

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА МАШИНОВЕДЕНИЯ**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению практических работ по дисциплине  
«Пневматика и пневмоавтоматика»**

*для студентов специальностей:*

*1 – 36 01 03 «Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»,*

*1 – 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»,*

*1 – 37 01 07 «Автосервис»,*

*1 – 37 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств»*

**Часть 1**

УДК 621.54

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практических работ по дисциплинам «Гидравлика и пневматики», «Гидравлика и гидропривод» «Гидро- и пневмопривод технологического оборудования». Приведены учебные и справочные материалы по выполнению всех практических работ. Предназначены для студентов дневной формы обучения специальностей: 1 – 36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», 1 – 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», 1 – 37 01 07 «Автосервис», 1 – 37 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств».

Издается в двух частях. Часть 1.

Составители: В. М. Голуб, доцент, к.т.н.,  
А. С. Жук, ассистент.

Рецензент: зам. главного инженера, начальник конструкторско-технологического отдела ОАО «Брестмаш» Г. В. Юдчиц.

## Основы пневматики

Пневматические устройства давно играют важную роль в механизации производства. Основным рабочим телом пневматических устройств является сжатый воздух.

Воздух является смесью газов и имеет следующий состав:

- около 78% азота;
- около 21 % кислорода;
- около 1 % аргона и др. газов (двуокиси углерода, водорода, неона, гелия).

Преимущества и отличительные особенности сжатого воздуха:

- 1) доступность воздуха – воздух имеется практически везде в неограниченном количестве;
- 2) транспортабельность – воздух легко транспортируется по трубам на большое расстояние;
- 3) способность к аккумулярованию – сжатый воздух может накапливаться в резервуарах и использоваться по мере необходимости, а резервуары могут легко транспортироваться;
- 4) нечувствительность к температуре – сжатый воздух относительно нечувствителен к колебаниям температуры. Это гарантирует надежную работу пневмосистем даже в экстремальных условиях;
- 5) взрывобезопасность – воздух практически взрыво-пожаробезопасен, что не требует дорогостоящей защиты;
- 6) экологическая чистота – сжатый воздух без специально распыленного в нем масла не загрязняет окружающую среду;
- 7) высокая скорость – сжатый воздух перемещается с большой скоростью. Это позволяет получить высокую скорость движения поршня и малое время переключения;
- 8) простота конструкции – пневматические элементы просты в производстве и поэтому недороги;
- 9) нечувствительность к перегрузкам – пневматические инструменты и исполнительные устройства не боятся перегрузки и поэтому могут нагружаться вплоть до полной остановки.

Недостатки сжатого воздуха:

- 1) подготовка сжатого воздуха – сжатый воздух должен быть хорошо подготовлен, иначе возникает опасность быстрого износа пневмоустройств из-за наличия в нем твёрдых включений и конденсата воды;
- 2) сжимаемость воздуха – сжатый воздух не позволяет получить равномерную и постоянную скорость движения поршня пневмоцилиндра;
- 3) ограничение по усилию – сжатый воздух является экономически выгодным только до определённых давлений (6 -7 бар);
- 4) уровень шума - сброс воздуха в атмосферу сопровождается сильным шумом. Эта проблема решена в настоящее время благодаря применению звукопоглощающих материалов и глушителей шума.

Для воздуха характерна незначительная сила сцепления между молекулами, поэтому в нормальных условиях ею можно пренебречь. Как и все газы, воздух не имеет собственной формы, он полностью занимает предоставленный объем.

В таблице 1 представлены размерности физических величин, которые используются в технической системе и в международной системе измерений (СИ).

**Таблица 1 – Размерности физических величин**

Величина	Обозначение	Единица измерений
Основные величины		
Длина	$L$	Метр (м)
Масса	$M$	Килограмм (кг)
Время	$T$	Секунда (с)
Температура	$T$	Градус Кельвина (К), $0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ К}$
Производные величины		
Сила	$F$	Ньютон (Н), $1\text{ Н} = 1\text{ кг}\cdot\text{м}/\text{с}^2$
Площадь	$A$	Квадратный метр ( $\text{м}^2$ )
Объем	$V$	Кубический метр ( $\text{м}^3$ )
Объемный расход	$Q$	( $\text{м}^3/\text{с}$ )
Давление	$p$	Паскаль (Па), $1\text{ Па} = 1\text{ Н}/\text{м}^2$ ; $1\text{ бар} = 10000\text{ Па}$

*Объемный расход* – это объем потребляемого сжатого воздуха в единицу времени. Основной единицей измерения является  $\text{м}^3/\text{с}$ , но эта величина очень большая, и поэтому расход выражают в л/мин.

Поскольку в одном и том же объеме при различных условиях может находиться разное количество воздуха, то эти условия стандартизованы и называются «нормальными».

В соответствии с международным стандартом ISO 8778 *нормальными условиями* являются:

- нормальная температура  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $293,7\text{ К}$ );
- нормальное давление  $1\text{ бар}$  ( $101325\text{ Па}$ );
- относительная влажность воздуха  $65\%$ .

Единицей *давления* в СИ является Паскаль. Эта величина чрезвычайно мала, поэтому во избежание громоздких чисел было решено использовать в пневматике в качестве практической единицы «бар».

Необходимо различать следующие виды давления: атмосферное, избыточное и абсолютное (рисунок 1).

