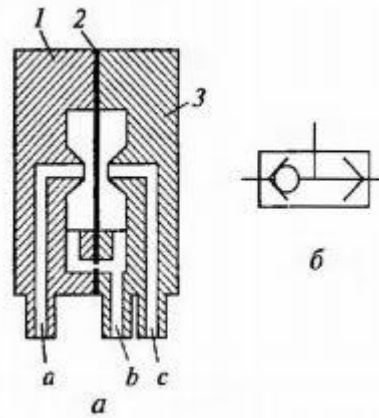


Рисунок 12.5 - Пневмоклапан «ИЛИ» (а) и его условное обозначение (б): 1 - корпус; 2 - мембрана; 3 – крышка.

При комбинации переменных $x=0$, $y=1$ сжатый воздух подается в канал c , мембрана, прижимаясь к крышке, перекрывает канал a , и сжатый воздух поступает в канал b ($f=1$). Если $x=1$ и $y=1$, то сжатый воздух поступает и в канал a , и в канал c . В каком бы положении ни находилась мембрана, воздух всегда поступит в канал b , и только при отсутствии потока сжатого воздуха в каналах a и c ($x = 0$; $y = 0$) в канале b также не будет потока сжатого воздуха ($f=0$). На таком пневмоэлементе реализуется только логическое сложение, поэтому он называется пневмоклапаном «ИЛИ». Его условное обозначение показано на рисунке 12.5, б.

Более универсальным является один из основных элементов унифицированной системы элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА), конструктивная схема которого представлена на рисунке 12.6, а. Запорно-регулирующее устройство этого пневмоэлемента (мембранный блок 1) состоит из трех мембран, зажатых между деталями корпуса, и цилиндрического стержня, жестко соединенного с мембранами. За счет эластичности мембран стержень может подниматься вверх и перекрывать сопло 2 в крышке 5 или опускаться вниз, перекрывая при этом сопло 3 в крышке 4. Сопла соединяются с внешними пневмолиниями через каналы m и n . Между мембранами и корпусом образуются четыре полости А, В, С, D, которые соединяются с внешними пневмолиниями соответственно каналами a , b , c , d .

Центральная мембрана, разделяющая полости В и С, имеет большую эффективную площадь, чем две другие. Поэтому, если подать сжатый воздух в полость В, мембранный блок под действием силы давления на мембрану большей площади опустится вниз.

На рисунке 12.6, б показано условное обозначение этого пневмоэлемента.

Для использования рассмотренного пневмоэлемента в логических операциях необходимо, чтобы он работал в режиме реле. Для этого, во-первых, надо иметь определенное положение мембранного блока, в котором он должен

перекрывать либо сопло 2, либо сопло 3. Поэтому в полости В или С создают постоянный «подпор», подавая туда воздух с давлением $p_{\text{п}} > 0,5p$, где p - рабочее давление питания в пневмосистеме ($p \approx 0,15$ МПа). На условном обозначении эту полость заштриховывают (рисунок 12.6, в).

Во-вторых, соединяют каналы a и n , образуя выход реле.

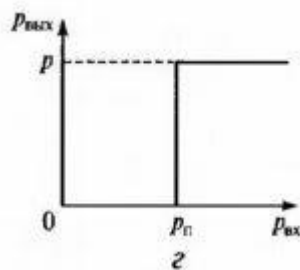
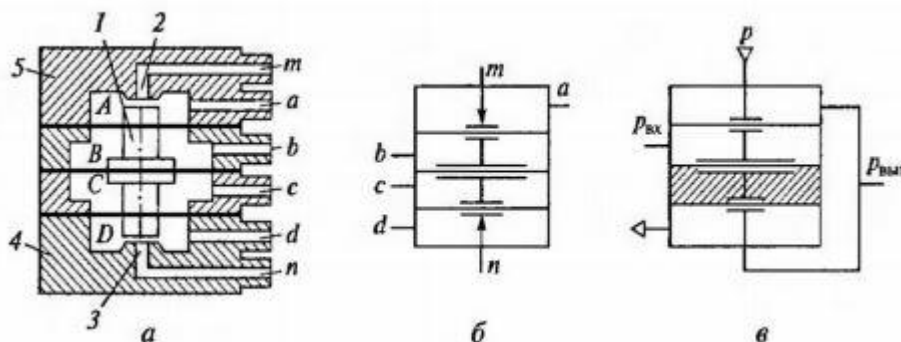


Рисунок 12.6 - Мембранный пневмоэлемент УСЭППА: а - конструктивная схема; б - условное обозначение; в - пневмореле; г - характеристика пневмореле; 1 - мембранный блок; 2, 3 - сопла; 4, 5 - крышки.

