

Санкт–Петербургский политехнический  
университет Петра Великого

Институт энергетики и транспортных систем  
Кафедра «Турбины, гидромашины и авиационные двигатели»

*А.С. ДОНСКОЙ*

**ОСНОВЫ  
ПНЕВМОАВТОМАТИКИ**

*Учебное пособие*

Санкт-Петербург  
2016

УДК 62-85(075.32)

ББК 34.4472я723

Д 67

Рецензент:

Доктор технических наук, профессор

Санкт–Петербургского политехнического университета Петра Великого

*П.И. Романов*

*Донской А.С.* **Основы пневмоавтоматики:** Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 77 с.

В учебном пособии излагаются основы пневмоавтоматики высокого давления. Рассмотрены условные графические обозначения элементов пневмоавтоматики. Описаны способы реализации операций алгебры логики с применением пневматических элементов, описаны принципы построения пневматических систем.

Пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям и специальностям в области техники и технологии при изучении дисциплины «Теория пневматического привода». Пособие может быть полезно для аспирантов, а также студентов, обучающихся по другим специальностям.

© Донской А. С., 2016

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. НАЗНАЧЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>5</b>
1.1. Классификация пневмоустройств .....	5
1.1.1. Системы высокого давления .....	5
1.1.2. Системы среднего давления (мембранная техника).....	6
1.1.3. Системы низкого давления (струйная техника).....	6
1.2. Применение пневматических систем.....	7
1.2.1. Перемещение объектов .....	7
1.2.2. Создание усилий.....	10
1.2.3. Автоматизация процессов.....	14
1.2.4. Применение воздуха в качестве технологического инструмента.....	15
1.2.5. Область применения пневматических систем.....	15
1.3. Достоинства и недостатки пневмосистем .....	17
Достоинства .....	17
Недостатки.....	19
<b>2. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПНЕВМОСХЕМ .....</b>	<b>20</b>
2.1. Основные положения.....	20
2.2. Примеры построения условных графических обозначений аппаратов	23
2.3. Изображение устройств для подготовки воздуха.....	25
2.4. Изображение исполнительных устройств .....	26
2.5. Изображение пневматических линий .....	26
2.5. Изображение устройств управления пневмоаппаратурой.....	27
3.1. Правила изображения пневмораспределителей .....	29
3.2. Компоновка схемы. Термины и обозначения .....	31
<b>4. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПНЕВМОПРИВОДАМИ .....</b>	<b>36</b>
4.1. Способы построения пневматических систем управления .....	38
Централизованное управление .....	38
Децентрализованное управление .....	38
4.2. Классификация пневмосистем по типу управления.....	39
4.2.1. Управление по положению исполнительных органов .....	39
4.2.2. Управление по времени.....	41

4.2.3. Управление по давлению.....	42
<b>5. АЛГЕБРА ЛОГИКИ В ПНЕВМОСИСТЕМАХ.....</b>	<b>44</b>
5.1. Логические функции.....	45
5.2. Основные законы и соотношения алгебры логики .....	50
5.3. Задание функций с помощью таблицы состояний .....	52
5.4. Реализация логических функций.....	54
<b>6. РЕАЛИЗАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ ФУНКЦИЙ.....</b>	<b>57</b>
6.1. Реализация функций памяти .....	58
6.2. Реализация временных устройств .....	60
6.3. Задержка включения (задержка по переднему фронту) .....	62
6.4. Задержка выключения (задержка по заднему фронту) .....	63
6.5. Импульс на включение (импульсатор) .....	64
6.6. Импульс на исчезающий сигнал.....	64
6.7. Генератор импульсов.....	65
<b>7. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ПНЕВМОСХЕМ .....</b>	<b>66</b>
7.1. Управление пневмоцилиндром одностороннего действия .....	66
7.1.1 Прямое управление с помощью распределителя .....	66
7.1.2. Непрямое управление (усиление потока).....	67
7.1.3. Независимое управление из двух точек. Функция «ИЛИ» .....	68
7.1.4. Совместное управление – блокировка. Функция «И» .....	69
7.1.5. Инвертирование: Функция «НЕТ».....	70
7.2. Управление пневмоцилиндром двустороннего действия.....	71
7.2.1. Переключение потоков.....	71
7.2.2. Прямое управление с помощью распределителя .....	71
7.2.3. Фиксация привода в конечных положениях .....	73
7.2.4. Автоматический обратный ход .....	74
7.2.5. Повторяющиеся ходы .....	75
Литература .....	76

# 1. НАЗНАЧЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Область и масштабы применения пневматических систем достаточно широки. Давление питания в пневматических устройствах зависит от их конструктивного исполнения.

## 1.1. Классификация пневмоустройств

Для питания пневмосистем используют три уровня давления воздуха:

- высокое давление (0,4–1,0 МПа) = 4–10 атм. Па (Паскаль) = Н/м<sup>2</sup>.
- среднее давление (0,1–0,4 МПа) = 1–4 атм.
- низкое давление (менее 0,1 МПа) менее 1 атм. до 0,01–0,02 атм.

В соответствии с величиной используемого давления различают устройства высокого, среднего и низкого давления.

### 1.1.1. Системы высокого давления

В системах высокого давления наряду с воздухораспределительной, контрольно–регулирующей аппаратурой, устройствами для подготовки воздуха применяются и пневматические устройства управления высокого давления: датчики положения, клапаны последовательности, логические элементы и др.

Пневмоустройства высокого давления применяются в системах малой сложности, содержащих небольшое количество взаимодействующих пневмоэлементов. Преимущества ее заключаются в том, что для ее использования используется общий источник питания (цеховая магистраль).

Широко применяются пневматические устройства фирм FESTO (Австрия), SMC (Япония), CAMOZZI (Италия) и др.

### **1.1.2. Системы среднего давления (мембранная техника)**

С усложнением систем управления используется ПА среднего давления – элементы мембранной техники. К ним относятся отечественные устройства УСЭППА, ПЭРА, ЯНТАРЬ и др. Эти устройства отличаются большей компактностью и большим быстродействием. Все элементы построены с использованием мембран из прорезиненного капронового полотна.

### **1.1.3. Системы низкого давления (струйная техника)**

Еще большим быстродействием и минимальными габаритами отличаются устройства низкого давления – устройства струйной техники или пневмоники, работающие при давлении до 0,02 МПа. Эти устройства принципиально отличаются от золотниковых и мембранных элементов тем, что в них нет механических подвижных частей.

Подвижной частью их является струя газа. Работа их основана на взаимодействии потоков воздуха или жидкости. Поэтому срок службы элементов практически не ограничен.

Элементы могут объединяться в единые платы, которые изготавливаются методом печатных схем (травлением, штамповкой, литьем).

Струйные элементы обладают наиболее высоким быстродействием по сравнению с другими элементами пневмоавтоматики (1000 и более срабатываний в секунду).

Они не подвержены радиационным воздействиям, не чувствительны к вибрациям, к колебаниям температур.

К устройствам низкого давления относятся, например, элементы «Волга».

## **1.2. Применение пневматических систем**

Можно выделить следующие основные функции пневматических систем.

1. Перемещение объектов.
2. Создание усилий.
3. Автоматизация процессов.
4. Применение воздуха в качестве технологического инструмента.

### **1.2.1. Перемещение объектов**

Перемещение объектов с помощью пневматических систем может осуществляться следующими способами:

- а) с использованием исполнительных механизмов,
- б) непосредственно самим воздушным потоком.

#### *а). Перемещение объектов с помощью исполнительных механизмов*

Перемещение объектов с помощью различных пневматических механизмов, автоматов, роботов широко применяется при автоматизации производственных процессов, в транспорте, в пищевой промышленности, в легкой промышленности, в электронной и в других областях. На рис. 1.1 показаны примеры применения пневмоприводов для перемещения различных объектов.

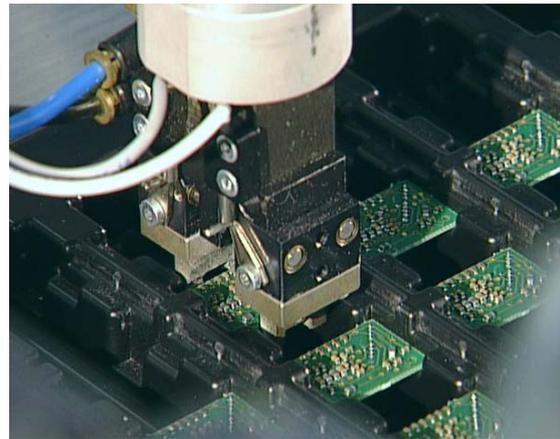


Рис. 1.1. Применение пневмоприводов

*б). Перемещение объектов воздушным потоком*

Перемещение различных сыпучих материалов, отходов производства может осуществляться непосредственно самим воздушным потоком по воздухопроводу. Этот способ транспортирования наиболее широко применяется в легкой, пищевой, горнодобывающей отраслях промышленности. Пылевидные материалы в смеси с воздухом перемещаются на относительно большие расстояния аналогично текучим веществам. Штучные и кусковые материалы транспортируются в специальных капсулах, например, денежные купюры в супермаркетах (рис. 1.2).

Воздух также широко применяется для очистки оборудования путем сдувания стружек и отходов на производствах. Такой же способ сдувания воздухом используется в системах контроля и отбраковки изделий в сочетании с электронными системами.



Рис. 1.2. Пневматическая почта

Так, например, на операциях отделения алмазов от общей смеси телевизионная система анализирует проходящие по конвейеру частицы смеси грунта и алмазов, а пневматика отделяет алмазы от грунта путем сдувания алмазов с конвейера в накопитель. Быстродействие таких систем достигает несколько сотен алмазов в секунду. Это достигается применением быстродействующих малогабаритных пневмораспределителей, частота переключения которых достигает 500 Гц.

Аналогичные пневмосистемы действуют при отбраковке сигарет.

### **1.2.2. Создание усилий**

Создание усилий с помощью пневматических систем может достигаться следующим образом:

- а) использованием пневмоприводов,
- б) за счет создания избыточного давления между пневматическим устройством и объектом,
- в) за счет создания вакуума между пневматическим устройством и объектом.

#### *а). Создание усилий с помощью исполнительных механизмов*

Пневматические системы широко применяются при создании различных машин и механизмов, в которых требуется создавать регулируемые усилия – при создании прессов, тормозных устройств (тормозные колодки в железнодорожном транспорте и др.), зажимных устройств, на испытательных стендах и т.п. (рис. 1.3-1.6).



Рис. 1.3. Пневматический пресс



Рис.1.4. Пневматическое  
захватное устройство



Рис. 1.5. Пневматический стенд  
для испытания кресел



Рис. 1.6. Пневматический тормоз  
в железнодорожном транспорте

*б). Создание усилий за счет создания избыточного давления между пневматическим устройством и объектом*

Пневмосистемы применяются при построении систем на воздушной подушке в транспорте (рис. 1.7) и машиностроении.

Воздух применяется для создания аэростатических подшипников, в которых вал взвешивается в потоке сжатого воздуха (рис. 1.8).



Рис. 1.7. Катер на воздушной подушке

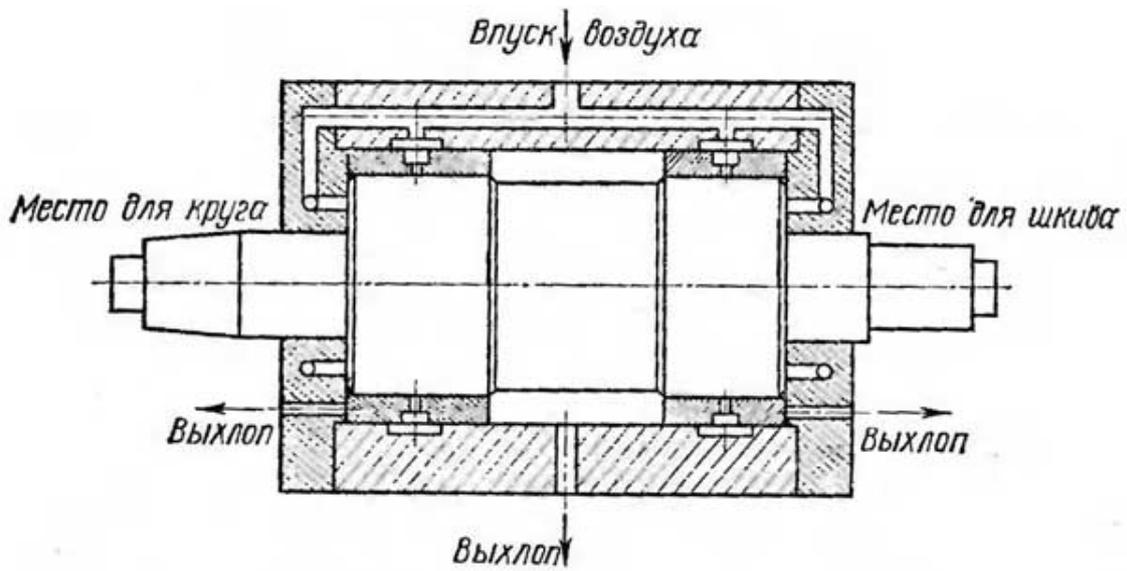


Рис. 1.8. Вал с аэростатическими подшипниками

*б). Создание усилий за счет создания вакуума между пневматическим устройством и объектом*

Иногда пневматические устройства являются единственным средством удержания при подъеме и переносе тяжелых изделий плоской формы (рис. 1.9). В этих случаях используются вакуумные захваты (присоски). Такие устройства применяются для транспортирования листов бумаги, стекла, железа, пластмассы и других материалов.

В отличие от электрических систем, с помощью которых можно переносить магнитом лишь металлические детали, здесь могут быть любые материалы. Например, в строительстве, где невозможно в строительные детали вкрутить рым-болты или обхватить их канатами, с помощью вакуумных захватов переносятся детали весом до нескольких сотен килограммов.

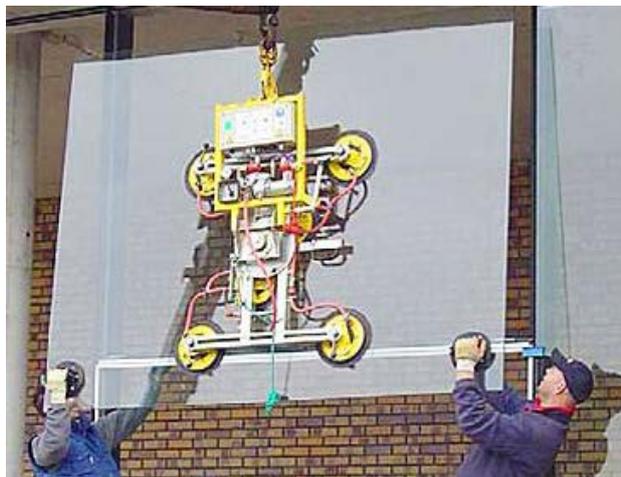


Рис. 1.9. Применение вакуумных захватных устройств

### 1.2.3. Автоматизация процессов

Сжатый воздух широко используется в пневматических системах управления (ПСУ) для автоматического управления технологическими процессами. Широкая номенклатура элементов пневмоавтоматики позволяет реализовать релейные, аналоговые и аналого-релейные ПСУ машинами и автоматами.

В состав ПСУ могут входить пневматические датчики, переключатели, преобразователи, реле, логические элементы, усилители, струйные устройства, командоаппараты и т.д.

Рассмотрим в качестве примера пневматические датчики, номенклатура которых весьма разнообразна.

Пневматические датчики позволяют осуществлять:

- контроль наличия деталей,
- контроль положения (ориентацию),
- контроль и измерение координаты, скорости перемещения деталей, размеров деталей; чистоту поверхности, вес, температуру, давление, расход вещества и др.

Пневматические датчики различают:

- по исполнению: контактные и бесконтактные;
- по назначению: контролирующие и измерительные;
- по способу измерения: цифровые и аналоговые.

Благодаря высокой надежности системы пневмоавтоматики нашли широкое применение для построения систем программного управления различными машинами, роботами в крупносерийном производстве, в системах управления движением мобильных объектов.

#### **1.2.4. Применение воздуха в качестве технологического инструмента**

Довольно широко воздух используется в качестве технологического инструмента, где он выполняет непосредственно операции сушки, распыления, охлаждения, вентиляции и т.п.

#### **1.2.5. Область применения пневматических систем**

Области применения пневмосистем безграничны, начиная от маломощных пневматических систем низкого давления, например, в оптическом оборудовании для проверки внутриглазного давления, и кончая системами большой мощности в пневматических прессах или пневматических бурах для работы с бетоном.

Пневматические системы автоматизации широко применяются:

- в машиностроении,
- в электронной промышленности,
- в автомобилестроении,
- в судостроении,
- в пищевой промышленности,
- в текстильной и легкой промышленности,
- в горнодобывающей промышленности,
- в индустрии упаковки,
- в сетях водообеспечения и энергообеспечения,
- в медицине,
- в транспорте,
- в космических исследованиях и т.д.

Рассмотрим перечень примеров, который иллюстрирует универсальность и многообразие возможностей пневматических систем, применяемых в современной промышленности:

- Металлорежущие станки (подача заготовок или инструментов).
- Пневматические роботы.