*Атмосферное давление* ( $p_{атм}$ ) – это давление, которое непосредственно воздействует на поверхность земли. Его называют базовым. Атмосферное давление не является постоянным. Оно изменяется в зависимости от географического места и погодных условий.

Превышение абсолютного давления ( $p_{абс}$ ) над атмосферным называется *избыточным давлением* ( $p_{изб}$ ), а недостаток абсолютного давления до атмосферного – *вакуумметрическим давлением* ( $p_{вак}$ ).

Диапазон изменения давления, заключенный между линией абсолютного нуля и линией атмосферного давления (рисунок 1), называется диапазоном вакуума, а диапазон, лежащий выше линии атмосферного давления, диапазоном избыточного давления. Абсолютное давление ( $p_{абс}$ ) складывается из атмосферного и избыточного давления, которое измеряется приборами, т. е.  $p_{абс} = p_{атм} + p_{изб}$ . Абсолютное давление приблизительно на  $1\text{ бар}$  больше избыточного давления.

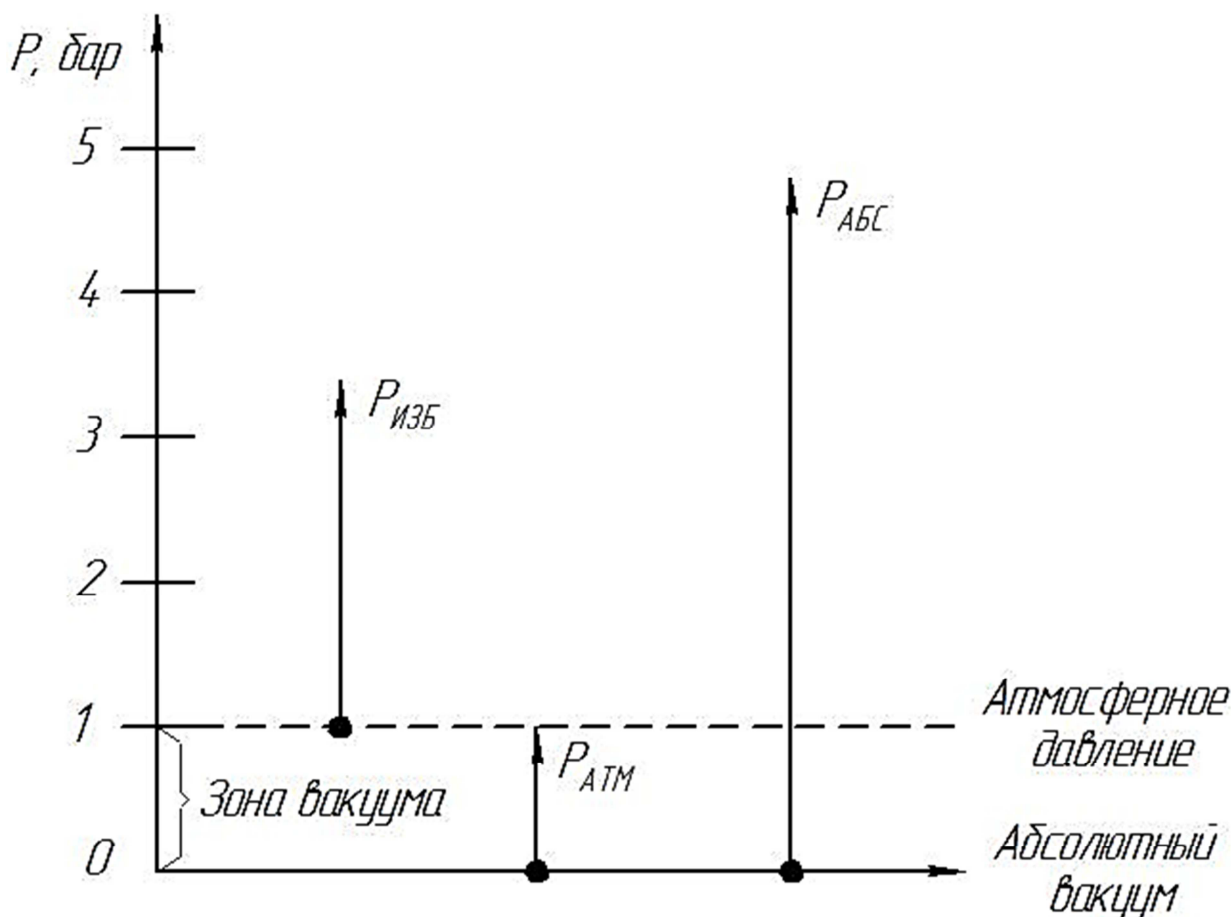


Рисунок 1 – Давление воздуха

### Основные термодинамические процессы, проходящие в воздухе

#### 1. Изотермический процесс (закон Бойля-Мариотта).

Для данной массы газа при постоянной температуре произведения давления газа на его объем есть величина постоянная.

$$p \cdot V = const, \text{ при } T = const, m = const.$$

#### 2. Изобарный процесс (закон Гей-Люссака).

При постоянном давлении объем постоянной массы газа пропорционален абсолютной температуре:

$$\frac{V}{T} = const, \text{ при } p = const, m = const.$$

#### 3. Изохорный процесс (закон Шарля).

Давление газа фиксированной массы и фиксированного объема прямо пропорционально абсолютной температуре газа.

$$\frac{p}{T} = const, \text{ при } V = const, m = const.$$

#### 4. Адиабатический закон.

Процесс, идущий без теплообмена с окружающей средой.

$$p \cdot V^\gamma = const, \text{ при } m = const,$$

где  $\gamma$  (гамма) – показатель адиабаты, который зависит от газа. Например, для воздуха  $\gamma = 1,4$ . Нередко можно встретить обозначение показателя адиабаты « $k$ ».