На рисунке 12.6, г показана идеальная характеристика такого пневмореле. При $p_{\text{вх}} < p_{\text{п}}$ мембранный блок за счет давления подпора поднят вверх. Сопло 2, к которому подведено давление питания p , перекрыто (см. рисунок 12.6, а). Выход через открытое нижнее сопло 3 соединен с атмосферой ($p_{\text{вых}} = 0$). При $p_{\text{вх}} > p_{\text{п}}$ мембранный блок опускается, открывает верхнее сопло 2 и закрывает нижнее сопло 3. Выход изолируется от атмосферы и соединяется с полостью А, где присутствует давление питания p ($p_{\text{вых}} = p$). Меняя только соединение каналов m, b, c, d с соответствующими пневмолиниями, на пневмореле можно реализовать все основные логические операции, рассмотренные в подразделе 12.2.1.

При реализации операции отрицания каналы пневмореле соединяются с пневмолиниями так, как показано на рисунке 12.7, а.

Рассмотрим работу пневмореле, используя таблицу 12.3. Если $x = 0$, то под действием давления подпора мембранный блок опущен вниз (см. рисунок 12.7, а), сопло, соединенное с напорной пневмолинией, открыто, а нижнее сопло закрыто. Сжатый воздух с давлением p проходит на выход

реле, $f=1$. Если $x=1$, то под действием давления $p > p_n$ мембранный блок перемещается вверх, перекрывает верхнее сопло и открывает нижнее, соединяя тем самым выход реле с атмосферой, $f=0$. Таким образом, реализуется функция $f=\bar{x}$.

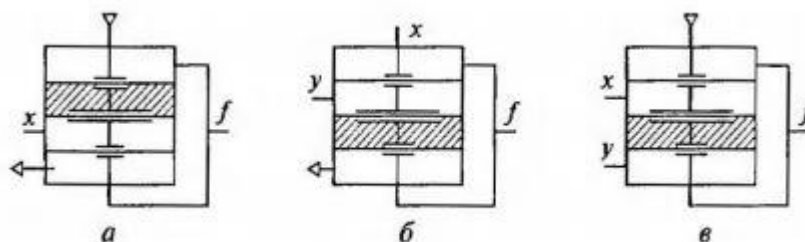


Рисунок 12.7 - Схемы реализации логических операций на пневмореле: а - отрицание; б - умножение; в – сложение.

Изменим подсоединение каналов пневмореле так, как показано на рисунке 12.7, б, и кратко рассмотрим его работу, используя таблицу 12.2.

При $x = 0$ и $y = 0$ мембранный блок находится в верхнем положении под действием давления подпора. Выход реле соединен с атмосферой, $f=0$. Если $x=0$, а $y=1$, мембранный блок смещен вниз. Выход в атмосферу перекрыт, а выход реле соединен с каналом x . Так как $x=0$, то и $f=0$. При $x=1$, $y=0$ мембранный блок, положение которого в этой схеме определяет только значение переменной y , находится в том же положении, что и при $x=0$, $y=0$. Это значит, что $f=0$. Если $x=1$ и $y=1$, то мембранный блок смещен вниз, выход в атмосферу перекрыт, а выход реле соединен с каналом x . Но теперь $x=1$, следовательно, и $f=1$.

Очевидно, что при такой схеме включения на реле реализуется операция логического умножения ($f=xy$).