- Различные испытательные стенды (приводы и системы управления).
  - Деревообрабатывающие станки (приводы и питатели).
  - Транспортировка деталей или материала.
  - Перекачка воздуха, воды или химикатов (приводы и системы управления).
  - Машины для разлива в бутылки, расфасовки и упаковки.
  - Открытие и закрытие массивных или горячих дверей, в транспорте.
  - Разгрузка бункеров в строительной, сталеплавильной, горнодобывающей или химической промышленности
  - Трамбовка и виброобработка грунта при укладке бетона и асфальта
  - Управление процессами подъема и перемещения в машинах непрерывного литья.
  - Навесное сельскохозяйственное оборудование.
  - Окраска распылением.
  - Обработка древесины и изготовление мебели (зажим и перемещение заготовок).
  - Сборочное производство (зажимные приспособления, фиксаторы).
  - Машины для точечной сварки, клепки, склеивания.
  - Отделение тонкого листового материала сжатым воздухом и подъем при помощи вакуума.
  - Зубоврачебные бормашины и т.д.
- Применение пневмосистем наиболее эффективно в пожаро-взрывоопасных и запыленных зонах, при работе с агрессивными средами, в условиях высоких температур.

### **1.3. Достоинства и недостатки пневмосистем**

#### **Достоинства**

Основные преимущества пневматических систем заключаются в следующем:

1. *Простота конструкции, изготовления и технического обслуживания.* Изготовление пневматических деталей обычно не требует высокой точности, как, например, в гидроприводе. Нет необходимости обеспечивать высокую герметизацию, т.к. возможные утечки воздуха мало влияют на эффективность работы и КПД всей системы. Кроме того, утечки воздуха экологически безвредны.

2. *Пожаро- и взрывобезопасность.* Пневмопривод не имеет конкурентов для механизации работ в условиях повышенной пожаро - и взрывоопасности: например, в шахтах, на мукомольных предприятиях и других производствах, где недопустимо искрообразование. Для пневматических исполнительных устройств отсутствует также опасность перегрева.

Применение гидропривода в этих условиях возможно только при передаче гидроэнергии на относительно большое расстояние, что часто экономически нецелесообразно.

3. *Нечувствительность к радиации и электромагнитным излучениям.* Пневматические системы надежно работают в условиях радиации и при электромагнитных излучениях. Поэтому они широко используются в атомных реакторах, в системах управления космической и военной техникой и т.п. Электрогидравлические системы в таких условиях практически непригодны.

4. *Высокая надежность.* В отличие от гидро- и электропривода пневматический привод отличается высокой надежностью работы в условиях широкого диапазона температур, в условиях пыльной и влажной окружающей среды. Поэтому, например, пневмопривод является единственным надежным устройством для механизации работ в литейном и сварочном производстве, в кузнечно-прессовых цехах, в некоторых производствах по добыче и переработке сырья и др. Благодаря высокой надежности пневмопривод также часто используется в тормозных системах машин.

5. *Большой срок службы.* В пневматических устройствах циклического действия ресурс составляет от 5 до 20 млн. циклов. Для устройств нециклического действия - около 10 - 20 тыс. часов. Это в 2 - 4 раза больше, чем у гидропривода, и в 10 - 20 раз больше, чем у электропривода.

6. *Большие скорости.* Скорость движения штока пневмоцилиндра может составлять 15 м/с и более, а частота вращения выходного вала некоторых пневмомоторов (пневмотурбин) - до 100000 об/мин. Такие большие скорости вращательного движения используются в приводах шлифовальных машин, бормашин, сепараторов, центрифуг и др. Получение больших скоростей в гидроприводе и электроприводе ограничивается их большей инерционностью и отсутствием демпфирующего эффекта, которым обладает воздух.

7. *Экономичность.* По сравнению с гидравлическими системами в пневмосистемах используется централизованная сеть сжатого воздуха, поэтому не требуется дорогостоящей насосной установки, нет необходимости иметь возвратные линии, так как отработанный воздух выбрасывается непосредственно у мест его потребления.

8. *Экологическая чистота.* Пневматическое оборудование само по себе является экологически «чистым», а при надлежащей очистке отработанного воздуха оно может использоваться даже в помещениях с повышенными требованиями по чистоте. Поэтому пневмосистемы широко применяется в полиграфии, легкой и пищевой промышленности.

9. *Безопасность.* В гидро- и электроприводах возможно поражение электрическим током при нарушении изоляции, а также жидкостью в случае разгерметизации трубопроводов.

### **Недостатки**

К основным недостаткам пневмосистем относятся:

1. *Сложность реализации заданных законов движения исполнительных органов,* а также стабильности скоростей при переменной нагрузке.

2. *Малая скорость передачи пневматических сигналов,* что приводит к запаздыванию выполнения операций.

3. *Высокая стоимость пневматической энергии.* КПД пневмопривода составляет обычно 5-15 % и очень редко до 30 %. Иногда КПД пневмопривода может быть 1 % и менее. Гидро- и электропривод имеют КПД, соответственно, около 70 % и 90 %. Поэтому пневмопривод не применяется в машинах с длительным режимом работы и большой мощности за исключением тех случаев, когда применение других типов приводов недопустимо.

4. По сравнению с электронными пневматические системы управления имеют низкое быстродействие, большие габариты и вес.

Для устранения недостатков применяют комбинированные пневмоэлектрические или пневмогидравлические приводы.

## 2. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПНЕВМОСХЕМ

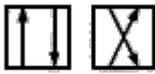
Условные графические обозначения элементов пневмосхем приведены в ГОСТ 2.781-96 соответствует международному стандарту ИСО 1219-91.

### 2.1. Основные положения

1. Обозначения отражают назначение (действие), способ работы устройств и наружные соединения.
2. Обозначения не показывают фактическую конструкцию устройства.
3. Если обозначение не является частью схемы, то оно должно изображать изделие в нормальном или нейтральном положении (в положении «на складе»).
4. Размеры условных обозначений стандарт не устанавливает.

### Принципы построения условных обозначений пневно- и гидроаппаратов

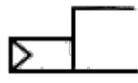
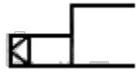
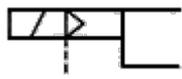
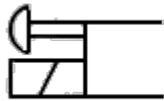
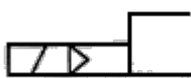
Таблица 2.1

№	Наименование	Обозначение
1	Базовое обозначение: квадрат (предпочтительно) и прямоугольник	
2	Один квадрат (прямоугольник) соответствует одной дискретной позиции	
3	Линии потока изображают линиями со стрелками, показывающими направления потоков в каждой позиции	
4	- закрытый ход в позиции распределителя	

## Обозначения устройств управления

Таблица 2.2

№	Наименование	Обозначение
1	1 Обозначения управления распределителем могут быть вычерчены в любой удобной позиции с соответствующей стороны обозначения аппарата	
2	<i>Линейное электрическое управление</i>	
3	- с одной обмоткой, одностороннего действия	
4	- с двумя противодействующими обмотками в одном узле, двухстороннего действия	
5	<i>Управление подводом или сбросом давления</i>	
6	<i>А. Прямое управление</i>	
7	- воздействие на торцовую поверхность (подводом или сбросом давления)	
8	- воздействие на торцовые поверхности разной площади	
8	- внутренняя линия управления	
10	- наружная линия управления	

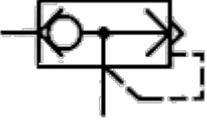
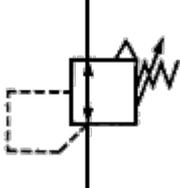
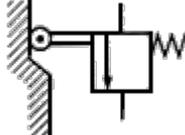
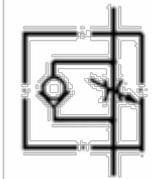
№	Наименование	Обозначение
11	<b><i>Б. Пилотное (непрямое) управление</i></b>	
12	- с применением давления газа в одноступенчатом пилоте (с внутренним подводом потока, без указания первичного управления)	
13	- со сбросом давления	
14	- двухступенчатое управление, например, электромагнит и одноступенчатый, пневматический пилот (наружный подвод потока управления)	
15	- параллельное управление (ИЛИ) (электромагнит или нажимная кнопка независимо воздействуют на аппарат)	
16	- последовательное управление (И) (электромагнит приводит в действие пилот, который приводит в действие основной аппарат)	

## **2.2. Примеры построения условных графических обозначений аппаратов**

В сокращенных записях распределители обозначают дробью, в числителе которой цифра показывает число основных линий, т.е. включая линии управления и дренажа, в знаменателе - число позиций

Таблица 2.3

№	Наименование	Обозначение
1	Распределитель 2/2 Запорный двухлинейный, двухпозиционный с мускульным управлением	
2	Распределитель 3/2 Трехлинейный, двухпозиционный, управление электромагнитом и возвратной пружиной	
3	Распределитель 5/2 Пятилинейный, двухпозиционный, управление давлением в двух направлениях	
4	Клапан обратный: - без пружины;	
5	- с пружиной	
6	- с поджимом рабочей средой, управление рабочей средой позволяет закрывать клапан без возвратной пружины	

№	Наименование	Обозначение
7	Клапан "ИЛИ"	
8	Клапан "И"	
9	Клапан быстрого выхлопа	
10	Клапан редукционный со сбросом давления пневматический	
11	Дроссель регулируемый	
12	Дроссель регулируемый	
13	Дроссель с обратным клапаном	
14	23 Вентиль	
15	24 Манометр	

### 2.3. Изображение устройств для подготовки воздуха

Условные изображения устройств подготовки воздуха показаны на рис. 2.1

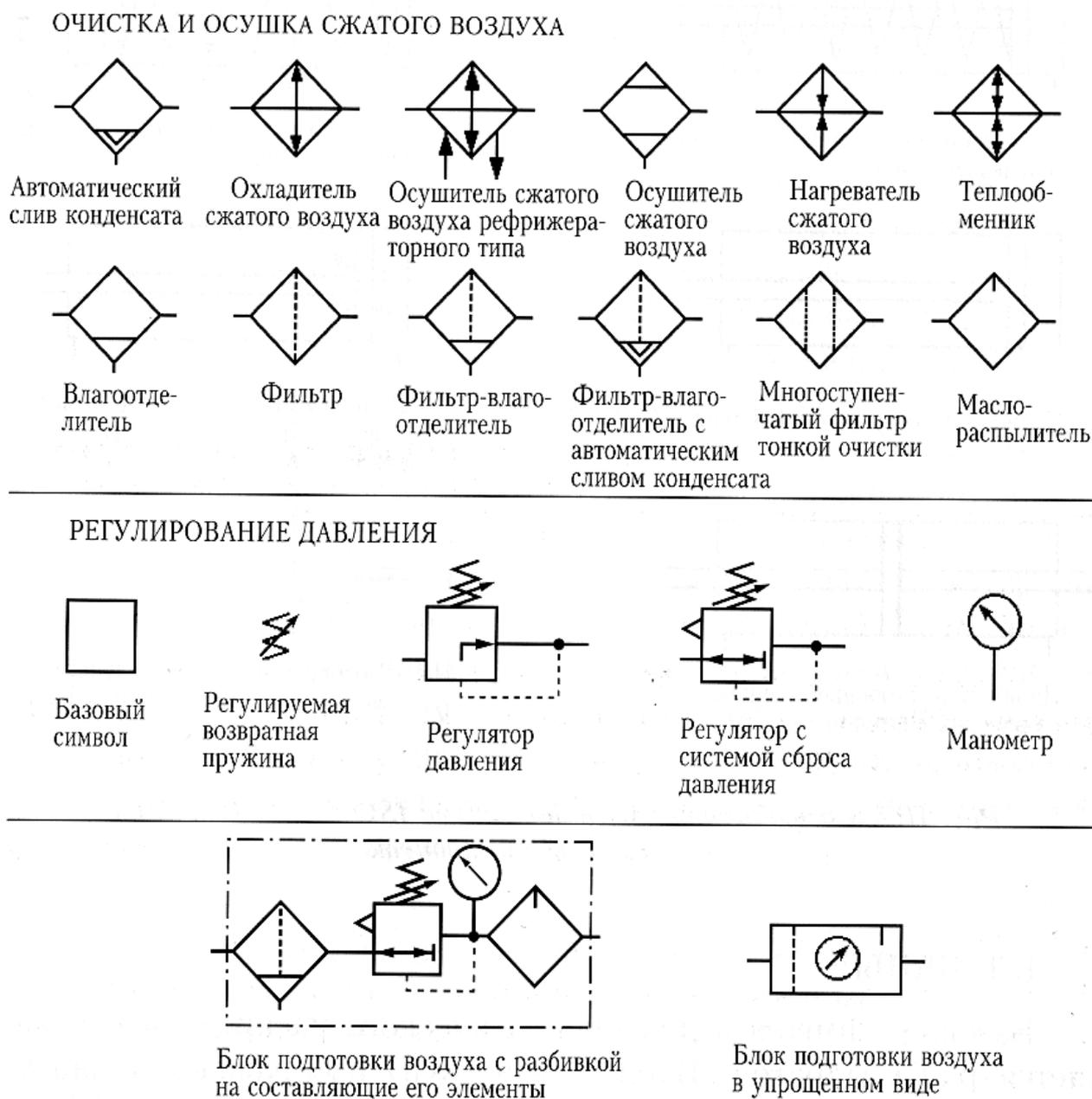


Рис. 2.1. Условные изображения устройств подготовки воздуха

## 2.4. Изображение исполнительных устройств

Поршневые цилиндры и цилиндры других типов изображаются одинаково. Поворотные цилиндры имеют свой символ, независимо от конструктивных особенностей (лопасть, шестерня и т.д.) (рис. 2.2)

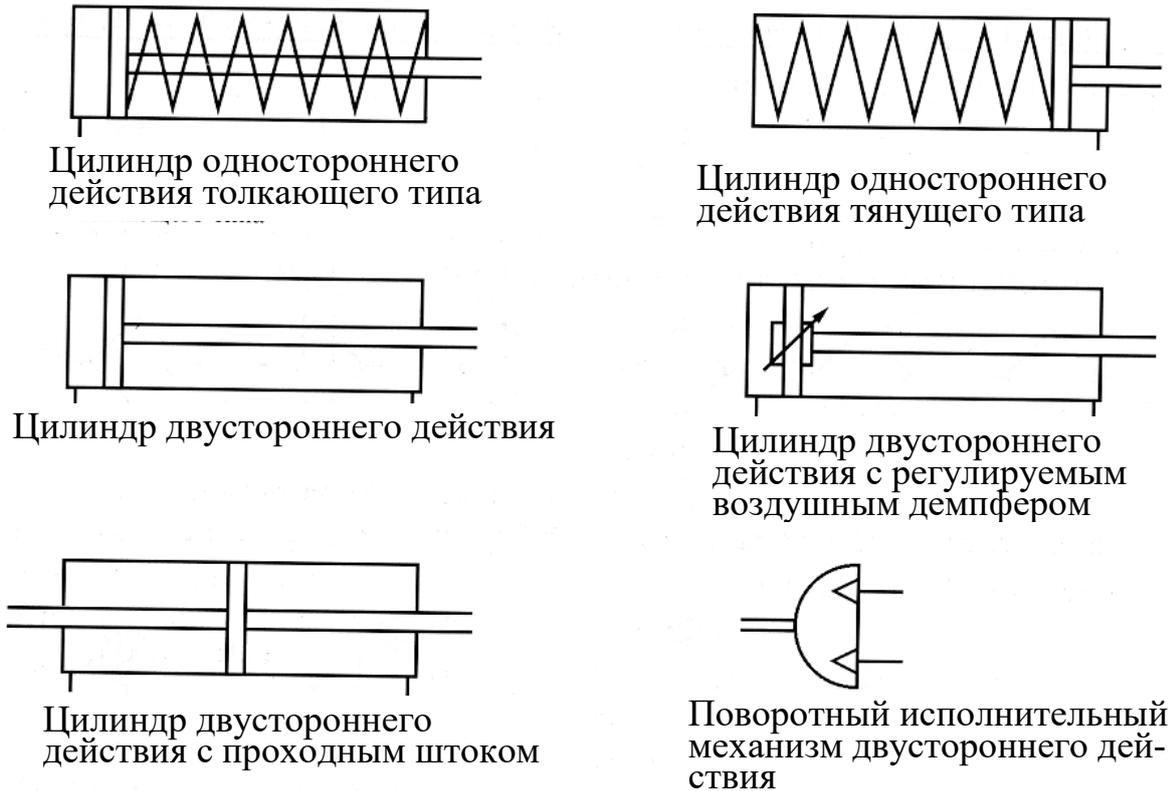


Рис. 2.2. Условное изображение исполнительных устройств

## 2.5. Изображение пневматических линий

Питающий трубопровод обозначается сплошной линией

—————.

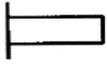
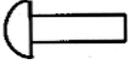
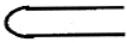
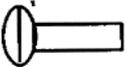
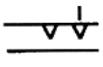
Управляющий трубопровод изображается штриховой линией

-----.

Линии выпуска воздуха изображаются точками (пунктирной)

......