В реальных процессах трудно получить идеальный теплообмен, как в изотермическом процессе, и идеальную теплоизоляцию, как для адиабатического процесса. По роли теплообмена реальные процессы лежат где-то в промежутке между двумя крайними случаями – изотермическом и адиабатическом. Эти процессы называются политропными.

### **Производство и распределение воздуха**

С целью обеспечения надёжности работы пневматической системы к ней необходимо подвести сжатый воздух высокого качества. При этом оцениваются следующие параметры воздуха:

- уровень давления;
- влажность воздуха;
- степень очистки воздуха.

Если не будут соблюдены перечисленные выше требования к параметрам воздуха, то это может привести к увеличению эксплуатационных расходов из-за роста времени простоя машин и установок, а также увеличению затрат на ремонт и замену вышедших из строя элементов.

В состав подсистемы подготовки сжатого воздуха входят следующие элементы:

- всасывающий фильтр;
- воздушный компрессор;
- воздушный ресивер;
- влагоотделитель (при наличии);
- воздушный фильтр (может быть с влагоотделителем);
- редукционный клапан;
- маслораспылитель (при необходимости);
- дренажные (спускные) отверстия для удаления конденсата.

Как правило, пневматические устройства промышленного назначения проектируются на максимальное рабочее давление 8...10 бар. Однако опыт эксплуатации показал, что из экономических соображений целесообразнее использовать давление около 6 бар. Сопротивление течению газа в отдельных элементах (например, дроссели) и в трубопроводах рассчитывается таким образом, чтобы суммарные потери давления в них составляли 0,1...0,5 бар. Потому для того, чтобы нормальное давление в пневмосистеме было не ниже 6 бар, давление компрессорной установки должно быть в пределах 6,5...7 бар.

### **Компрессоры**

Компрессоры преобразуют механическую энергию двигателя в потенциальную энергию сжатого воздуха.

Выбор типа компрессора зависит от рабочего давления и необходимого потребителю расхода воздуха.

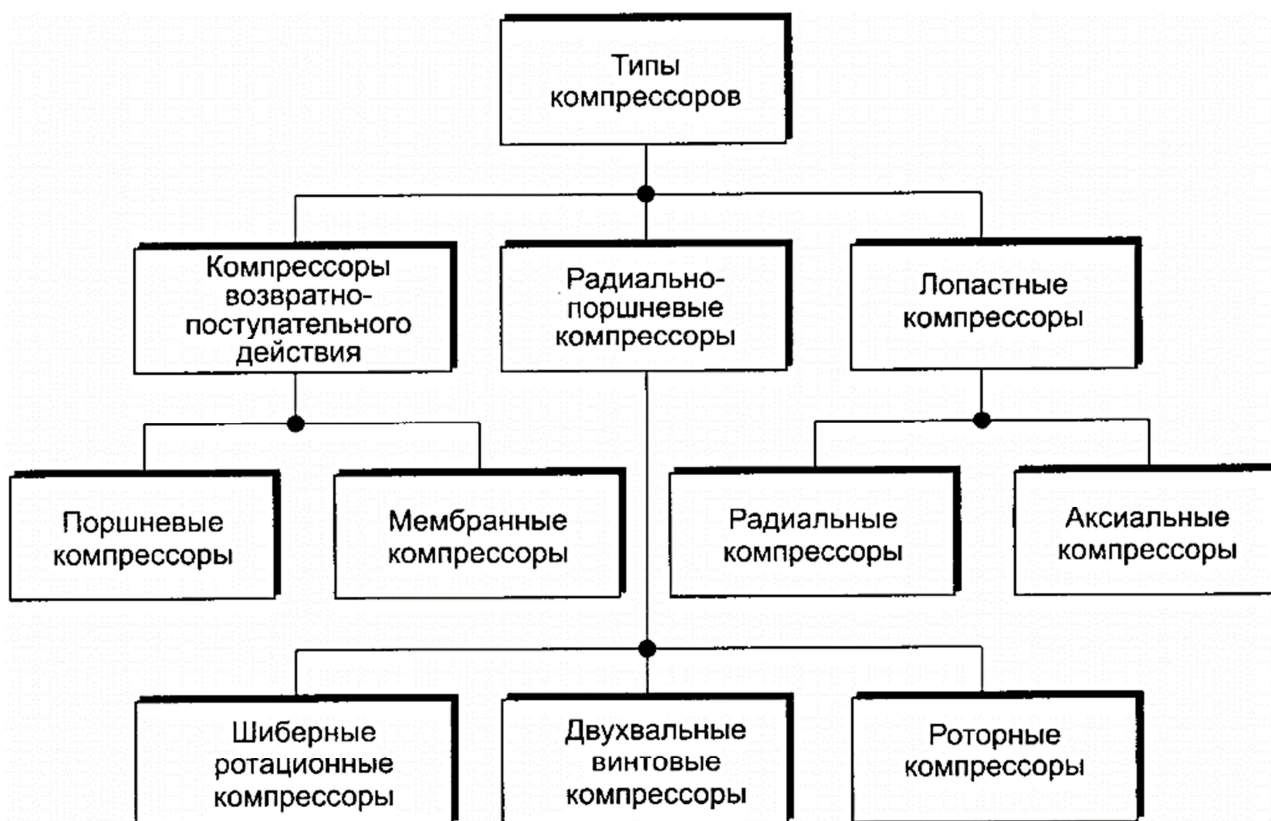


Рисунок 2 – Типы компрессоров

*Объемный поршневой компрессор возвратно-поступательного действия* сжимает воздух, поступающий в его рабочий объем через всасывающий клапан. Через напорный клапан воздух подается в пневмосеть.