Снова изменим подсоединение каналов пневмореле, как показано на рисунке 12.7, в, и рассмотрим его работу. В этой схеме положение мембранного блока будет определять только значение переменной x . При $x=1$ мембранный блок всегда опущен вниз и выход реле соединен с напорной пневмолинией, $f=1$. При $x=0$ мембранный блок поднят вверх, сопло, соединенное с напорной пневмолинией, перекрыто. Выход реле соединен с каналом y . В этом случае значение функции f будет зависеть от значения переменной y . Таким образом, при $x=1$ всегда $f=1$, при $x=0$ $f=1$, когда $y=1$, и $f=0$, когда $y=0$. Это соответствует таблице 12.1. Следовательно, на пневмореле реализуется операция логического сложения ($f=x+y$).

Используя различные схемы соединения нескольких реле, можно реализовать и более сложные функции. Основным недостатком всех мембранных пневмоэлементов является то, что их запорно-регулирующие устройства содержат подвижные механические части. Из-за этого снижается быстродействие элементов, уменьшаются их надежность и долговечность, появляются сбои в работе при вибрациях и значительных перегрузках.

Поэтому в современных пневматических системах большее распространение получили струйные пневмоэлементы.

12.2.3 Реализация логических операций на струйных пневматических элементах

Струйные элементы не имеют подвижных механических частей, и их работа основана на взаимодействии потоков газа (струй) между собой или со стенками каналов, по которым проходит поток. Отсутствие подвижных частей делает эти элементы надежными, долговечными и работоспособными в самых сложных условиях эксплуатации. Их быстродействие хотя и уступает электронным элементам, но выше, чем у мембранных пневмоэлементов.

Схемы взаимодействия струй между собой и со стенками каналов представлены на рисунке 12.8.

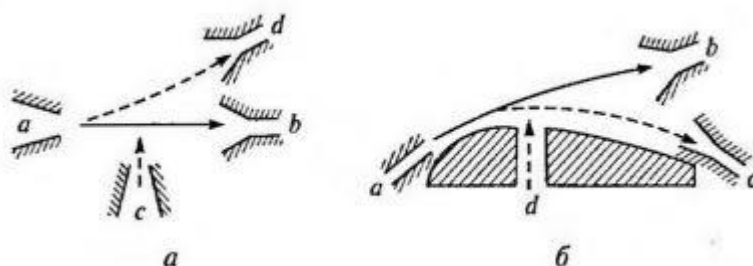


Рисунок 12.8. Схемы взаимодействия воздушных струй: а - двух струй; б - струя с криволинейной стенкой

Если струю воздуха направить только через сопло *a*, то она попадет в канал *b* (см. сплошную стрелку на рисунке 12.8, а). Если же направить струю и через канал *c*, то в результате взаимодействия струй (основной и управляющей) основная струя отклонится и попадет в канал *d* (штриховые стрелки).

Струя воздуха, направленная по каналу *a* (см. рисунок 12.8, б), должна попасть в канал *b*. Но, встретив на своем пути криволинейную стенку канала *c*, струя «прилипнет» к криволинейной стенке и вместо канала *b* попадет в канал *c*. Для того чтобы оторвать струю от стенки и направить ее в канал *b*, необходимо подать управляющую струю воздуха по каналу *d*. В этой схеме сочетается и взаимодействие струи со стенкой, и взаимодействие двух струй. Легко представить, как на струйных пневмоэлементах, построенных по таким схемам, можно реализовать операцию логического отрицания ($f = \bar{x}$).

Если на схеме рисунок 12.8, а канал *b* соединить с пневмолинией, соответствующей функции *f*, канал *c* - с переменной *x*, а канал *d* - с атмосферой, то при $x=0$ $f=1$, а при $x=1$ $f=0$.

Соединив канал c (см. рисунок 12.8, б) с пневмолинией f , канал d - с переменной x , а канал b - с атмосферой, также получим схему операции отрицания.

Если сопла расположить под определенным углом и направить через них одинаковые по мощности струи, то в точке взаимодействия обе струи изменят направление движения и результирующая струя будет направлена в нужный по условиям операции канал. На рисунке 12.9, a представлена схема реализации логического умножения при таком взаимодействии струй. Очевидно, что $f=1$ только при $x=1$ и $y=1$.