## 2.5. Изображение устройств управления пневмоаппаратурой

-  Возвратная пружина (фактически не устройство управления, а встроенный механизм возврата в исходное положение)
-  Роликовый рычаг
-  Ручные органы управления, обобщенный символ
-  Кнопка
-  Механический толкатель
-  Односторонний роликовый рычаг
-  Рычаг
-  Нажимная-вытяжная рукоятка
-  Фиксатор для механических и ручных устройств управления (превращает моностабильный клапан в бистабильный)
- Управление сжатым воздухом показывается линией пневматического сигнала (пунктир), доходящей до стороны квадрата. Направление прохождения сигнала может быть показано треугольником ▷
-  Воздействие сжатого воздуха в системе вспомогательного управления показывается прямоугольником с заключенным в него треугольником. Этот символ всегда встречается в сочетании с символом, изображающим еще какое-то устройство управления.
-  Прямое электромагнитное управление
-  Непрямое электромагнитное управление

### 3. ПРАВИЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СХЕМ

Принципиальная пневматическая схема вычерчивается для случая, когда пневмопривод находится в исходном положении, и подано давление в магистраль.

При этом все электрические сигналы (для распределителей с электрическим управлением) отсутствуют.

Все элементы схемы изображаются в состояниях, которые соответствуют этим исходным условиям.

Изобразим пневмосхему для случая, когда в исходном положении шток пневмоцилиндра втянут (рис.3.1).

Так как сигнал управления на распределитель не поступает, то под действием пружины распределитель «сдвинут» влево, поэтому все подключения выполнены в правой половине распределителя.

В соответствии с принятой схемой пневмораспределителя силовые линии от пневмоцилиндра изображаются таким образом, чтобы при отсутствии электрического сигнала управления давление подавалось в штоковую полость, а поршневую полость соединяют с атмосферой.

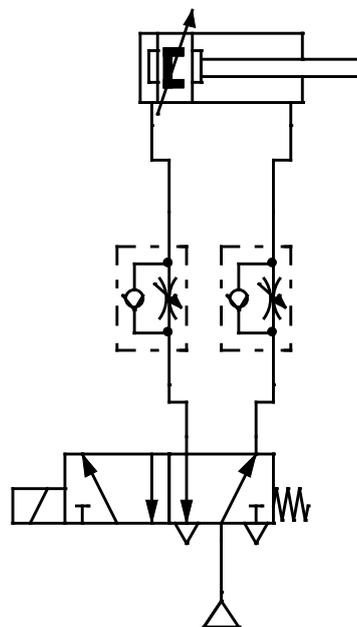


Рис. 3.1. Изображение пневмоцилиндра

### 3.1. Правила изображения пневмораспределителей

1. *Распределители с пневмоуправлением* могут изображаться в исходном и рабочем положениях.

2. *Распределители с электромагнитным управлением* показываются только в исходном положении.

На рис. 3.2 нормально замкнутый пневмораспределитель 1 изображается в исходном положении. Распределитель 2 также находится в исходном положении, поскольку отсутствует давление на его управляющем входе.

На рис. 3.3 используется нормально открытый пневмораспределитель 3 с электроуправлением, поэтому на управляющий вход распределителя 4 с пневмоуправлением поступает давление воздуха  $P_y$ .

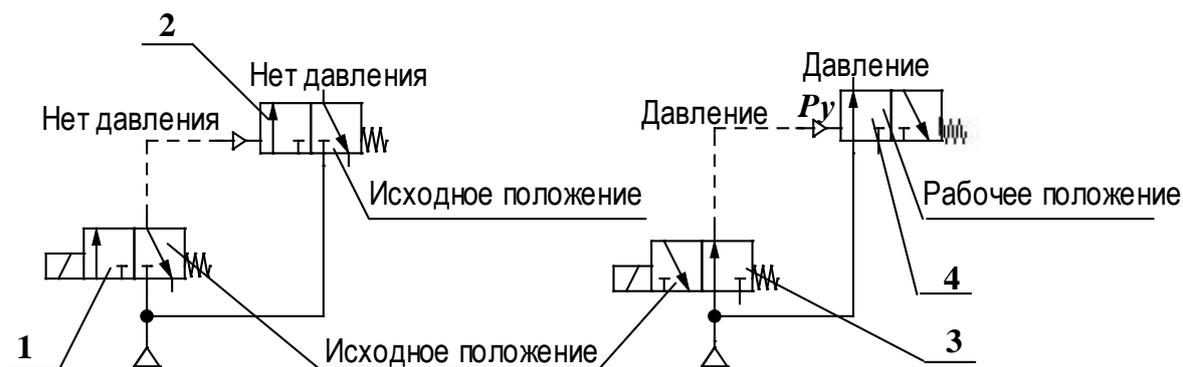


Рис. 3.2

Рис. 3.3

пределителя 4 с пневмоуправлением поступает давление воздуха  $P_y$ .

Под действием этого давления нормально закрытый распределитель 4 с пневмоуправлением «сдвинут» право, т.е. находится в рабочем положении, поэтому все подключения изображаются на левой половине распределителя.

### 3. Распределители с механическим управлением

Путевые выключатели изображаются как в исходном, так и в рабочем положении (рис. 3.4).

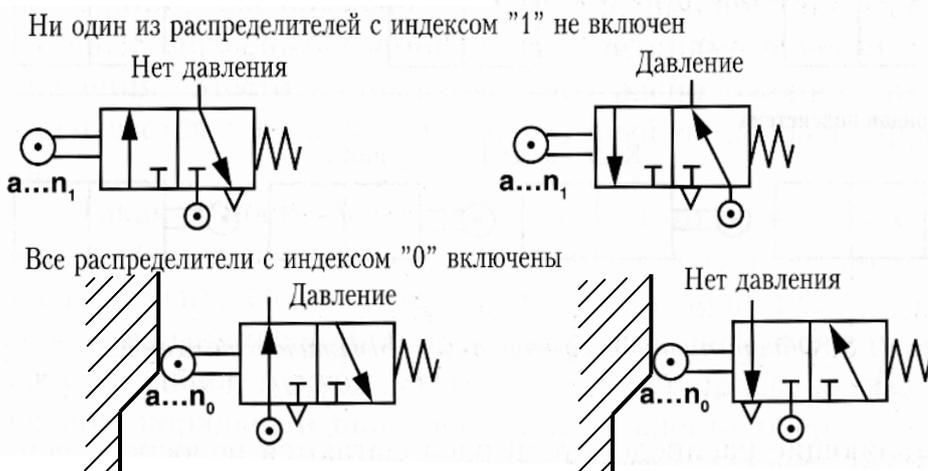


Рис. 3.4. Изображение путевых выключателей

Моностабильные распределители с механическим управлением никогда не изображаются в рабочем состоянии (Рис.3.5).

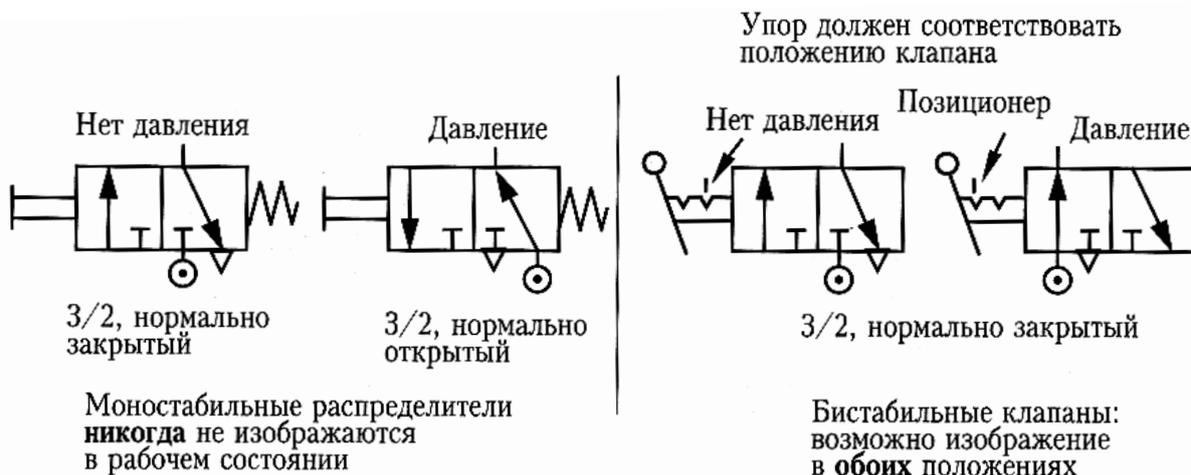


Рис. 3.5

Рис. 3.6

Бистабильные клапаны могут изображаться в обоих положениях (рис. 3.6).

### 3.2. Компоновка схемы. Термины и обозначения

Принципиальная пневматическая схема изображается из условия, что сигналы управления и поток энергии направлен снизу-вверх, а последовательность операций рабочего цикла - слева направо.

Таким образом, на схеме блок подготовки воздуха изображается в левом нижнем углу, а пневматический цилиндр, выполняющий первый ход, - в левом верхнем углу и т. д.

Пневмосхема условно разделяется на три горизонтальных уровня, которые соответствуют своим подсистемам (рис. 3.7).

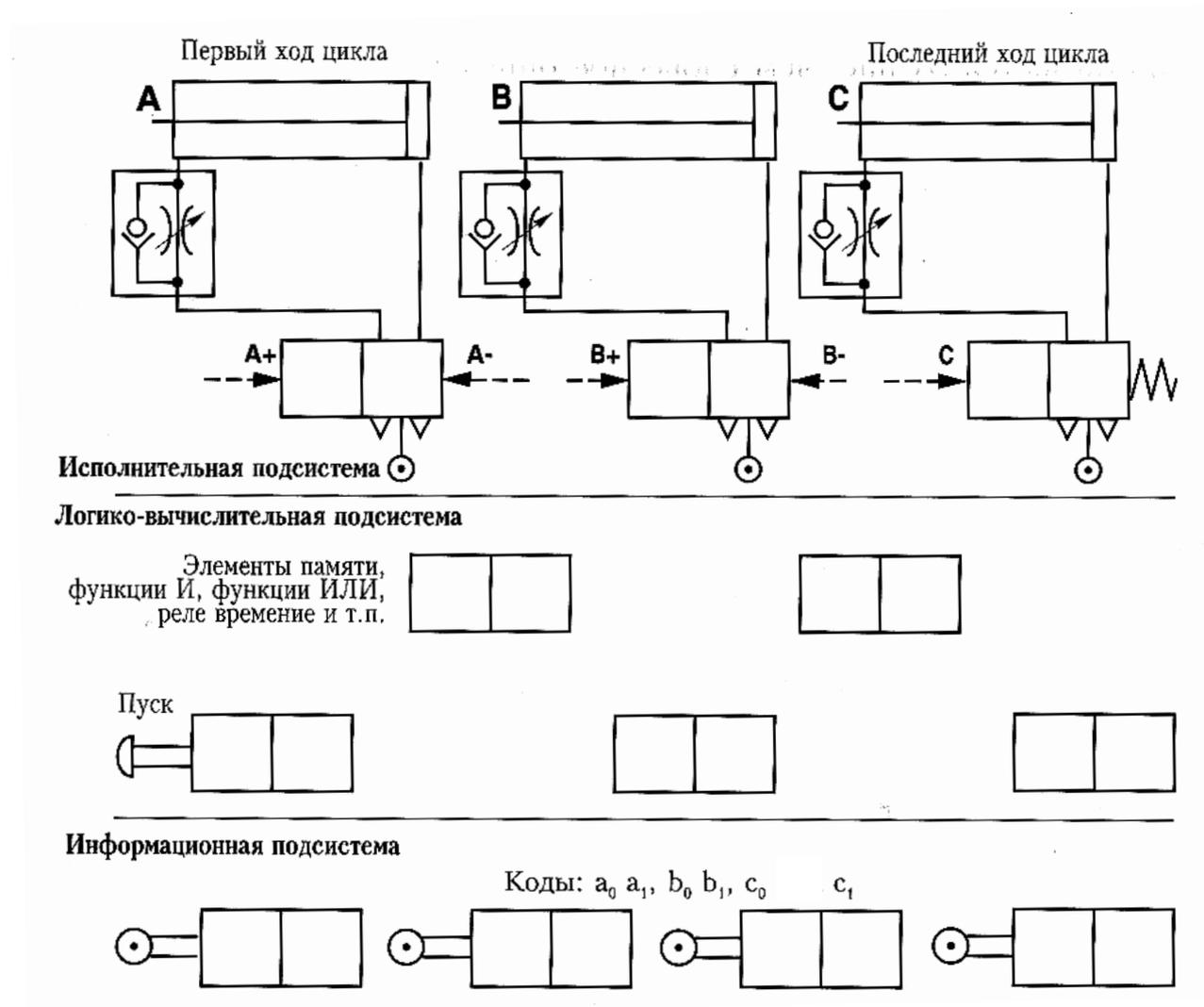


Рис. 3.7. Принцип компоновки пневмосхемы

## 1. Исполнительная подсистема

Исполнительная подсистема изображается в верхней части схемы (рис. 3.7). В нее входят пневмодвигатели и управляющие распределители, которые изображают непосредственно под соответствующими пневмодвигателями.

Пневмодвигатели обозначаются заглавными буквами: *A*, *B*, *C* и т.д.

Буквы можно присваивать в алфавитном порядке в порядке расположения на схеме, либо в соответствии с последовательностью операций рабочего цикла.

Можно также обозначать буквой по названию рабочей операции.

Исходное положение исполнительного механизма называется положением «0» или «нулевым положением».

За исходное положение принимают фактическое положение движущихся частей машины. При этом шток поршня в случае использования пневмоцилиндра может находиться как в выдвинутом, так и во втянутом положении.

Противоположное положение называется положением «1».

При построении пневмосхем, не связанных с конкретной технологической задачей, за исходное положение будем считать состояние с втянутым штоком.

Команды на перемещение каждого исполнительного механизма из положения «0» в положение «1» обозначают буквой, соответствующей буквенному обозначению исполнительного механизма со знаком «+» и называют положительной: *A+*, *B+*, *C+*.

Соответственно команда на обратное движение будет называться отрицательной и обозначаться со знаком «-»: *A-*, *B-*, *C-*.

## 2. Логико–вычислительная подсистема

Для решения определенных технологических задач могут устанавливаться дополнительные распределители, клапаны И, ИЛИ, реле времени, элементы памяти и т.д., образующие логико-вычислительную подсистему. Логико–вычислительная подсистема изображается в средней части схемы (рис. 3.7).

## 3. Информационная подсистема

В информационную систему, которая изображается в нижней части схемы (рис. 3.7), в чисто пневматических схемах входят распределители 3/2 с роликовыми рычагами (путевые выключатели), которые подают сигналы при достижении исполнительными органами конечных положений.

Датчики или путевые выключатели на схеме и соответствующие им сигналы обозначают теми же строчными буквами, что и соответствующие им исполнительные механизмы. Например, датчик *b* подает сигнал *b*.

Сигналы (датчики) от датчиков, которые распознают исходное, т.е. нулевое положение исполнительного механизма, обозначают с индексом «0»:  $a_0, b_0, c_0$ .

Сигналы (датчики) от датчиков при противоположном, т.е. противоположном положении исполнительного механизма, будут обозначаться с индексом «1»:  $a_1, b_1, c_1$ .

Символы путевых выключателей для каждого пневмодвигателя изображают на одной горизонтальной линии. При этом желательно, чтобы вертикальные линии, по которым от выключателей идут выходные сигналы, попадали без изгибов в место своего назначения.

Место фактического положения путевых выключателей на механизме указывают с помощью соответствующих буквенных обозначений  $a_1, a_0, b_0, b_1, c_0, c_1$  (рис. 3.8).

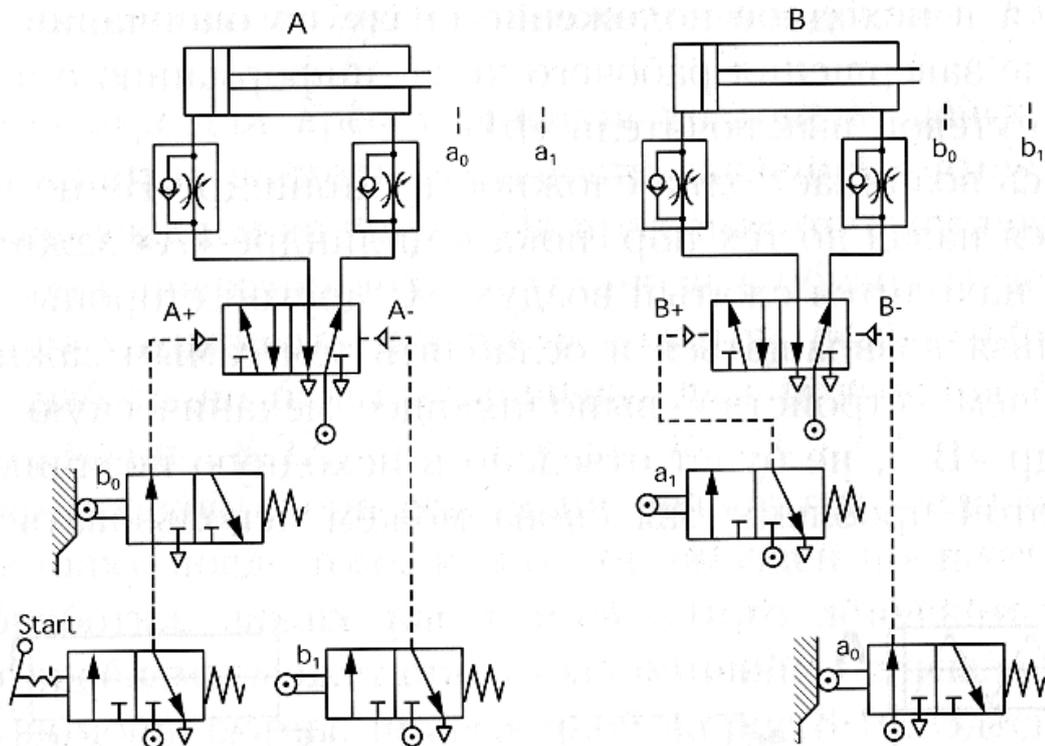


Рис. 3.8. Пример изображения элементов на пневмосхеме

Давления, выдаваемые путевыми выключателями, называют сигналами.