Компрессоры возвратно-поступательного действия находят широкое применение, так как они обеспечивают получение сжатого воздуха в широком диапазоне давления и расхода.

В *радиально-поршневых компрессорах* сжатие воздуха осуществляется во вращающихся цилиндрах. Во время процесса сжатия воздуха рабочий объем компрессора постепенно уменьшается.

Для большинства применяемых *лопастных компрессоров* характерна большая производительность. Изготавливаются лопастные компрессоры с аксиальным и радиальным расположением лопастей. В них воздух приводится в движение с помощью одной или нескольких турбинных колес. В лопастных компрессорах кинетическая энергия движения воздуха преобразуется в потенциальную энергию давления. В осевых компрессорах воздух перемещается лопастями в осевом (аксиальном) направлении течения потока.

Рекомендуется, чтобы продолжительность включенного состояния компрессора была не выше 75%. При этом необходимо, чтобы среднее и максимальное значения расхода воздуха пневматической установки были определены, что важно для выбора типа компрессора. Если предположить, что потребление воздуха при модернизации установки увеличится, то необходимо применять элементы системы управления и подготовки сжатого воздуха, рассчитанные на больший расход воздуха. Иначе последующая модернизация системы будет связана с большими финансовыми расходами из-за необходимости модернизации компрессорной станции заводской пневматической сети.

## Ресивер

Для стабилизации давления воздуха за компрессором устанавливается ресивер. Ресивер сжатого воздуха представляет собой емкость, способную выдерживать значительное внутреннее давление.

Если давление воздуха в ресивере опускается ниже определенного уровня, то компрессор заполняет его до тех пор, пока давление вновь не достигнет настроенного верхнего уровня. Преимущество такого режима работы заключается в том, что компрессор не работает непрерывно.

Благодаря относительно большой площади поверхности ресивера сжатый воздух в нем охлаждается. При этом выделяется конденсат, который удаляется из ресивера через дренажное отверстие.

Размеры ресивера для аккумуляции сжатого воздуха определяются исходя из производительности компрессора и количества сжатого воздуха, потребляемого пневмосистемой.

Для приближенной оценки размеров ресивера можно воспользоваться правилом: вместимость резервуара ресивера должна быть приблизительно равна объему сжатого воздуха, производимого компрессором за 1 мин.

## Осушители воздуха

В атмосферном воздухе всегда присутствует определенное количество водяного пара, т. е. воды, растворенной в воздухе на молекулярном уровне. Мера содержания водяного пара является абсолютная влажность воздуха, т. е. наибольшая масса паров воды, которая может содержаться в 1 м<sup>3</sup> воздуха. *Влажность насыщенного пара* – наибольшая масса паров воды, которая может содержаться в 1 м<sup>3</sup> воздуха при данной температуре.

Соотношение между фактическим содержанием воды и максимально возможным ее содержанием (влажность насыщенного пара) называется относительной влажностью воздуха:

$$\text{Относительная влажность} = \frac{\text{Фактическое содержание воды}}{\text{Содержание воды в состоянии насыщения}} \cdot 100\%$$

Так как влажность насыщенного пара зависит от температуры, то относительная влажность изменяется с изменением температуры, даже если абсолютная влажность остается постоянной.

*Точкой росы* называется температура, при которой относительная влажность становится равной 100%. При понижении температуры ниже точки росы начинается конденсация содержащихся в воздухе паров воды. Повышенная влажность воздуха уменьшает долговечность пневматической системы, поэтому для ее снижения необходимо устанавливать осушители.

Применяют следующие способы сушки воздуха:

- рефрижераторная сушка;
- адсорбционная сушка;
- абсорбционная сушка.

Снижение эксплуатационных расходов, сокращение времени простоя и повышения надежности пневмосистемы относительно быстро окупают дополнительные затраты на установку осушителя воздуха.

Чаще всего в установках по осушке воздуха применяются *рефрижераторные (холодильные) осушители*. Протекающий воздух охлаждается в теплообменнике. Влага, содержащаяся в потоке воздуха, выделяется и собирается в отстойнике.



Входящий в осушитель воздух предварительно охлаждается потоком выходящего холодного воздуха, поступающего из теплообменника. Затем в рефрижераторном осушителе воздух охлаждается еще на 2...5 °С. Сухой воздух фильтруется. На выходе из рефрижераторного осушителя воздух нагревается в теплообменнике от потока входящего воздуха (рисунок 3).