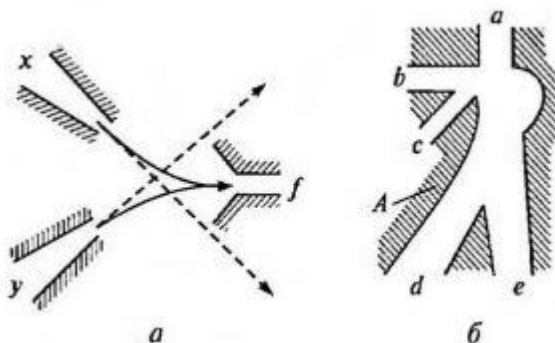


Рисунок 12.9 - Схемы реализации логических функций на струйных пневмоэлементах: а - функция «И»; б - функции «НЕ» и «ИЛИ»

Более универсальными и поэтому более распространенными являются струйные пневмоэлементы, основанные на взаимодействии струй как со стенками каналов, так и между собой. На рисунке 12.9, б показана схема такого пневмоэлемента, позволяющая реализовать несколько логических функций при различных соединениях каналов с пневмолиниями.

Например, логическое отрицание будет реализовано при соединении канала a с напорной пневмолинией, канала d - с функцией f , канала b - с переменной x , каналов c и e - с атмосферой. Струя из сопла канала a , попав в камеру, сразу «прилипнет» к стенке A и попадет в канал d ($f=1$). При подаче управляющей струи по каналу b ($x=1$) она, взаимодействуя с основной струей, оторвет ее от левой стенки и направит в канал e ($f=0$).

Оставив канал a соединенным с напорной пневмолинией, канал d соединим с атмосферой, канал e - с функцией f , b и c - с переменными x и y . Очевидно, что основная струя попадет в канал e ($f=1$) при подаче управляющей струи либо в канал b ($x=1$), либо в канал c ($y=1$), либо в оба канала одновременно. При отсутствии струй в обоих каналах b и c основная струя попадет в атмосферу ($f=0$). Реализуется логическое сложение.

На таком принципе построены современные струйные пневмоэлементы системы «Волга».

Разрез элемента СТ-55 системы «Волга» показан на рисунке 12.10, а. Канал питания 1 всегда подключен к напорной пневмолинии, давление в которой $p = 0,02-0,03$ МПа. Канал 1 через сопло A соединен с диффузором

камеры В. Ось сопла смещена относительно оси диффузора так, чтобы струя воздуха, подаваемая через сопло, всегда «прилипала» к правой стенке камеры В и направлялась в выходной канал 4. Вторым выходом элемента является канал 5. В каналы 2, 3, 6 и 7 в различных комбинациях подаются сигналы управления.

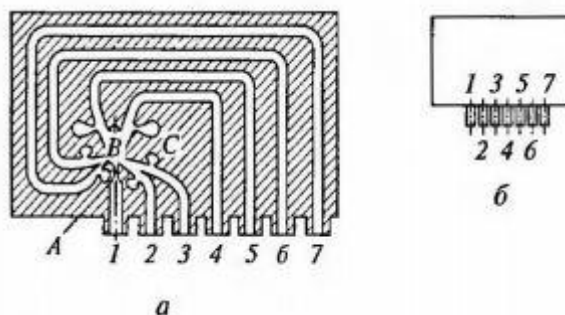


Рисунок 12.10 - Схема внутренних каналов (а) и внешний вид (б) струйного пневмоэлемента СТ-55 системы «Волга»: 1-7 – каналы.

Для устранения возможности появления в каналах остаточных давлений и обеспечения нормальной работоспособности каналы имеют вентиляционные камеры С, соединенные с атмосферой. Пневмоэлемент СТ-55 является базовым элементом. Используя несколько таких элементов и меняя комбинации соединений, можно реализовать практически любые логические функции.

Внешний вид элемента «Волга» показан на рисунке 12.10, б. Конструктивно элементы системы «Волга» представляют собой соединение двух пластмассовых пластин, на которых выполнены канавки, соответствующие определенному рисунку (см. рисунок 12.10, а). Если соединить (склеить) две пластины с зеркальным расположением канавок, то в такой детали образуются соответствующие камеры и каналы, заканчивающиеся цилиндрическими ниппелями, на которые надеваются пластмассовые трубки пневмолиний.