Пневматические сигналы на включение пневмораспределителей, которые управляют исполнительными механизмами, называются командами.

В некоторых простых пневмосхемах сигнал может быть одновременно и командой.

На рис. 3.9 изображена пневматическая схема с указанием трех горизонтальных уровней, которые соответствуют своим подсистемам.

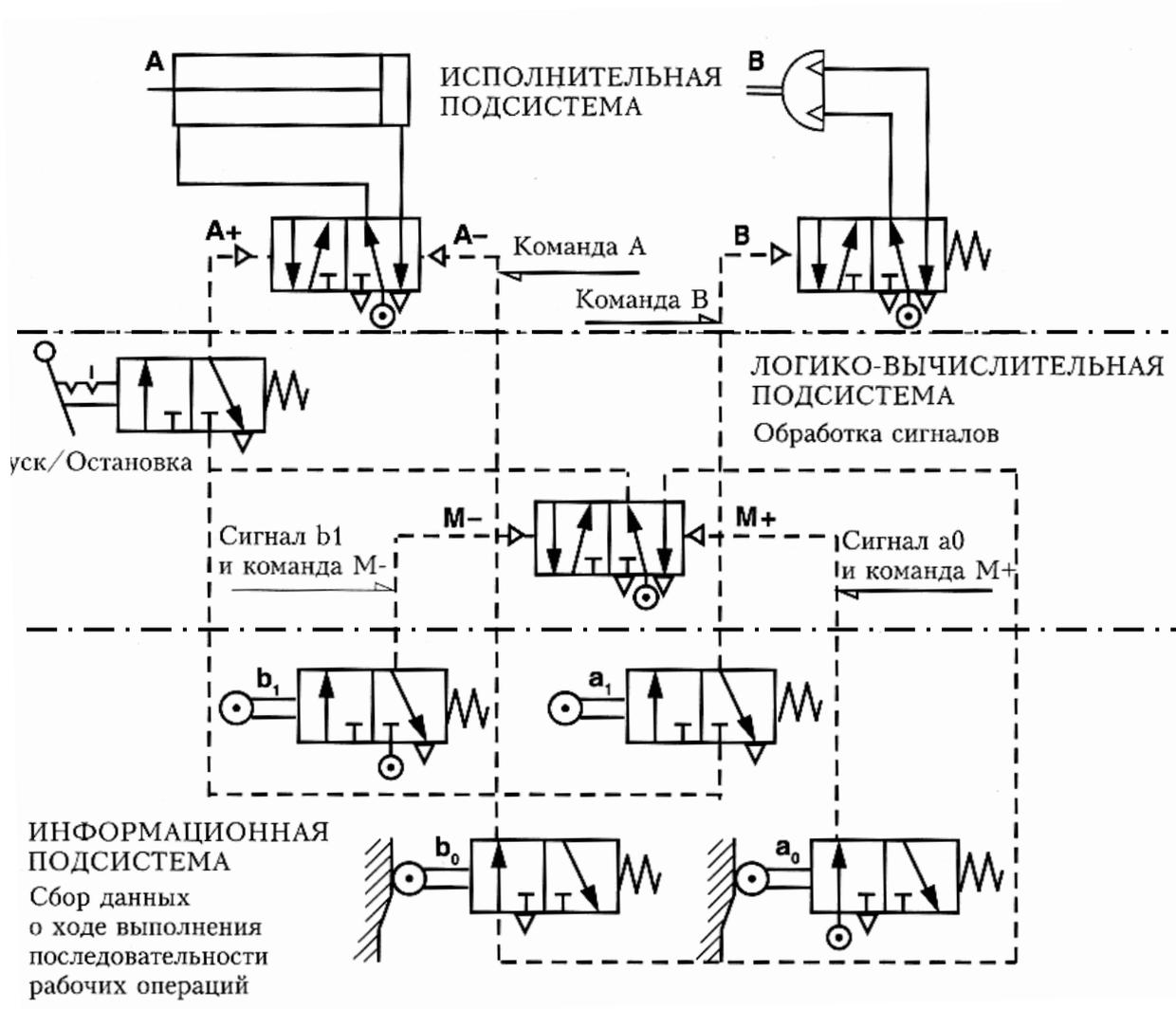


Рис. 3.9. Схема исполнительного механизма с указанием подсистем

## 4. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПНЕВМОПРИВОДАМИ

Система управления пневмоприводом должна обеспечивать переключение пневмораспределителей в соответствии с заданными условиями работы.

Существуют различные методы задания условий работы приводов:

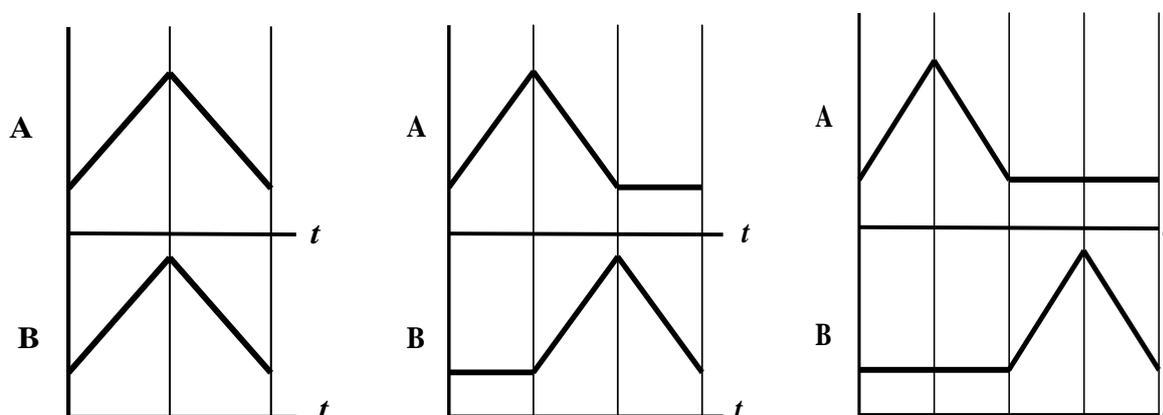
- 1 – с помощью циклограммы,
- 2 – табличным способом,
- 3 – словесным способом,
- 4 – с помощью графов и т.д.

При проектировании машин с жесткими звеньями условия работы обычно задаются в виде циклограмм.

**Циклограмма** представляет собой графическую зависимость перемещения исполнительных органов от времени.

Рассмотрим пример циклограмм устройства с двумя исполнительными органами (рис. 3.10).

Возможны следующие варианты циклограмм для двух пневмоприводов.



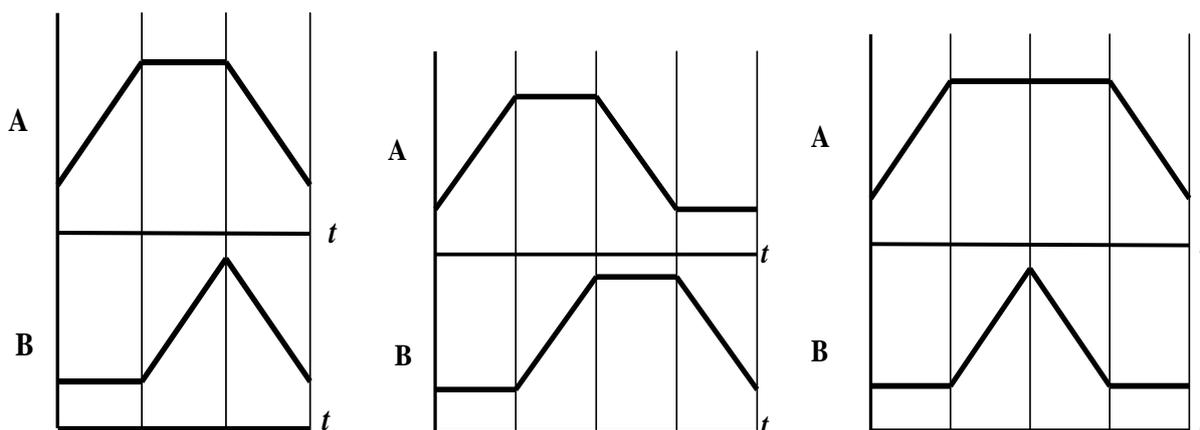


Рис. 3.10. Циклограммы устройств с двумя пневмоприводами

Такие циклограммы имеют многие устройства, например,

- пневматический автомат по утрамбовке бытового мусора,
- автомат для наклейки этикеток на упаковки,
- пневматический пресс,
- автомат для сварки пленки,
- автомат для изготовления корпусов фотоаппарата и т.д.

**Циклом** называется определенная последовательность перемещений рабочих органов, по окончании которых они возвращаются в исходное положение.

Работа машины заключается в последовательном выполнении цикла за циклом.

В машинах с пневматическими приводами время цикла не определено, так как скорости перемещения рабочих органов зависят от ряда условий и могут регулироваться.

Циклы разбиваются на такты.

**Тактами** называются последовательные комбинации состояний исполнительных устройств, отличающиеся состоянием хотя бы одного из них.

Выполнение одной и той же заданной циклограммы может быть обеспечено разными пневмосхемами, вид которых зависит от способа построения пневмосистемы и типа управления.

#### **4.1. Способы построения пневматических систем управления**

По способу построения различают централизованные и децентрализованные системы.

##### *Централизованное управление*

В централизованных системах используются командозадающие устройства, которые последовательно в каждом такте выдают сразу группу сигналов на различные устройства, срабатывающие в этом такте.

В качестве командозадающих устройств могут использоваться программируемые контроллеры:

- электронные,
- пневматические (на стандартной аппаратуре: струйные элементы, мембранные, аппаратура высокого давления);
- пневмомеханические (дополнительно в качестве элементов памяти используются шарики, мембраны, фиксаторы и др.),
- механические командоаппараты в виде вала с регулируемые кулачками или упорами, которые при вращении вала нажимают на соответствующие переключатели и подают сигналы на переключение пневмораспределителей.

##### *Децентрализованное управление*

Пневмосистемы с децентрализованным управлением позволяют решать задачи любой сложности. Такие системы представляют систему определенным образом взаимосвязанных между собой двухпозиционных устройств. Такие системы могут быть созданы на основе любых 3, 4 и 5 – линейных двухпозиционных пневмораспределителей.

При построении более сложных пневмосхем применяются специальные пневматические устройства (мембранные и струйные), которые отличаются высоким быстродействием и малыми весогабаритными параметрами.

## **4.2. Классификация пневмосистем по типу управления**

По типу управления пневматические системы с централизованным и децентрализованным управлением подразделяются на три группы:

- 1) с управлением по положению рабочих органов;
- 2) с управлением по времени;
- 3) с управлением по давлению.

### **4.2.1. Управление по положению исполнительных органов**

В системах управления по положению (рис. 4.1 и рис. 4.2) крайние положения рабочих органов контролируются датчиками положения.

Датчики положения подают в систему управления сигналы о положении рабочих органов, на основании которых формируются сигналы управления.

В централизованных системах эти сигналы поступают в командозадающие устройства (командоаппараты шагового типа), которые в ответ выдают очередную группу сигналов для выполнения следующего такта.

В децентрализованных системах сигналы от датчиков положения поступают непосредственно на соответствующие распределители или логические устройства.

На схемах на рис. 4.1 и Рис. 4.2 такими сигналами являются сигналы +А и -А, поступающие на 5-линейный пневмораспределитель с двусторонним управлением (бистабильный пневмораспределитель).

В качестве пневматических датчиков положения в пневматических системах применяются различного типа нормально закрытые или нормально открытые трехлинейные распределители.

В пневматическую систему управления могут входить также и другие пневматические элементы: пневмотумблеры, пневмокнопки для включения системы, логические элементы, устройства для задержки времени и др.

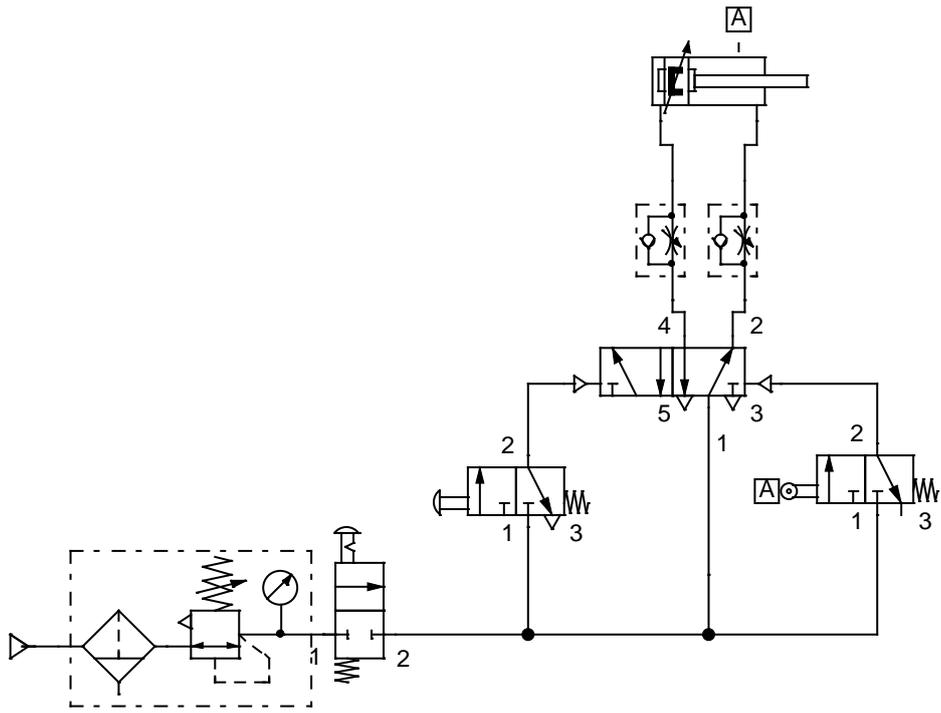


Рис. 4.1. Схема управления по положению штока в конце хода

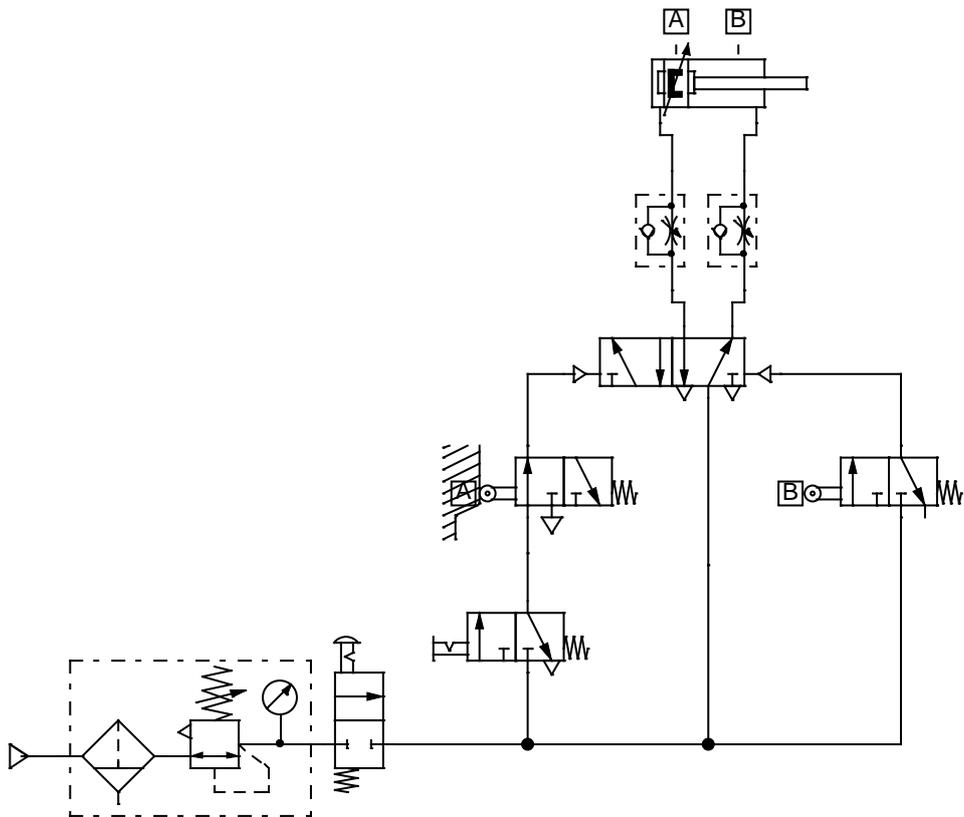


Рис. 4.2. Схема управления по положению штока в начале и в конце хода

#### 4.2.2. Управление по времени

В ряде случаев на исполнительных органах машин нет возможности установить датчики положения, контролирующие выполнение операции. В таких случаях используют системы *управления по времени*.