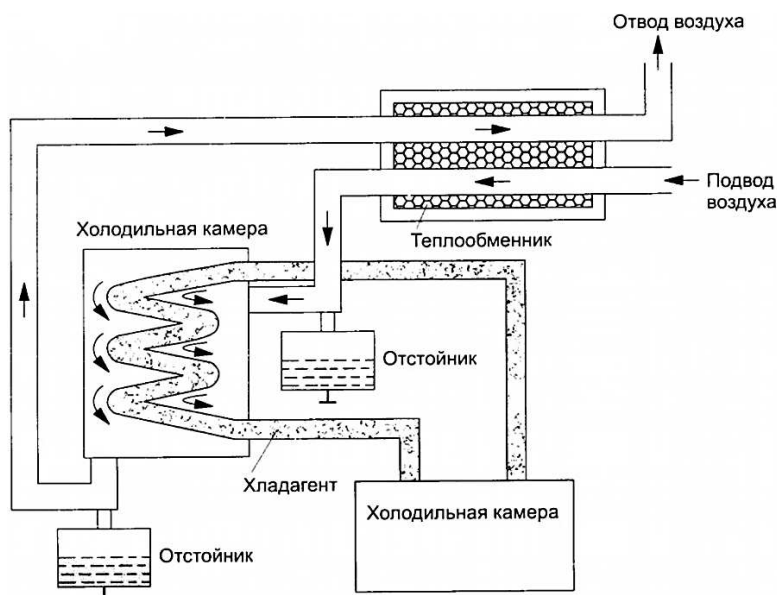


Рисунок 3 – Рефрижераторный осушитель

*Адсорбция* – процесс поглощения вещества из газа или жидкости поверхностью твёрдого тела. Осушающее вещество, которое называется гелием, имеет форму гранул, в состав которых обычно входит оксид силиция.

На практике всегда используются две ёмкости. Когда гель в одном из адсорбентов пропитывается водой, поток сжатого воздуха переключается на другой адсорбент с сухим гелием, а первый тем временем осушается (рисунок 4).

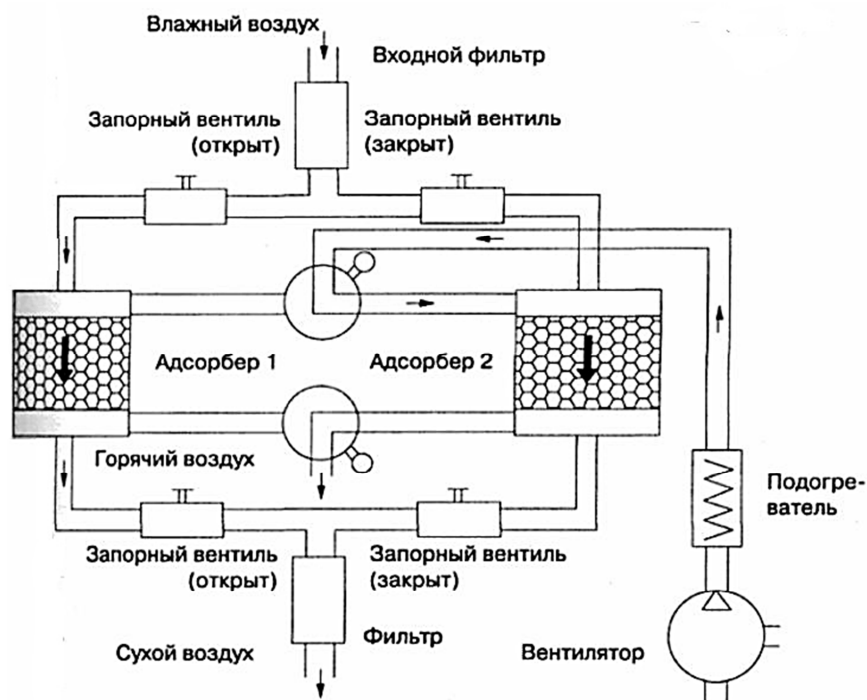
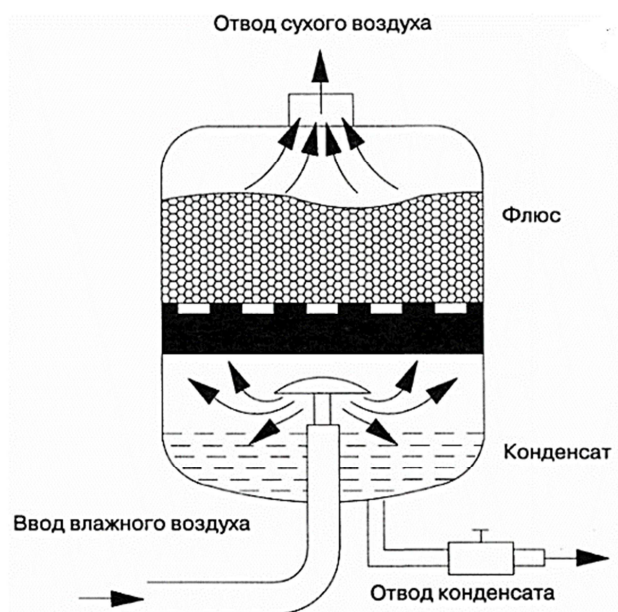


Рисунок 4 – Адсорбционный осушитель

*Абсорбция* – это чисто химический процесс, при котором твердое тело или жидкость поглощает газообразное вещество. Принципиальное отличие от адсорбционного вещества в том, что абсорбция осуществляется всей массой абсорбирующего вещества (флюс), а не поверхностным слоем (рисунок 5). Из-за высоких эксплуатационных расходов этот вид сушки применяется редко.