С целью увеличения компактности и сокращения числа пластмассовых соединительных трубок из нескольких элементов системы «Волга» образуют блоки. В этом случае элементы монтируются на общей монтажной плате. Ниппели каждого элемента вставляются в соответствующие отверстия монтажной платы, которые с помощью внутренних каналов соединяются по определенной схеме. Такая конструкция проста и технологична, что обеспечивает низкую стоимость струйных элементов и их блоков.

12.3 Пневматические системы контроля размеров

Основным элементом систем контроля размеров является пневмодроссель «сопло - заслонка». Известно, что площадь проходного сечения такого дросселя $S_{др}$ определяется зазором между срезом сопла и

плоскостью заслонки (рисунок 12.11, а) и равна площади боковой поверхности цилиндра: $S_{др} = \pi d_c z$.

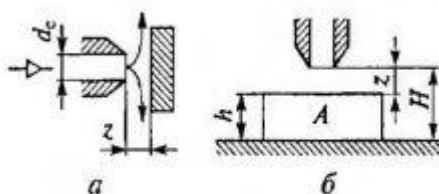


Рисунок 12.11 - Схемы пневматического дросселя «сопло - заслонка» (а) и замера высоты детали h (б)

Если в качестве заслонки использовать поверхность детали А (рисунок 12.11, б), то $z = H - h$, где H - фиксированная высота расположения среза сопла над базовой плоскостью, а h - высота детали А.

Очевидно, что, контролируя каким-то образом $S_{др}$ и, следовательно, зазор z , можно контролировать размер детали $h = H - z$.

В промышленных пневмосистемах используют два способа контроля зазора z : ротаметрический и манометрический.

Ротаметрический способ основан на принципе измерения расхода воздуха через пневмодроссель «сопло-заслонка». Расход воздуха через дроссель при постоянном перепаде давлений будет зависеть от $S_{др}$, т.е. от размера z . Следовательно, если обеспечить постоянный перепад давлений ($p_1 - p_2 = \text{const}$), то, контролируя расход воздуха, можно контролировать величину z и размер детали h . Схема ротаметрической системы контроля размеров представлена на рисунке 12.12, а.

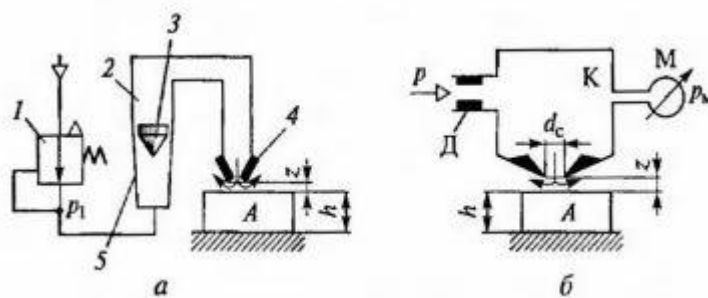


Рисунок 12.12 - Схемы пневматических систем контроля размеров: а - ротаметрической; б - манометрической; 1 - редукционный пневмоклапан; 2 - расходомер; 3 - поплавок; 4 - сопло; 5 - конусная труба

Редукционный пневмоклапан 1 обеспечивает постоянство давления на входе в сопло 4 ($p_1 = \text{const}$). На выходе дросселя давление атмосферное и, следовательно, $p_1 - p_2 = \text{const}$. Расходомер 2 (ротаметр) обеспечивает измерение расхода. По его показанию судят о размерах z и h .

Ротаметр, используемый в данной схеме, работает следующим образом. В прозрачной трубе 5 с небольшой конусностью располагается цилиндрическая деталь (поплавок 3), которая может свободно перемещаться по всей длине конусной трубы с небольшим зазором. Труба 5 располагается вертикально. Если по трубе пропустить поток воздуха, то поплавок 3 относительно трубы займет определенное положение, соответствующее равенству силы тяжести поплавка F_1 силе давления воздуха на поплавок F_2 , направленной вверх и подсчитываемой по формуле

$$F_2 = K \frac{\rho v^2}{2} S,$$

где K - постоянный коэффициент ротаметра; v - скорость воздуха в зазоре между поплавком и стенками трубы; S - площадь поперечного сечения поплавка.