При централизованном управлении командозадающее устройство в подобных системах представляет собой сдвигающий регистр, в котором сдвиги проходят с частотой тактовых импульсов.

Если используется механический командоаппарат, то в таких системах вал вращается с постоянной скоростью, а моменты времени, в которые поступают сигналы управления, определяется профилями кулачков или же величиной угла расположения на валу упоров. Циклы будут повторяться до тех пор, пока не будет выключен двигатель вращения вала командоаппарата.

Преимущество способа управления по времени заключается в его простоте (нет лишних трубопроводов от конечников или проводки от электрических датчиков).

Недостатком является жесткая последовательность команд независимо от того, выполнены ли действия предыдущего такта или нет. Отсутствие контроля за выполнением предыдущих тактов может привести к нарушению работы машины. В этом случае требуется заведомо завышать продолжительность некоторых тактов, чтобы наверняка гарантировать срабатывание исполнительных устройств, что приводит к снижению быстродействия машины.

При децентрализованном управлении время отдельных периодов (тактов) может быть задано с помощью реле времени, включенных в схему последовательно (рис. 4.3).

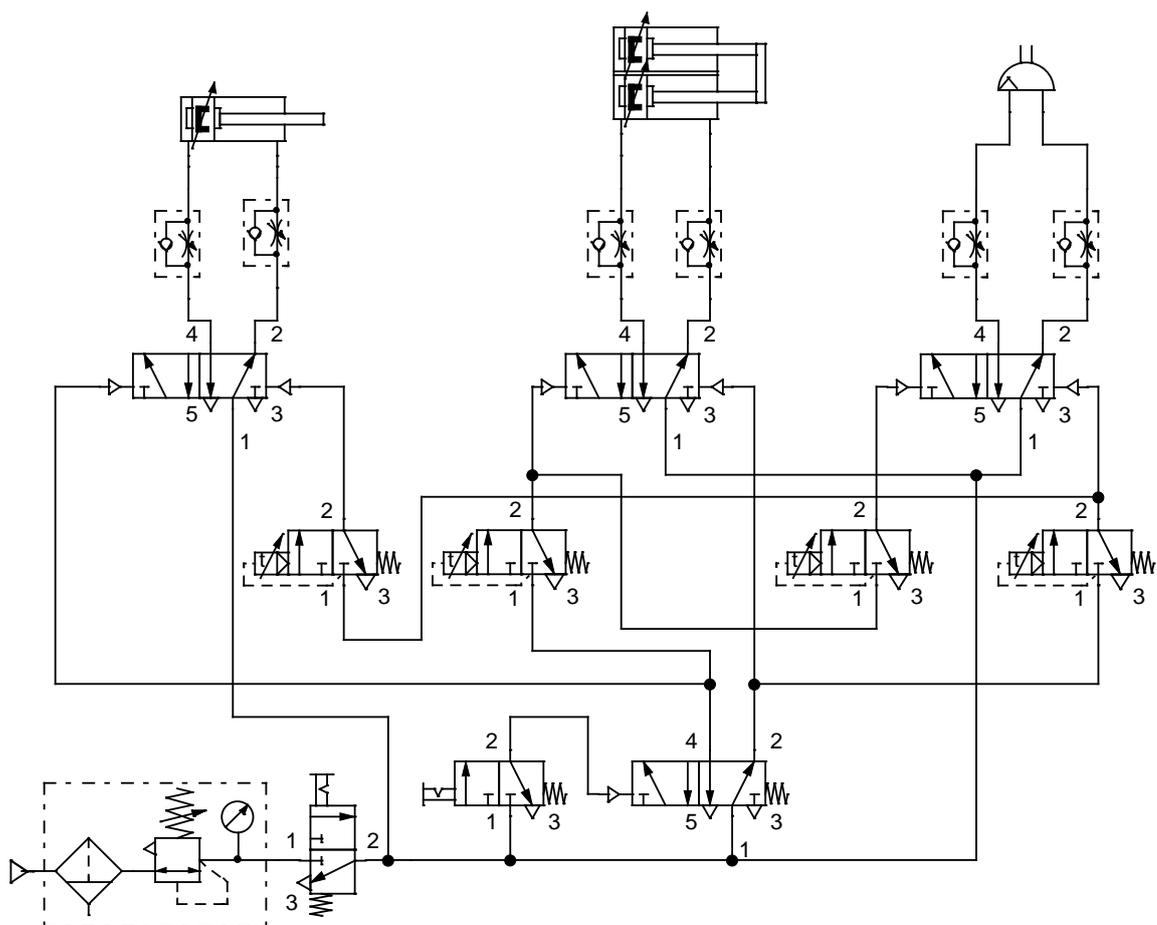


Рис. 4.3. Пневмосхема управления по времени.

### 4.2.3. Управление по давлению

Системы управления по давлению применяются в случаях, когда шток в соответствии с технологическим процессом выдвигается на разную величину или же когда невозможно установить датчик в выдвинутом положении штока. В этих случаях сигнал на выполнение следующего такта может формироваться специальными устройствами (клапанами последовательности).

На рис. 4.4 изображена схема управления по давлению. Работа пневмосхемы начинается по сигналу пневмокнопки 1. В результате распределитель 2 переключается, и начинается выдвигание штока пневмоцилиндра 3. Как только в конце хода давление в полости нагнетания достигнет заданной величины (определяется настройкой клапана 4), достаточной для выполнения технологической операции (клейка, прессо-

вание и т.п.), клапан 4 срабатывает и подает сигнал на переключение распределителя 2. В результате шток пневмоцилиндра втягивается.

Недостаток систем управления по времени и по давлению заклю-

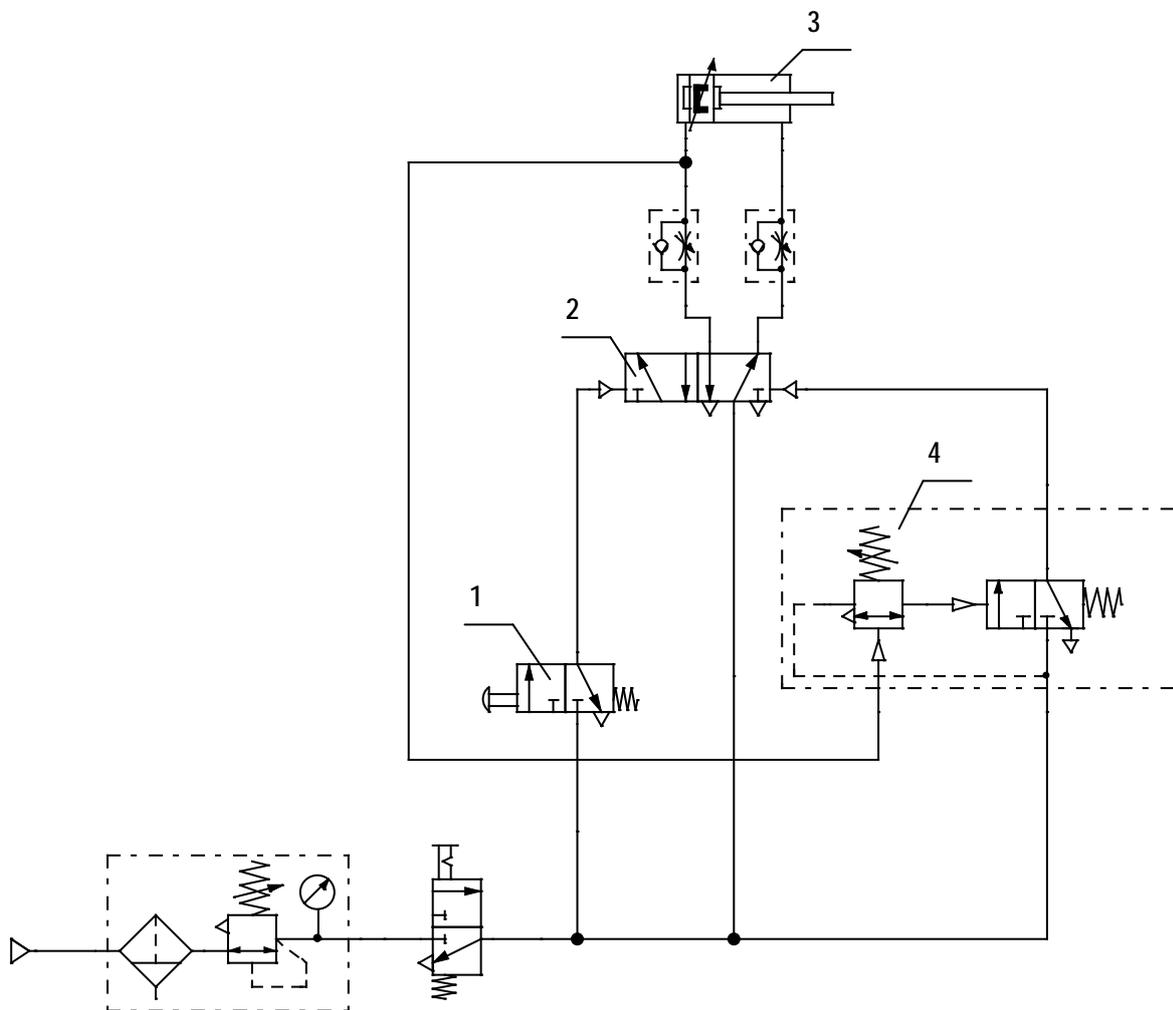


Рис. 4.4. Пневмосхема управления по давлению

чается в том, что движение привода может начаться до окончания заданного движения при случайном возрастании нагрузки или изменении параметров воздуха.

Поэтому предпочтение всегда отдается пневматическим приводам с управлением по положению, в которых движение рабочего органа всегда начинается только при отработке предыдущих команд. При необходимости используют комбинированное управление.

## 5. АЛГЕБРА ЛОГИКИ В ПНЕВМОСИСТЕМАХ

Для построения пневмосхем используют логические методы, законы и соотношения алгебры логики (булевой алгебры).

Логические операции определяют связи, существующие между сложными и простыми высказываниями.

Под высказыванием понимают предложение, о котором можно судить, является ли оно ложным или истинным. Например, «Шток выдвинут».

Значение истинности высказывания равно единице, если оно истинно, и равно нулю, если оно ложно.

В различные периоды времени и в различных условиях одно и то же высказывание может быть истинным или ложным, т.е. принимать значение 1 или 0.

Различают простые и сложные высказывания.

**ПРИМЕР** простого высказывания: «Деталь находится в заданной позиции».

Сложные высказывания получаются при объединении простых высказываний с помощью логических связей: И, ИЛИ, НЕ, ЕСЛИ..., ТО и др.

Сложные высказывания называют логическими или булевыми функциями, а простые высказывания - переменными.

В алгебре логики переменная, так же как и логическая функция, может принимать одно из двух значений (нуль или единицу).

## 5.1. Логические функции

Рассмотрим некоторые логические функции. Сложные высказывания обозначим буквой  $f$ , а простые -  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и т. д.

### 1. Операция повторения:

$$f = x.$$

*Например, сигнал  $x$  подается на распределитель, который формирует команду  $f$  на выдвижение штока.*

### 2. Операция отрицания.

$$f = \bar{x}$$

Операцию отрицания называют также инверсированием или операцией НЕ.

*Например, при отсутствии сигнала управления  $x$  шток должен выдвигаться, поэтому нужен инверсный сигнал  $\bar{x}$ .*

### 3. Операция логического умножения:

$$f = x y = (x \wedge y)$$

Эту операцию называют также операцией конъюнкции или операцией И.

*Например, шток должен выдвигаться ( $f$ ), если поступит управляющий сигнал  $x$  на распределитель и при этом будет опущено ограждение (сигнал  $y$ ).*

Число простых высказываний может быть и больше двух:

$$f = x_1 x_2 x_3 \dots x_n.$$

#### **4. Операция логического сложения:**

$$f = x + y = x \vee y.$$

Ее называют также операцией дизъюнкции либо просто операцией ИЛИ.

*Например, шток может выдвигаться (f) как по сигналу x, так и по сигналу y.*

Число простых высказываний при сложении может быть и больше двух:

$$f = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n.$$

#### **5. Операция импликации:**

$$f = \bar{x} + y.$$

*Например, шток должен выдвигаться (f), если отсутствует аварийный сигнал x или же есть сигнал y, например, от ручного управления.*

#### **6. Операция «Стрелка Пирса»:**

$$f = \bar{x} \bar{y} = \overline{x + y} = x \downarrow y$$

*Шток должен выдвигаться (f), когда нет ни сигнала x, ни сигнала y:  $f = \bar{x} \bar{y}$ .*

*Это же высказывание может звучать так: «Шток не должен выдвигаться ( $\bar{f}$ ), если есть хотя бы один сигнал x или y». Тогда можно записать, т.е.  $\bar{f} = x + y$ , отсюда получим:  $f = \overline{x + y}$ .*

Таким образом, операция может быть выражена через операции отрицания переменных  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  и их умножения  $f = \bar{x} \bar{y}$  или путем операции их логического сложения и последующего отрицания  $f = \overline{x + y}$ .

Функция  $f = \overline{x + y}$  может быть реализована меньшим числом пневмоэлементов: элементом ИЛИ (логическое сложение) и НЕ (логическое отрицание), т.е. двумя элементами вместо трех, которые необходимы для реализации функции  $f = \overline{x} \overline{y}$  (два элемента НЕ и элемент логического умножения).

### **7. Операция «Штрих Шеффера»:**

$$f = \overline{x + y} = \overline{xy}$$

*Шток должен выдвигаться (f), когда нет запрета от одного из двух операторов x или y, т.е.:*

$$f = \overline{x} + \overline{y}.$$

*Это же условие можно выразить по-другому: шток не должен выдвигаться ( $\overline{f}$ ), если есть запрет от обоих операторов:*

$$\overline{f} = xy.$$

*Отсюда получим:  $f = \overline{xy}$ .*

Последнее выражение может быть реализовано с меньшим числом элементов (2 вместо 3).

### **8. Операция «Запрет по y»**

$$f = x \overline{y}.$$

*Шток должен выдвигаться (f), когда нажата кнопка x и при этом нет запрета от оператора y.*

*Это же условие можно высказать иначе: шток не должен вы-*

двигаться, если не нажата кнопка  $x$  или есть запрет от оператора  $y$ , т.е.:  $\bar{f} = \bar{x} + y$ . А это есть операция импликации. Отсюда найдем инверсное значение:  $f = \overline{\bar{x} + y}$ .

Поэтому эта операция называется также операцией отрицания импликации, т.е.  $f = \overline{\bar{x} + y}$

Докажем равенство  $f = \bar{x}y = \overline{\bar{x} + y}$ , выполнив ряд преобразований:

$$f = \bar{x}y = \overline{\overline{\bar{x}y}} = \overline{\bar{x} + y} = \overline{\bar{x} + y}.$$

В большинстве случаев условия работы систем управления приводами могут быть описаны логическими функциями.

Так как все логические функции можно выразить посредством операций ДА, НЕ, И, ИЛИ, то систему управления можно построить с помощью однотипных устройств, выполняющих эти операции.

Такие устройства называются операторами.

**Функции операторов** могут выполнять устройства

- 1) высокого,
- 2) среднего,
- 3) низкого давлений.

1). Среди устройств высокого давления в качестве операторов могут выступать:

- 3-х, 4-х и 5 – линейные пневмораспределители одностороннего (моностабильные) и двустороннего (бистабильные) действия,

- редуccionные пневмоклапаны,

- клапаны последовательности,

- специальные устройства, предназначенные для использования в логических операциях (разделительный клапан для реализации операций ИЛИ, клапан И).

2). При использовании устройств среднего давления широко применяются устройства мембранной техники «УСЭППА».

3) При построении более сложных систем управления используются устройства струйной техники.

Рассмотрим пример применения логических функций. Руководство предприятия выдвинуло требования, которым должен удовлетворять пневмопривод открытия ворот. Каждый из руководителей подразделений высказывал свои требования, которые должны быть учтены при разработке пневмосхемы. В результате получилось следующее формальное противоречивое задание разработчику:

«Разработать пневмопривод открытия ворот, который должен срабатывать при наличии сразу трех сигналов  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Привод должен также срабатывать при поступлении сигнала  $x$  или  $y$ , но при отсутствии сигнала  $z$ . Привод может срабатывать при сочетании двух любых сигналов. И, наконец, привод должен срабатывать при одновременном поступлении сигналов  $x$  и  $y$ , но при отсутствии сигнала  $z$ ».

Такое условие можем записать в виде следующей зависимости:

$$f = xyz + xy\bar{z} + x\bar{y}z + x\bar{y}\bar{z} + xy + xz + yz \quad (5.1)$$

Формальное построение пневмосхемы потребует большого количества пневмоаппаратуры (в данном случае потребуется 18 операторов), что снижает быстродействие схемы, увеличивает габариты, вес, расход воздуха, снижает надежность. Однако здравый смысл подсказывает, что в записанном условии много ненужных условий. И конечно, это выражение можно значительно упростить.