**Рисунок 5 – Абсорбционный осушитель**

### **Фильтр сжатого воздуха**

Входящий в воздушный фильтр сжатый воздух протекает через направляющий аппарат, который приводит воздух во вращательное движение. Под воздействием центробежных сил частицы воды и твердых загрязнений выделяются из потока воздуха. Они устремляются к внутренней стенке корпуса фильтра. Предварительно очищенный воздух затем протекает через фильтрующий элемент.

При длительной эксплуатации установки фильтрующий элемент необходимо заменять, так как он может засориться отфильтрованными частицами. С увеличением степени загрязненности фильтра возрастает его сопротивление потоку сжатого воздуха. Поэтому потери давления на фильтре становятся больше.

Для определения срока замены фильтра необходимо проводить визуальный контроль или измерение перепада давления на фильтре.

### **Регулятор давления**

Давление сжатого воздуха, поступающего от компрессора, подвержено колебаниям. Эти колебания давления питания отрицательно сказываются на скорости движения цилиндров и на характеристиках переключения клапанов, дросселей, реле времени и распределителей с памятью.

Таким образом, постоянство давления питания является необходимым условием нормальной работы пневматических систем управления. Чтобы в пневмосистеме поддерживать постоянное давление питания, за фильтром сжатого воздуха (по течению потока) устанавливается регулятор давления (редукционный клапан), задача которого - поддержание постоянного давления на выходе, несмотря на колебания давления и изменения расхода сжатого воздуха на выходе.

Установка в систему нескольких регуляторов давления позволяет независимо друг от друга поддерживать различные давления питания в отдельных ее частях.

### **Маслораспылитель**

В современных пневмосистемах обычно в жатый воздух масло не подается. Если подвижные части цилиндров, пневмомоторов и клапанов нуждаются в смазке, то воздух обогащается маслом и подается только к тем элементам установки, которые нуждаются в смазке.

Цилиндр с теплостойкими уплотнителями не должен работать с воздухом, обогащенным смазкой, т. к. воздух может вымыть теплостойкое покрытие (консистентную смазку).

Сжатый воздух должен обогащаться смазкой в тех случаях, когда:

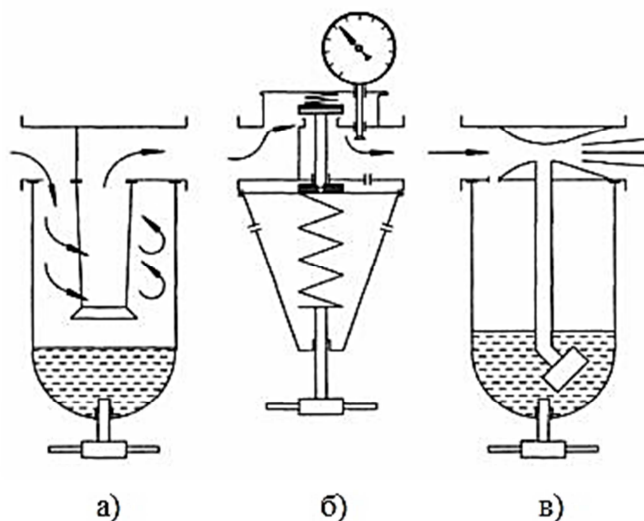
- осуществляются процессы движения с большой скоростью;
- устанавливаются цилиндры с большим внутренним диаметром.

При избыточной подаче масла могут возникнуть следующие проблемы:

- нарушение работы системы;
- повышение загрязнения окружающей среды;
- залипание элементов системы после длительного пребывания системы в покое.

### **Блок подготовки сжатого воздуха**

Различные функции системы подготовки сжатого воздуха (фильтрация, регулирование и смазка элементов пневмосистемы) могут выполняться отдельными элементами или одним устройством – блоком подготовки сжатого воздуха (рисунок 6).



*а) фильтр сжато воздуха; б) регулятор давления; в) маслораспылитель*

**Рисунок 6 – Блок подготовки сжатого воздуха**

### **Исполнительные устройства**

Исполнительные устройства предназначены для преобразования энергии сжатого воздуха в работу. Исполнительные устройства относятся к выходным элементам пневматической системы.

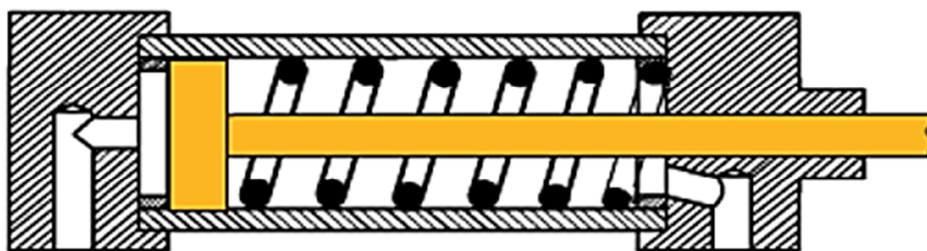
Пневматические исполнительные устройства разделяются на две группы:

- Устройства с поступательным (линейным) движением:
  - цилиндры одностороннего действия;
  - цилиндры двустороннего действия.

- Устройства с вращательным движением:
  - пневмомоторы;
  - пневмоцилиндры с вращательным движением выходного звена;
  - поворотные пневмоцилиндры.