При этом $v=Q/S_T$, где Q - расход воздуха, а S_T - площадь поперечного сечения зазора. При некотором значении Q поплавок расположится в том сечении трубы, где значение скорости v будет удовлетворять равенству $F_1=F_2$. Если Q изменится, то изменится и скорость v в том сечении, где располагался поплавок. Нарушится равенство сил, действующих на поплавок, и он займет какое-то новое положение, при котором снова $F_1=F_2$.

Например, расход повысился до значения Q' , скорость воздуха v в зазоре возросла, увеличилась сила F_2 и стала больше постоянной силы веса поплавка F_1 . Так как труба ротаметра обычно располагается вершиной конуса вниз, поплавок начнет двигаться вверх, пока не дойдет до сечения площадью S'_T , где

$$\frac{Q'}{S'_T} = \frac{Q}{S_T} = v.$$

Скорость потока воздуха в новом сечении будет такой же, как в начальном, и F_2 снова станет равной F_1 что и будет соответствовать новому установившемуся положению поплавка.

При соответствующей тарировке ротаметра по положению поплавка можно судить об изменении расхода через пневмодроссель и, следовательно, об изменении зазора z и размера детали h .

В качестве расходомеров при ротаметрическом способе контроля размеров могут использоваться и другие приборы, например трубка Пито или трубка Вентури.

Манометрический способ основан на измерении давления между двумя последовательно соединенными пневмодросселями. Это давление будет зависеть от соотношения площадей проходных сечений дросселей. Схема манометрической системы контроля размеров представлена на рисунке 12.12, б.

В напорную пневмолинию с давлением p последовательно включены настраиваемый пневмодроссель D и регулируемый пневмодроссель «сопло - заслонка». Между ними расположена камера K , давление в которой p_m измеряется манометром M . Считая давление p и площадь проходного сечения дросселя D постоянными, можно представить:

$$p_m = \frac{A}{B+S_2^2} \text{ или } p_m = f(S_2),$$

где A и B - константы, а S_2 - площадь проходного сечения дросселя «сопло - заслонка».

Поскольку площадь S , зависит от зазора z , и следовательно, от размера детали h , то $p_m = \varphi(h)$. При соответствующей тарировке по показанию манометра M можно судить о размере h .

Следует отметить, что и ротаметрические, и манометрические датчики контроля размеров будут фиксировать изменение зазора z только при условии, что $pd_c z < pd_c^2/4$, т.е. в пределах изменения z от 0 до $0,25d_c$. Таким образом, пределы измерения таких датчиков ограничены диаметром сопла d_c .

На рисунке 12.13 приведены конструктивные схемы некоторых измерительных головок пневматических датчиков контроля размеров, которые используются в массовом производстве.

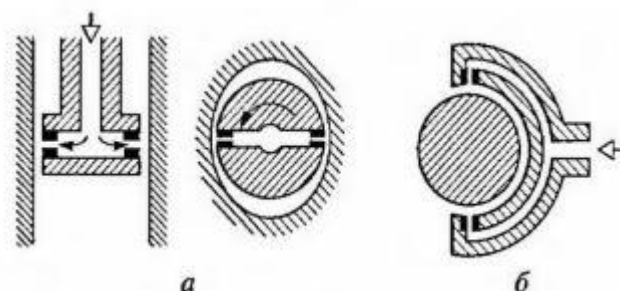


Рисунок 12.13 - Схемы измерительных головок: а - пробка и ее сечение; б – скоба.

На рисунке 12.13, а показана пневматическая пробка, контролирующая размер отверстия. Она позволяет не только контролировать диаметр, но и при относительном повороте пробки и детали измерять овальность. Соблюдение соосности пробки и отверстия необязательно, поскольку датчик будет реагировать на суммарный зазор между соплами пробки и стенками отверстия.

На рисунке 12.13, б показана пневматическая скоба, которая может контролировать и диаметр, и овальность вала.

Очевидным преимуществом пневматических датчиков размеров является то, что они осуществляют бесконтактное измерение. Не изнашивается измерительный инструмент (головка), не нарушается чистота обработки поверхности детали. Кроме того, такие датчики легко включаются

в систему автоматизированного контроля и в общую систему автоматизации технологического процесса.