Для упрощения синтеза пневмосхем используют законы и соотношения алгебры логики. В дальнейшем мы убедимся, что выражение (5.1) может быть значительно упрощено (см. стр.48).

## **5.2. Основные законы и соотношения алгебры логики**

Для упрощения пневматической схемы, т.е. для сокращения числа операторов (пневмоэлементов), необходимых для ее реализации, используют следующие законы и соотношения алгебры логики.

### **1. Закон перестановки**

$$xy = yx;$$

$$x + y = y + x.$$

### **2. Сочетательный закон**

$$(xy)z = x(yz);$$

$$(x + y) + z = x + (y + z).$$

### **3. Распределительный закон**

$$а) xy + xz = x(y + z).$$

Для реализации левой части равенства требуются три оператора, правой части - 2;

$$б) (x + y)(x + z) = xx + xz + yx + yz = x + xz + yx + yz.$$

Выполним преобразования. Имея ввиду, что  $xx = x$ , получим

$$(x + y)(x + z) = xx + xz + yx + yz = x + xz + yx + yz.$$

Используя распределительный закон, выразим сумму трех слагаемых следующим образом:

$$x + xz + yx = x(1+y+z).$$

Выражение  $(1+y+z)=1$  (см. ниже «Основные соотношения»).

Окончательно получим

$$(x + y) (x + z) = x + yz.$$

Это уравнение не действует в обычной алгебре. Правая часть равенства реализуется меньшим числом элементов.

#### **4. Закон повторения**

$$xx\dots = x; \quad x + x + \dots + x = x.$$

#### **5. Закон инвертирования**

$$\overline{x + y} = \overline{x} \overline{y}, \quad \overline{xy} = \overline{x} + \overline{y}.$$

#### **Основные соотношения**

между переменными  $x$  и постоянными величинами «0» и «1»:

$$x+1 = 1;$$

$$x \cdot 1 = x;$$

$$x + \overline{x} = 1;$$

$$x \cdot 0 = 0;$$

$$x \overline{x} = 0.$$

Вернемся к выражению (5.1). Используя описанные выше законы и соотношения, упростим его:

$$\begin{aligned} f &= xyz + xy\overline{z} + x\overline{y}z + y\overline{x}z + xy + xz + yz = xy(z + \overline{z}) + x(\overline{z} + z) + y(\overline{z} + z) + xy = \\ &= xy + x + y + xy = xy + x + y = x(y + 1) + y = x + y \end{aligned}$$

### 5.3. Задание функций с помощью таблицы состояний

Функции алгебры логики могут быть заданы с помощью таблицы состояний (таблицы истинности). Таблица состоит из столбцов со значениями переменных и один (последний) столбец описывает значения самой функции для каждого сочетания переменных.

Если таблица содержит  $n$  переменных, то число строк в таблице будет  $2^n$ .

Рассмотрим функцию из трех переменных ( $2^3 = 8$ ) и запишем в каждую строку возможные комбинации значений переменных и значение функции (произвольно).

ПРИМЕР таблицы для трех переменных.

Таблица 5.1

$x$	$y$	$z$	$f$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

1. Если в таблице истинности число строк с единичным и нулевым значениями функции одинаково, то безразлично, какие функции описывать – нулевые или единичные.

2. Если в столбце функции  $f$  количество единиц больше количества нулей, то целесообразно составлять формулу по нулевым строкам (будет проще пневмосхема).

3. Если меньше – то надо составлять формулу по единичным строкам.

Переход от табличного задания функции к алгебраическому выполняется следующим образом:

1. Выделим строки с одинаковыми значениями функций. В данном примере – с единичными значениями функций, т.к. их меньше.

2. Для каждой выделенной строки с единичным значением функции выпишем элементарные конъюнкции переменных (И).

3. Объединим их знаками дизъюнкции (ИЛИ).

**ПРИМЕР.** Запишем по таблице 5.1 функцию алгебры логики в алгебраической форме.

Так как минимальное количество строк имеют функции с единичным значением, то в таблице выделяем строки с единичным значением функции: 011, 110, 111.

Тогда алгебраическое выражение функции будет иметь вид

$$f = \bar{x}yz + xy\bar{z} + xyz.$$

## 5.4. Реализация логических функций

Элементарные функции алгебры логики реализуются на элементах пневмоавтоматики, исходя из особенностей последних (в зависимости от используемого давления: элементы высокого давления, элементы среднего давления – мембранная техника и элементы низкого давления – струйная техника).

1). Функция И может быть реализована на трехлинейном пневмораспределителе, для чего на его вход питания подается одна из логических переменных, а на вход управления – вторая. Можно использовать также специальный клапан И.

2). Операцию отрицания называют также инвертированием или операцией НЕ. В качестве переменной  $x$  можно использовать механический, пневматический и электрический сигналы.

3). Операцию логического умножения можно реализовать посредством последовательного соединения двух нормально закрытых трехходовых клапанов или одного клапана, на вход которого вместо постоянного давления питания подается переменный сигнал  $y$ . В этом случае только при подаче управляющего сигнала  $x$  и подаче давления на вход клапана выход клапана будет соединен с магистралью ( $f=1$ ).

4). Для реализации дизъюнкции сигнал второй переменной следует подать на атмосферный вход пневмораспределителя, если позволяет конструкция пневмораспределителя. Для реализации функции используется также специальный элемент ИЛИ на два входа. Дизъюнкцию можно реализовать также и на обратных клапанах.

5). Операция импликация может быть выражена через операции

НЕ ( $\bar{x}$ ) и ИЛИ ( $\bar{x} + y$ ) и образована последовательным соединением элементов, реализующих эти операции.

Реализовать логические функции можно на 4-х и 5-линейных распределителях. В этом случае на одном элементе удастся реализовать и саму функцию, и ее отрицание.

### Логические функции и их реализация

Таблица 5.2

№ п/п	Наименование операции	Таблица состояния	Схема реализации 1	Схема реализации 2															
1	$f = x$ Повторение	<table border="1"> <tr> <td><math>x</math></td> <td><math>f</math></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table>	$x$	$f$	0	0	1	1											
$x$	$f$																		
0	0																		
1	1																		
2	$f = \bar{x}$ Отрицание, инверсия $x$ , операция <b>НЕ</b>	<table border="1"> <tr> <td><math>x</math></td> <td><math>f</math></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </table>	$x$	$f$	0	1	1	0											
$x$	$f$																		
0	1																		
1	0																		
3	$f = xy$ ( $x \wedge y$ ), Конъюнкция, логическое умножение, операция <b>И</b> ,	<table border="1"> <tr> <td><math>x</math></td> <td><math>y</math></td> <td><math>f</math></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table>	$x$	$y$	$f$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1		
$x$	$y$	$f$																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
4	$f = x + y$ ( $x \vee y$ ) Дизъюнкция, логическое сложение, операция <b>ИЛИ</b>	<table border="1"> <tr> <td><math>x</math></td> <td><math>y</math></td> <td><math>f</math></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table>	$x$	$y$	$f$	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1		
$x$	$y$	$f$																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	

№ п/п	Наименование операции	Таблица состояния	Схема реализации 1	Схема реализации 2															
5	$f = \bar{x} + y$ Импликация	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>x</math></th> <th><math>y</math></th> <th><math>f</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	$x$	$y$	$f$	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1		
$x$	$y$	$f$																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	0																	
1	1	1																	
6	$f = \bar{\bar{x}y} = \overline{x + y} (x \downarrow y)$ Стрелка Пирса	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>x</math></th> <th><math>y</math></th> <th><math>f</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	$x$	$y$	$f$	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0		
$x$	$y$	$f$																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	0																	
7	$f = \bar{x} + \bar{y} = \overline{xy}$ Штрих Шеффера	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>x</math></th> <th><math>y</math></th> <th><math>f</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	$x$	$y$	$f$	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0		
$x$	$y$	$f$																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
8	$f = \overline{\bar{x}y}$ Запрет по $y$ , отрицание импликации ( $\overline{\bar{x} + y}$ )	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>x</math></th> <th><math>y</math></th> <th><math>f</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	$x$	$y$	$f$	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0		
$x$	$y$	$f$																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	1																	
1	1	0																	

## 6. РЕАЛИЗАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ ФУНКЦИЙ

При синтезе более или менее сложных систем управления вместе с логическими функциями используются последовательностные. Значение последовательностных функций зависит не только от значения входных переменных в данный момент, но и от порядка поступления входных сигналов.

К последовательностным функциям относятся:

- 1) функции памяти,
- 2) функции счета,
- 3) задержки на такт и т.д.

В качестве памяти в пневмоавтоматике обычно используются триггеры с отдельными входами. Существует также триггер со счетным входом, который представляет собой двоичный счетчик импульсов, поступающих на его вход.

В дальнейшем под триггером будем понимать только триггер с отдельными входами.

Триггер – это схема, которая имеет два устойчивых состояния: нулевое или единичное, обеспечиваемое обратными связями.

Триггер имеет два входа – включающий  $S$  и выключающий  $R$  и один выход  $Z$  или два взаимно инверсных выхода:  $Z$  и  $\bar{Z}$ .

Переключение триггера происходит только при очередном появлении единичных сигналов на входах. Повторное появление сигнала на одном и том же входе не меняет состояния триггера.

Различают триггеры:

1. С доминирующим нулем (при  $S = R = 1$  получим  $Z = 0$ ),

2. С доминирующей единицей (при  $S = R = 1, Z = 1$ ),
3. С неопределенным состоянием (при  $S = R = 1, Z = 0 \vee 1$ ).

В триггерах с неопределенным состоянием одновременное появление единичных сигналов на входах недопустимо.

Обозначать функцию памяти принято следующим образом:  
 $f = T(S; R)$ .

### 6.1. Реализация функций памяти

Для реализации триггеров на элементах пневмоавтоматики высокого давления можно использовать двухпозиционные четырех- и пятилинейные распределители с двухсторонним управлением (бистабильный пневмораспределитель) (рис. 6.1).

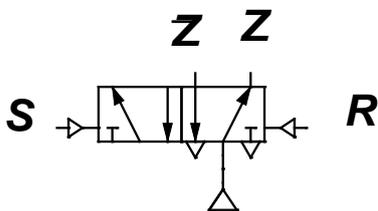


Рис. 6.1. Реализация триггера на бистабильном распределителе с двусторонним управлением

В таком распределителе при  $R = 1$  получим  $Z = 1, \bar{Z} = 0$ , а при  $S = 1$  имеем  $Z = 0, \bar{Z} = 1$ .

Запоминание позиции происходит благодаря силам трения. При двухстороннем управлении недопустимо одновременная подача входных сигналов  $S = R = 1$ , так как в этом случае состояние выходов распределителя является неопределенным.

Триггер можно построить на двух трехлинейных распределителях с односторонним управлением (моностабильных) и клапане ИЛИ (рис. 6.2).

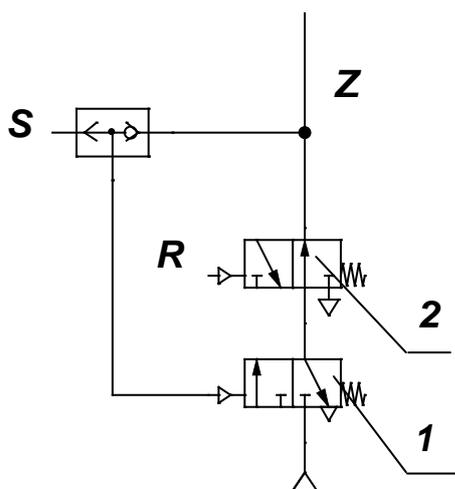


Рис. 6.2. Реализация триггера на моностабильном распределителе с односторонним пневмуправлением

ходит запоминание.

При  $R = 1$  распределитель 2 переключается, выход триггера соединяется с атмосферой ( $Z = 0$ ).

При этом снимается сигнал управления с распределителя 1, который возвращается в исходное положение под действием пружины, т.е. питание поступает на заглушенный вход распределителя 1.

Теперь и при снятии сигнала  $R$  на выходе будем иметь  $Z = 0$ , т.е. произошло запоминание сигнала.

На рис. 6.3 показан пример построения пневмосхемы пневмоцилиндра, который должен перемещать шток в разные направления по кратковременным сигналам от пневмокнопок «вперед» и «назад». При отпускании кнопок пневмоцилиндр должен доходить до конечного положения и останавливаться.

При сигнале  $S = 1$  распределитель 1 переключается и сигнал с его выхода поступает в канал питания распределителя 2 ( $Z = 1$ ).

Сигнал  $Z = 1$  с выхода распределителя 2 через клапан ИЛИ поступает на управляющий вход распределителя 1, поддерживая его включенным даже после снятия сигнала  $S = 1$ . В результате проис-

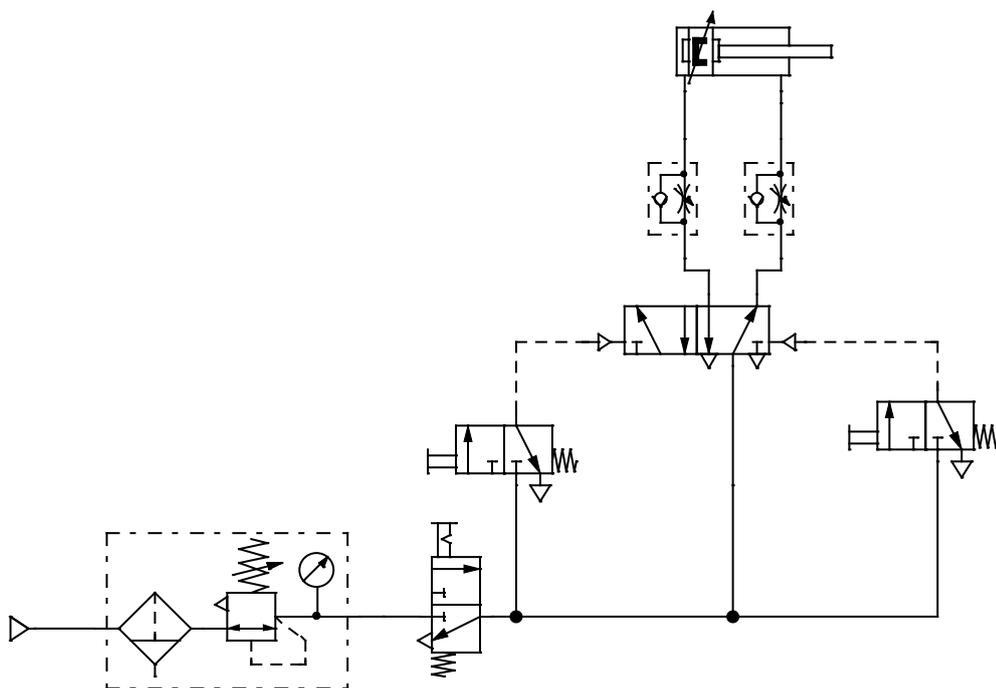


Рис. 6.3. Пневмосхема на базе триггера

## 6.2. Реализация временных устройств

В пневматических схемах используются четыре различные временные функции по отношению к начальному сигналу (рис. 6.4):



Рис. 6.4. Четыре временные функции

Функция выдержки времени в пневматике основана на том, что для достижения определенного уровня давления в фиксированном объеме при поступлении в него сжатого воздуха через дроссельное отверстие, требуется какое-то время  $t_1$  и  $t_2$  на рис. 6.5.

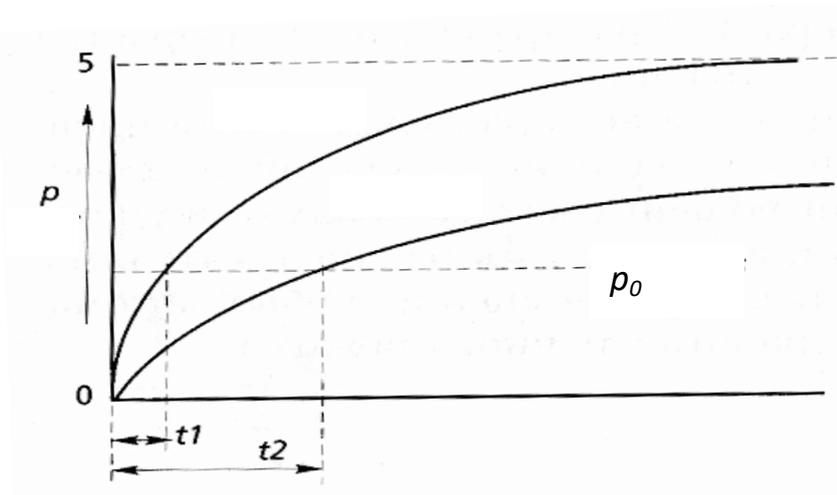


Рис. 6.5. Зависимость изменения давления от времени при заполнении объема через дроссель

При различных настройках входного дросселя получаем разное время достижения давления срабатывания  $p_0$ .