### **Цилиндр одностороннего действия**

В цилиндрах одностороннего действия (рисунок 7) сжатый воздух воздействует на поршень только с одной стороны, с другой стороны полость цилиндра всегда соединена с атмосферой. Такой цилиндр может совершать работу только в одном направлении. Возврат поршня в исходное положение осуществляется под действием упругого элемента (обычно пружины) или внешней силы (также может поршень возвращаться под действием собственного веса).



*Рисунок 7 – Цилиндр одностороннего действия*

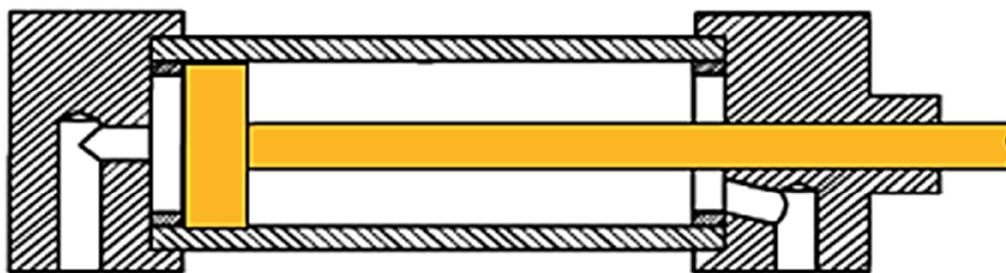
Преимущество цилиндров одностороннего действия – экономия сжатого воздуха (до 40%).

Недостатки: усилие и скорость обратного хода не могут быть изменены. Полезная мощность расходуется на сжатие пружины. Наличие пружины приводит к увеличению общей длины цилиндра и ограничивает длину рабочего хода цилиндра.

Благодаря простой конструкции цилиндры одностороннего действия применяются там, где нужно компактность и небольшие перемещения: подача заготовок, обрезка, соединение деталей, зажим заготовок, извлечение деталей, штамповка.

### **Цилиндр двустороннего действия**

Конструкция цилиндра двустороннего действия (рисунок 8) аналогична конструкции цилиндра одностороннего действия. В цилиндре уже нет возвратной пружины, т. к. теперь два присоединительных отверстия используются для привода сжатого воздуха к рабочим полостям цилиндра и его отвода. Цилиндр двустороннего действия позволяет совершать работу в двух направлениях движения штока. Это делает его более универсальным.



*Рисунок 8 – Цилиндр двустороннего действия*

При прямом ходе, когда шток цилиндра выдвигается, развиваемое им усилие несколько больше, чем при обратном ходе, когда шток втягивается, так как

площадь поршня, на которую действует сжатый воздух со стороны поршневой полости, больше, чем со стороны штоковой полости, на величину площади поперечного сечения штока.

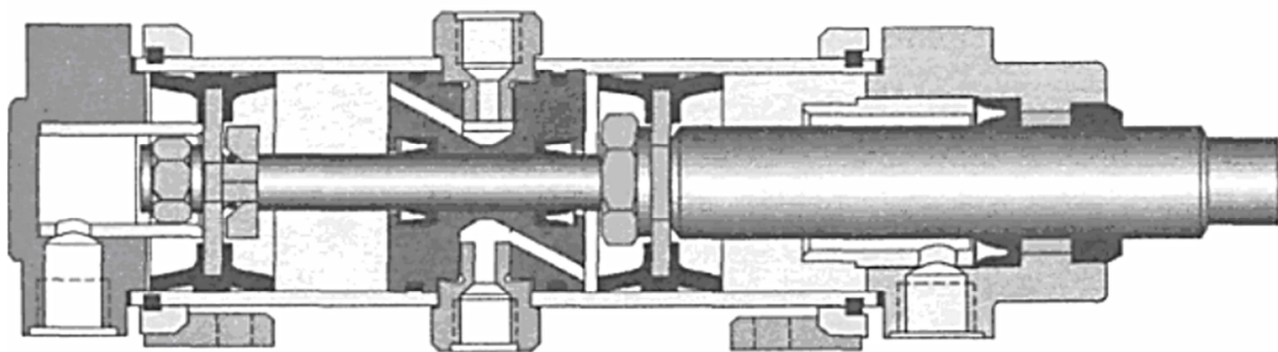
### **Цилиндр с демпфированием в конечных положениях**

Чтобы избежать сильных ударов поршня о крышку цилиндра и поломки цилиндра в случае перемещения больших масс, применяют демпфирование в конечных положениях. Бывают упругие демпферы и пневматические демпферы. На цилиндрах с большим диаметром чаще всего размещают упругие демпферы.

При значительных передаваемых усилиях и больших ускорениях движения поршня следует принимать дополнительные меры предосторожности. Для того, чтобы усилить эффект торможения, устанавливаются внешние тормозные демпферы.

### **Тандем-цилиндр (рисунок 9)**

Этот цилиндр представляет собой два цилиндра двустороннего действия с общим штоком, объединенные в одном корпусе. Воздух подается одновременно в две полости, следовательно, усилие увеличивается практически вдвое, чем обычный цилиндр с таким же диаметром поршня и штока.