Для практической реализации временных функций к ресиверу с регулируемым дросселем подключают распределитель с пневмоуправлением с пружинным возвратом (рис. 6.6). Ресивер соединяется с отверстием управления распределителя. В качестве дросселя с изменяемым проходным сечением используется дроссель с обратным клапаном (регулятор скорости). Обратный клапан обеспечивает беспрепятственное прохождение потока сжатого воздуха в обратном направлении, благодаря чему на возврат в исходное положение распределителя подключенная емкость практически не влияет.

Основными элементами временных устройств являются емкость,

дроссель и пневматический релейный распределитель, дающий по окончании выдержки времени дискретный сигнал. Для реализации выдержек времени иногда оказывается достаточно емкости соединительных трубопроводов и входных камер самих элементов.

Устройства задержки сигнала по переднему, заднему, переднему и заднему фронту отличаются направлением включения обратных клапанов.

### 6.3. Задержка включения (задержка по переднему фронту)

На рис. 6.6 изображена пневмосхема, реализующая задержку включения, т.е. появление сигнала  $f$  с некоторой задержкой  $\tau_1$  по от-

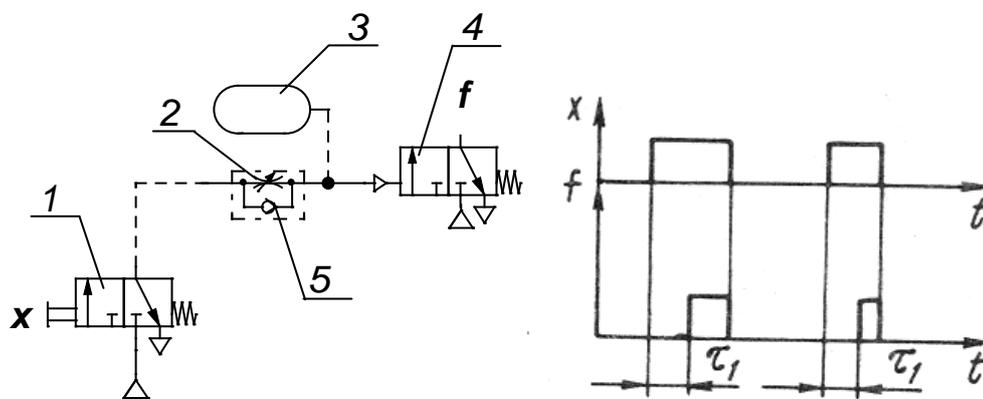


Рис. 6.6. Задержка включения

ношения к входному сигналу  $x$ , и график получения сигнала  $f$  с задержкой  $\tau_1$  по переднему фронту.

При подаче сигнала  $x$  (нажатии кнопки 1) воздух через дроссель 2 наполняет емкость 3 и камеру управления распределителя 4 до уровня давления его переключения. На выходе распределителя 4 появляется

сигнал  $f$ . Время задержки  $\tau_1$  определяется настройкой дросселя 2 и объемом емкости 3. При очень короткой временной задержке ресивер не требуется.

После прекращения действия сигнала  $x$  сжатый воздух из емкости 3 через обратный клапан 5 и пневмоклапан 1 выходит в атмосферу.

#### 6.4. Задержка выключения (задержка по заднему фронту)

Следующая пневмосхема (рис. 6.7) реализует задержку выключения, т.е. выходной сигнал  $f$  будет исчезать с задержкой  $\tau$  после исчезновения сигнала  $x$ .

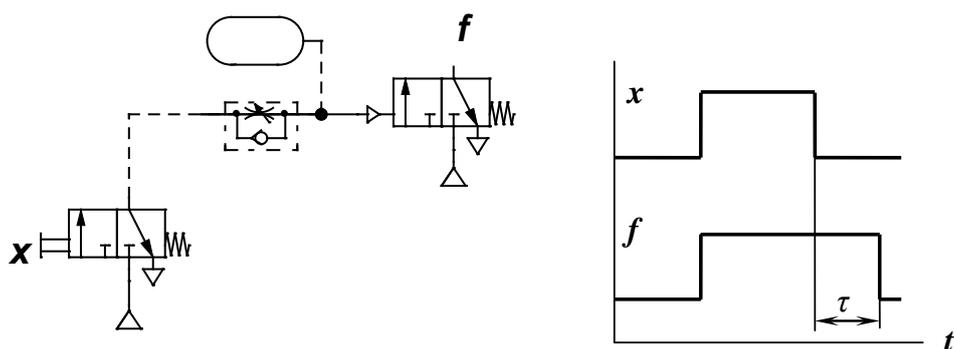


Рис. 6.7. Задержка выключения

чезновения сигнала  $x$ .

Данная схема отличается от предыдущей тем, что обратный клапан включен в противоположном направлении. В результате появление сигнала  $f$  происходит одновременно с появлением сигнала  $x$ , а исчезновение сигнала  $f$  произойдет после опустошения емкости, т.е. с задержкой, которая будет зависеть от объема емкости и настройки дросселя.

### 6.5. Импульс на включение (импульсатор)

На рис. 6.8 изображена пневмосхема импульсатора, который формирует импульс  $f$  на появление постоянного сигнала  $x$ . Сигнал от распределителя 1 проходит через нормально открытый распределитель 2, который этим же сигналом и управляется. Сжатый воздух будет поступать на выход распределителя 2 до тех пор, пока по истечении вре-

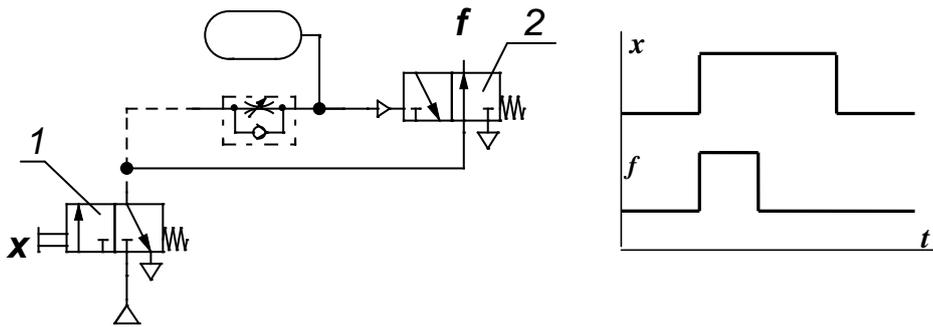


Рис. 6.8. Импульс на включение

мени выдержки распределитель 2 не включится. В результате на выходе нормально открытого распределителя генерируется импульс давления, длительность которого можно регулировать.

### 6.6. Импульс на исчезающий сигнал

Если требуется, чтобы импульс давления  $f$  появлялся уже после того, как исходный сигнал  $x$  будет снят, то давление, создающее этот импульс, должно подаваться от другого источника. Таким источником

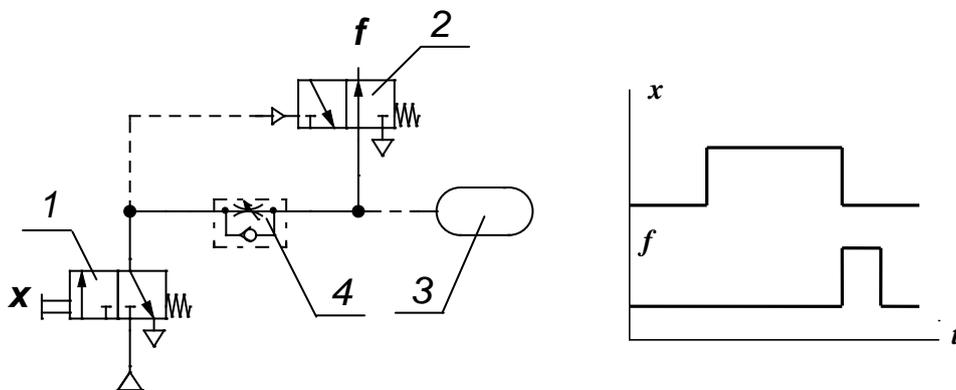


Рис.6.9. Импульс на исчезающий сигнал

в схеме (рис. 6.9) является ресивер 3.

При включении распределителя 1 подается управляющий сигнал на распределитель 2. В результате распределитель 2 переключается, и на его выходе сигнал  $f$  отсутствует.

При выключении распределителя 1 (сигнал  $x$  исчезнет) распределитель 2 переключится в свое нормальное положение. При этом его отверстие питания оказывается соединенным с ресивером 3, и на его выходе появится импульсный сигнал.

Длительность импульса будет зависеть от времени опустошения ресивера, т.е. от его объема и настройки дросселя 4.

### 6.7. Генератор импульсов

Генератор импульсов предназначен для получения импульсов заданной частоты и длительности. На рис. 6.10 изображена пневмосхема генератора, позволяющая получать импульсы и график формирования импульсов.

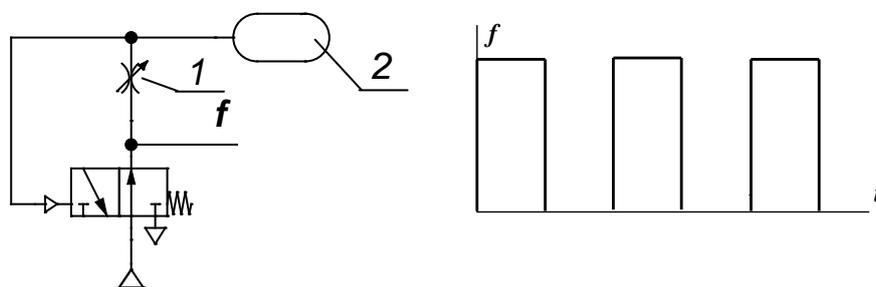


Рис. 6.10. Генератор импульсов

Режим работы генератора настраивается с помощью дросселя 1.

Длительность импульса определяется временем заполнения через дроссель 1 емкости камеры управления 2, а длительность нулевого сигнала – временем истечения воздуха через тот же дроссель из указанных полостей.

Следует иметь в виду, что такая схема будет четко функционировать только при условии, что распределитель обладает выраженным релейным эффектом, т.е. четким различием давлений включения и отключения.

## 7. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ПНЕВМОСХЕМ

Рассмотрим примеры построения пневматических схем управления пневматическими цилиндрами одностороннего и двустороннего действия.

### 7.1. Управление пневмоцилиндром одностороннего действия

Движение пневмоцилиндра одностороннего действия осуществляется при подаче сжатого воздуха в одну полость, чаще - в поршневую полость, где отсутствует шток. Штоковая полость, через которую проходит шток, постоянно соединена с атмосферой.

#### 7.1.1 Прямое управление с помощью распределителя

Пневмоцилиндром одностороннего действия можно управлять, подсоединив его к распределителю 3/2 с ручным управлением.

В зависимости от типа используемого распределителя (нормально открытый или нормально закрытый) его шток будет выдвигаться или втягиваться при включении распределителя и возвращаться обратно при прекращении воздействия. Это так называемое «*прямое управление*». Такое управление применяется в пневмоцилиндрах с малым расходом воздуха.

#### а). Регулирование скорости в одном направлении

Регулирование скорости движения штока в цилиндрах одностороннего действия осуществляется путем дросселирования потока воздуха на входе в цилиндр.

Скорость обратного хода, как правило, ограничивается редко. В этом случае в линии после распределителя ставится дроссель с обратным клапаном (рис. 7.1).

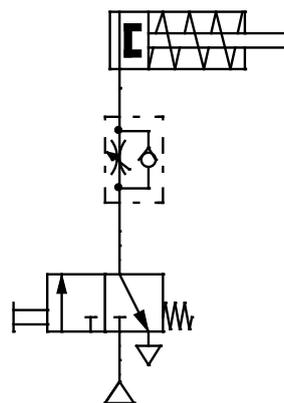


Рис. 7.1. Прямое управление пневмоцилиндром одностороннего действия

## б). Регулирование скорости в обоих направлениях

Если же в технологическом процессе требуется регулировка скорости штока в обоих направлениях, то ставятся последовательно два дросселя с обратными клапанами, подключенными навстречу друг

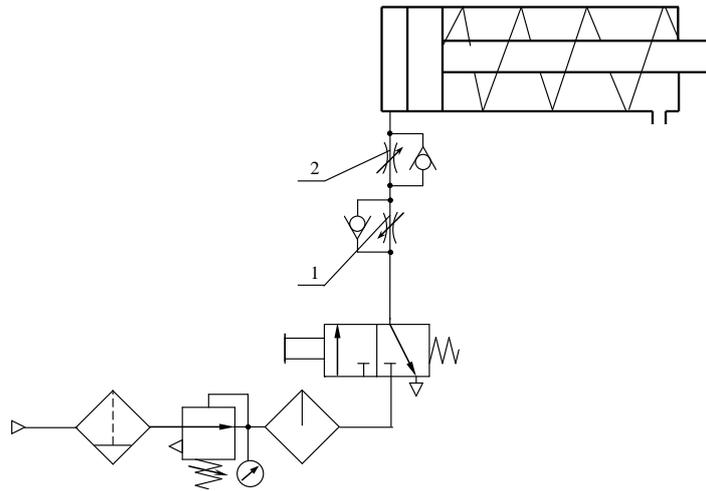


Рис. 7.2. Пневмосхема регулирования скорости в обоих направлениях

другу (рис. 7.2).

Скорость движения привода при прямом ходе регулируется дросселем 1, при обратном ходе – дросселем 2.

### 7.1.2. Непрямое управление (усиление потока)

В случае использования пневматического цилиндра больших размеров требуется более мощный распределитель, управление которым вручную становится тяжелым. Поэтому для управления мощным распределителем с высокой пропускной способностью устанавливают дополнительно небольшой распределитель с ручным управлением (рис. 7.3).

Часто такая схема применяется при дистанционном управлении. Большой распределитель находится поблизости от пневматического цилиндра, а малый распределитель может находиться на большом рас-

стоянии на панели управления.

Работа пневмосхемы: при нажатии пневмокнопки 1 включается более мощный пневмораспределитель 2, в результате чего давление воздуха поступает в рабочую полость пневмоцилиндра.

При отпускании пневмокнопки 1 сигнал управления на распределитель 2 исчезает и он под действием пружины возвращается в исходное положение. При этом воздух начинает выходить из полости пневмоцилиндра.

При падении давления в полости цилиндра до определенной величины усилие пружины пневмоцилиндра становится достаточным, чтобы привести в движение шток и начать его втягивание в исходное положение.

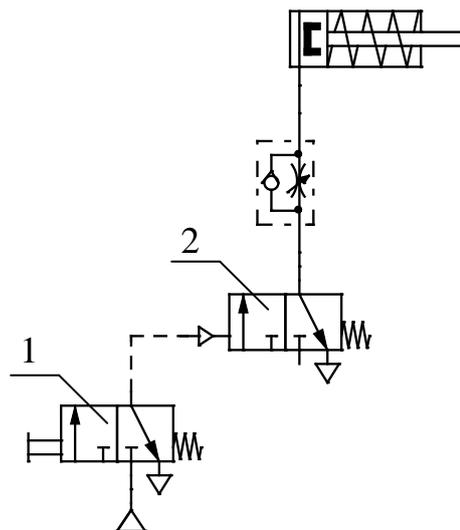


Рис. 7.3. Непрямое управление пневмораспределителем

### 7.1.3. Независимое управление из двух точек. Функция «ИЛИ»

В некоторых случаях команда управления пневмоцилиндром или распределителем должна подаваться независимо с разных мест или от двух элементов пневмосхемы.

Часто требуется совмещать управление от оператора в режиме настройки с помощью распределите-

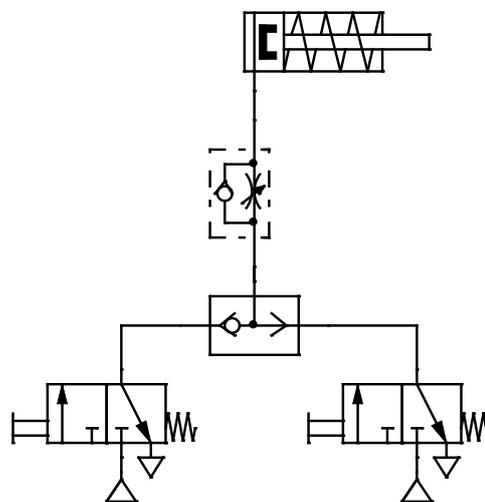


Рис. 7.4. Реализация функции ИЛИ

ля с ручным управлением и управление от системы управления в процессе работы механизма (рис. 7.4).

Или, например, пневмопривод для открывания ворот должен управляться с пульта охранника, а также с помощью тумблера непосредственно у ворот.

В этих случаях сигналы от двух этих элементов подают на клапан ИЛИ.

Если же вместо клапана ИЛИ сигналы подать непосредственно через тройник, то воздух от одного из двух клапанов, будет уходить через выпускной канал другого.

#### 7.1.4. Совместное управление – блокировка. Функция «И»

В некоторых случаях требуется, чтобы пневмоцилиндр или распределитель в пневмосхеме срабатывал только при одновременном поступлении на них двух сигналов.

**ПРИМЕР.** Пневматический пресс должен включаться с помощью пневмотумблера только в том случае, если установлено защитное ограждение. Рассмотрим два варианта пневмосхемы.

Вариант 1 (рис. 7.5-а). При установке ограждения оно включает распределитель 2 с механическим управлением, давление воздуха на который поступает от пневмотумблера 1.

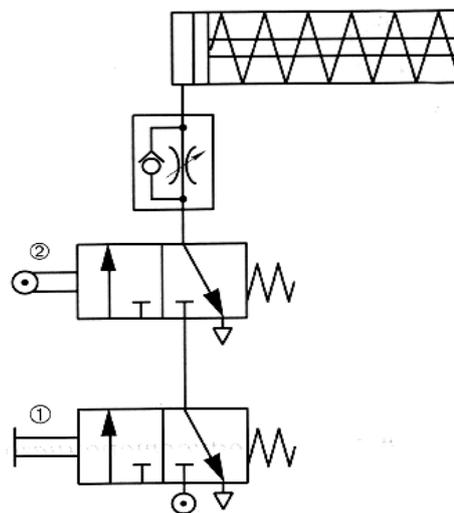


Рис. 7.5-а. Блокировка. Функция «И»

Таким образом, пневмоцилиндр прессы начинает движение только в том случае, если включены оба распределителя.

Вариант 2 (рис. 7.5-б). На этом рисунке показана пневмосхема, в которой используется клапан И. Давление от клапана И поступит только в том случае, если подступает сигнал от пневмотумблера и при этом ограждение опущено, т.е. сработал распределитель с роликовым управлением.

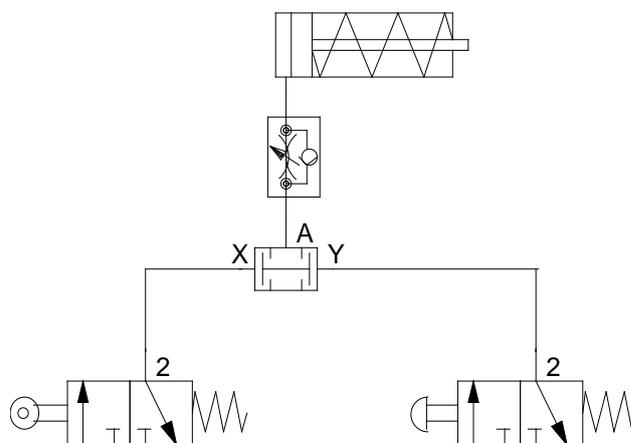


Рис. 7.5-б. Блокировка. Функция «И»

#### 7.1.5. Инвертирование: Функция «НЕТ»

В некоторых устройствах при подаче давления и при отсутствии сигналов управления необходимо обеспечить срабатывание пневматических механизмов: фиксаторов, тормозов и т.п.

Разблокирование таких механизмов обеспечивается за счет срабатывания распределителя (рис. 7.6). Поэтому в таких случаях должен применяться нормально открытый распределитель.

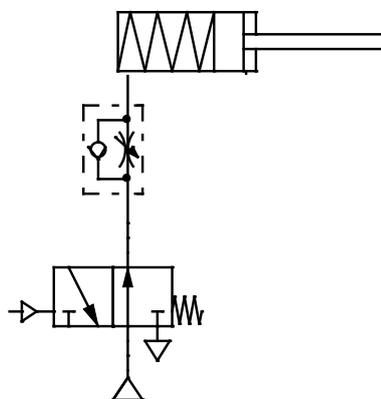


Рис. 7.6. Шток втягивается при включении распределителя (инвертирование сигнала)

## 7.2. Управление пневмоцилиндром двустороннего действия

### 7.2.1. Переключение потоков

В некоторых пневмосхемах необходимо обеспечить переключение потоков воздуха. Например, необходимо переключить подачу воздуха в противоположную полость пневмодвигателя или подать давление воздуха в систему, управляемую автоматически, или – к распределителям с ручным управлением. Это исключает автоматический запуск во время отработки ручного режима.

Для переключения применяется небольшой 3/2 распределитель 1 с ручным управлением (рис. 7.7). Второй распределитель с пневмоуправлением 2 представляет собой 5/2-распределитель, который осуществляет переключение потоков *A* и *B*. Эта же схема может использоваться для усиления потока.

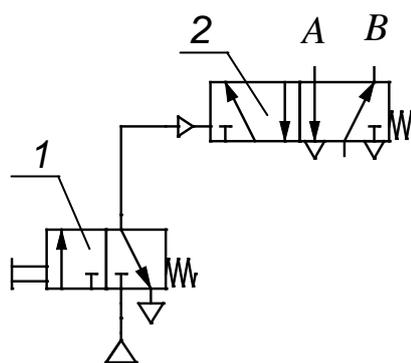


Рис. 7.7. Переключение между двумя потоками *A* и *B*

### 7.2.2. Прямое управление с помощью распределителя

(без фиксации в конечных положениях)

В отличие от управления работой цилиндра одностороннего действия для управления цилиндром двустороннего действия необходимо обеспечить подачу давления питания попеременно в обе полости. Это можно обеспечить с помощью пятилинейного распределителя (рис. 7.7).

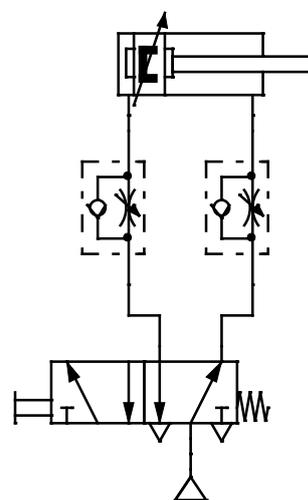


Рис. 7.7. Прямое управление

Каналы *A* и *B* распределителя подсоединяются к поршневой или штоковой полости в зависимости от того, какое положение для пневмоцилиндра является исходным (нерабочим).

На схеме показано подключение для случая, когда исходным положением пневмоцилиндра является положение со втянутым штоком.

В этом случае канал *A* подключается к штоковой полости, а канал *B* – к поршневой. В результате давление питания поступает через канал *A* в штоковую полость, и поршень под действием давления находится во втянутом положении.

Давление воздуха из поршневой полости через канал *B* выходит в атмосферу.

Управление скоростью может осуществляться путем дросселирования линий. Для регулирования скорости в обоих направлениях необходимо подключить на каждую линию по дросселю с обратным клапаном.

Как правило, наиболее стабильной получается скорость при дросселировании выхлопной линии, чем дросселирование линии нагнетания. Поэтому расположение обратных клапанов в этом случае противоположно их расположению в цилиндре одностороннего действия.

Дросселирование на выходе создает дополнительную внутреннюю нагрузку на пневмоцилиндр за счет противодействия. При увеличении внешней нагрузки происходит незначительное уменьшение скорости привода, что приводит к уменьшению противодействия, т.е. к уменьшению внутренней нагрузки. В результате осуществляется компенсация колебаний величины внешней нагрузки.

### 7.2.3. Фиксация привода в конечных положениях

В большинстве схем после исчезновения управляющего сигнала пневмопривод должен оставаться в конечном положении. Для выполнения этого условия применяются бистабильные пневмораспределители. Бистабильный распределитель после снятия с него управляющего сигнала будет находиться в требуемом положении под действием сил трения до тех пор, пока не будет переключен другим управляющим сигналом.

**ПРИМЕР.** Пневмопривод устройства для выравнивания уложенных в штапель плит должен обеспечить надежную фиксацию исполнительного органа в крайних положениях. Схема привода показана на рис.7.8.

Выдвижение штока (выравнивание) происходит при нажатии пневмокнопки 1.

Втягивание штока осуществляется после нажатия пневмокнопки 2.

Бистабильный пятилинейный распределитель 3 сохраняет свое положение между включениями кнопок 1 и 2. Тем самым обеспечивается фиксация крайних положений штока пневматического цилиндра.

Распределитель 3 будет переключаться лишь тогда, когда будет нажата одна из пневмокнопок. Если нажать одновременно обе кнопки, то золотник распределителя 3 останется в исходном положении.

В пневматических схемах такая ситуация называется «наложением команд» и представляет собой одну из основных проблем при их разработке.

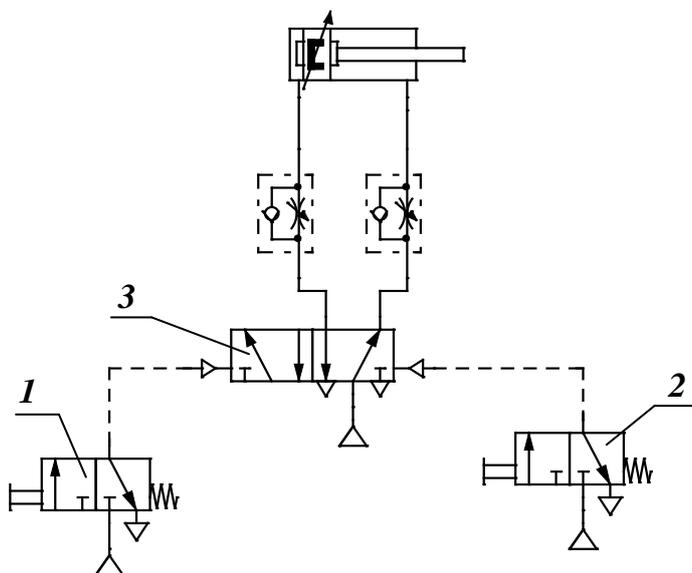


Рис. 7.8. Фиксация поршня в крайних положениях

#### 7.2.4. Автоматический обратный ход

Для обеспечения автоматического обратного хода после достижения конца прямого хода можно в предыдущей схеме пневмокнопку 2 заменить путевым выключателем 2 (распределителем с управлением от роликового рычага) (рис. 7.9).

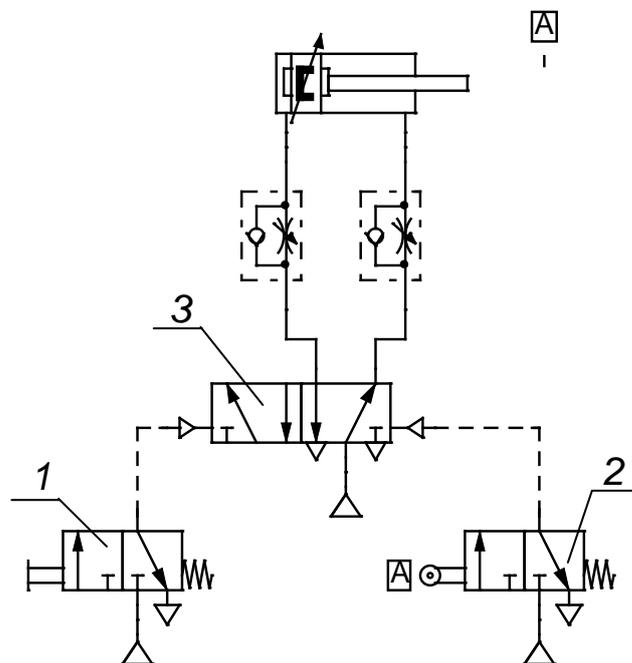


Рис. 7.9. Полуавтоматический обратный ход

В момент достижения конца прямого хода путевой выключатель срабатывает и переключает распределитель 3 на обратный ход. Таким образом, цилиндр самостоятельно переключает распределитель 3 и автоматически возвращается в исходное положение.

Бистабильный распределитель может быть переключен лишь после того, как будет снят сигнал с противоположного управляющего входа.

Если же при достижении конца прямого хода кнопка 1 все еще

будет нажата, возврата не произойдет. В этом случае будет наложение сигналов, и распределитель 3 останется в исходном положении.

Для того, чтобы после достижения конца прямого хода привод возвращался в исходное положение даже при нажатой кнопке 1, необходимо снять сигнал с нее.

Наиболее простым решением является преобразование сигнала от кнопки 1 в импульс с помощью импульсатора 2, который поступает на управляющий вход распределителя 3 и исчезает даже при удержании пневмокнопки 1 (рис. 7.10).

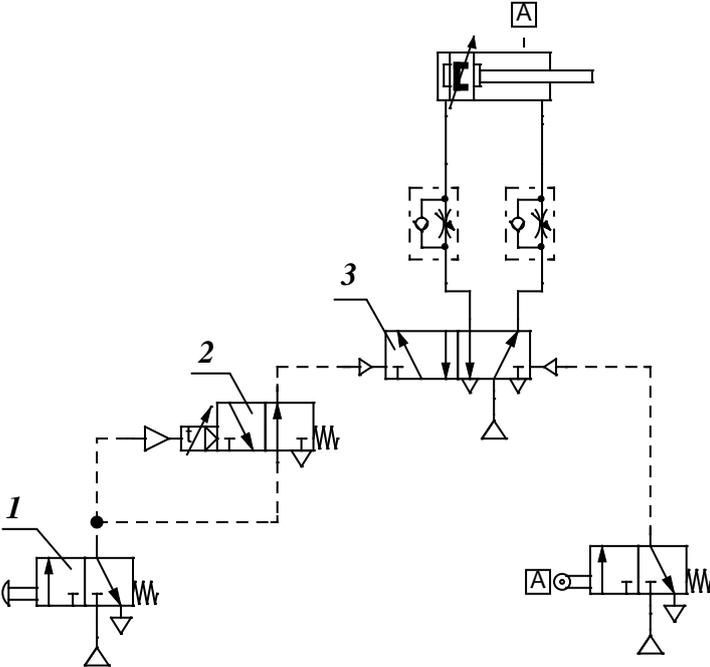


Рис. 7.10. Автоматический возврат при наличии исходного управляющего сигнала

### 7.2.5. Повторяющиеся ходы

Для того чтобы привод совершал возвратно-поступательные перемещения, необходимо подавать сигналы о завершении хода в обоих направлениях. Такие сигналы будем подавать при помощи двух путевых выключателей 2 и 4, которые будут переключать главный распределитель 3 (рис.7. 11).

Для включения и выключения повторяющихся ходов, необходимо сигнал от распределителя 2, с которого начинается цикл работы, объединить функцией «И» с пневмотумблером 1.

Выключение тумблера выключает отработку цикла. При этом если тумблер выключили в момент выдвижения штока, поршень отработает команду на выдвижение и всегда возвратится в исходную позицию, при которой его шток втянут.

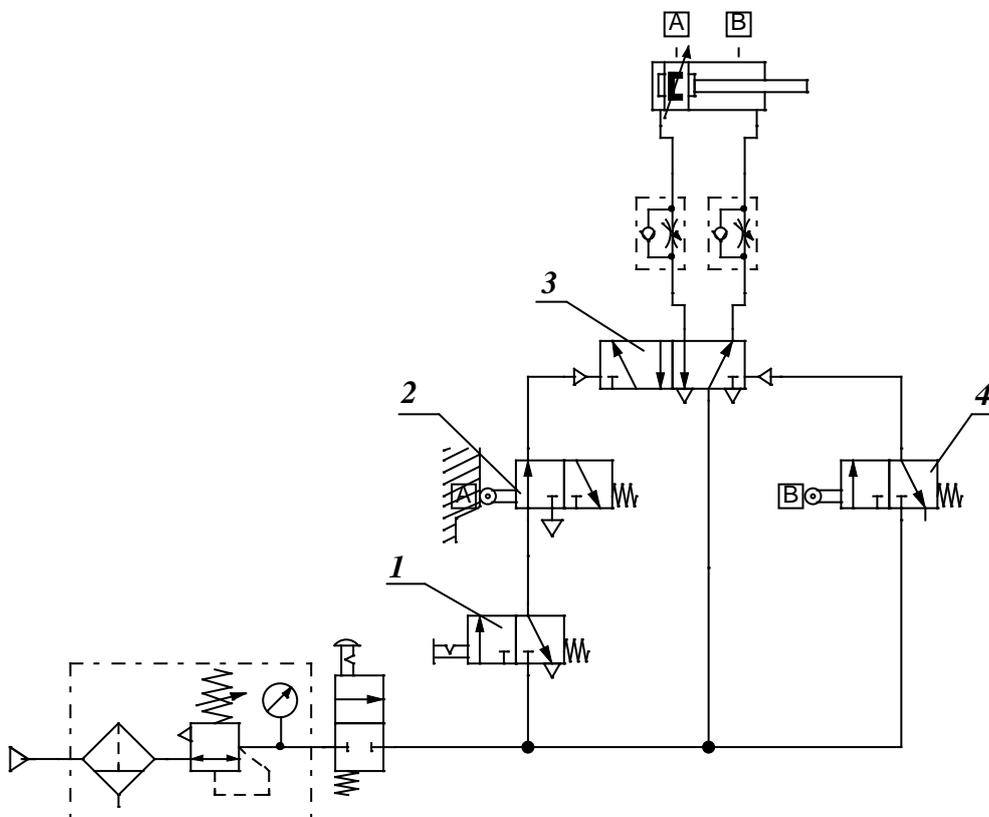


Рис. 7.11. Повторяющиеся ходы

## *Литература*

1. Пневмоавтоматика. Учебное пособие. СПб.: «ЭС ЭМ СИ Пневматик». – 176 с. 2013.
2. Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические системы. Часть 1. Пневматические приводы и средства автоматизации. Учебное пособие. – М: ФОРУМ, 2004. – 240с.
3. FESTO. Пневмоавтоматика. Основной курс TP101. Учебное пособие.
4. SMC. Компоненты пневмоавтоматики. Каталог. 2005.
5. ГОСТ 2.781–96. Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические. Устройства управления и приборы контрольно-измерительные