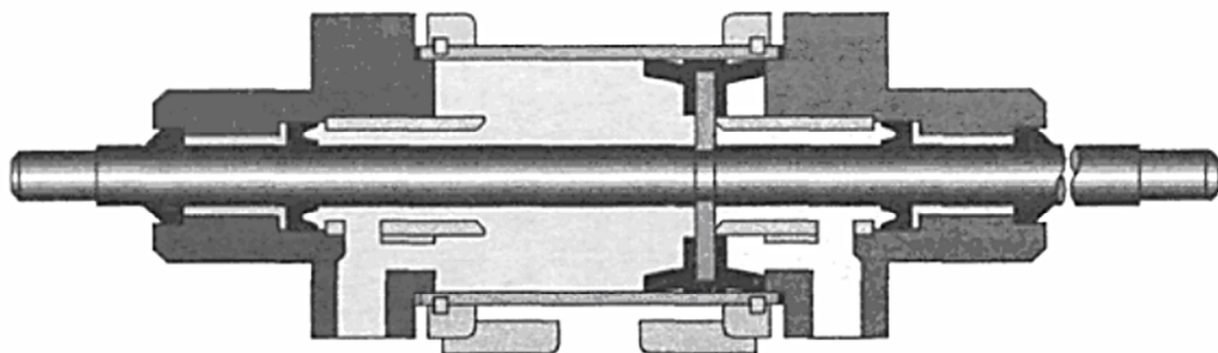


*Рисунок 9 – Тандем-цилиндр*

Тандем-цилиндры применяются там, где при ограниченных поперечных размерах цилиндра (диаметре) необходимо развивать значительные усилия.

### **Цилиндр с проходным штоком поршня (рисунок 10)**

Этот цилиндр имеет шток с обеих сторон, т. е. шток является проходным. В такой конструкции цилиндра улучшаются условия работы трущихся поверхностей поршня и штока, так как шток опирается на две опоры.



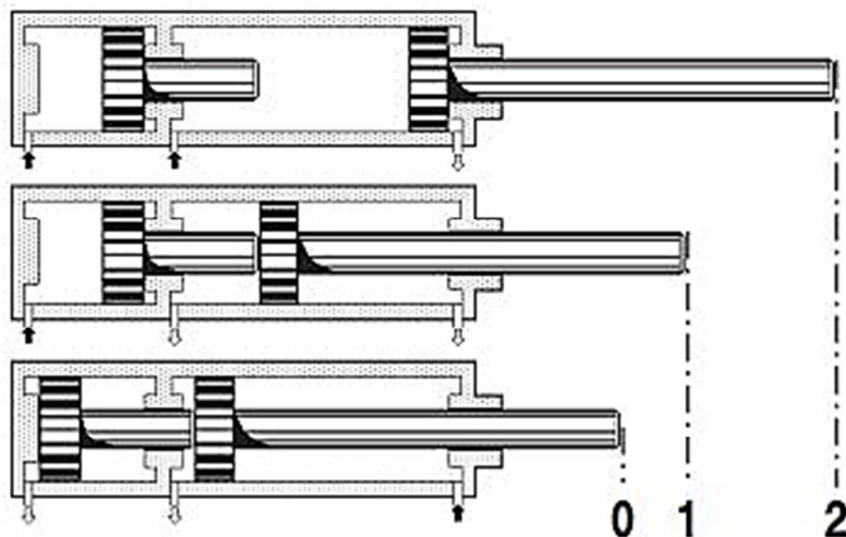
*Рисунок 10 – Цилиндр с проходным штоком поршня*

Усилия, развиваемое цилиндром, является одинаковыми в обоих направлениях движения. Проходной шток может быть полым и через него можно пропустить сжатый воздух.

Чаще всего выполняется с неподвижно закрепленным штоком, относительно которого перемещается сам корпус.

### **Многопозиционный цилиндр (рисунок 11)**

Используется тогда, когда по условиям работы необходимо иметь несколько различных фиксированных положений.



*Рисунок 11 – Многопозиционный цилиндр*

Состоит из двух или более цилиндров двустороннего действия. Цилиндры соединены соосно один с другим. Воздух может подаваться независимо в различные полости цилиндров, что обеспечивает выдвигание или втягивание отдельных цилиндров. При двух цилиндрах можно получить 3 или 4 различных конечных положения.

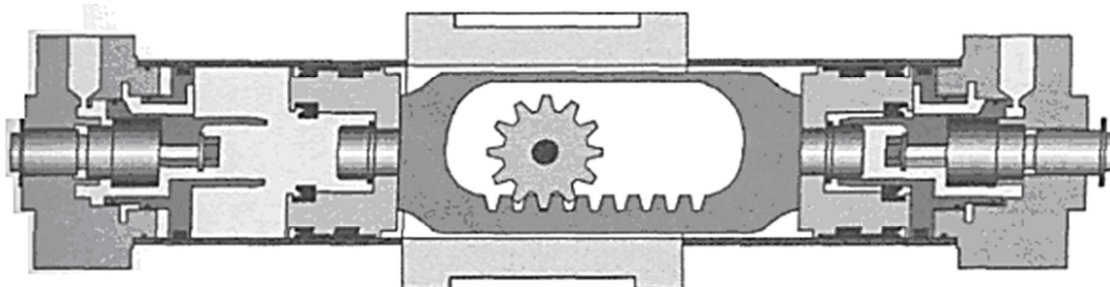
### **Поворотный цилиндр**

В поворотном цилиндре сила на выходной вал передается непосредственно через поворотную лопасть. Угол поворота может изменяться от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Вращающий момент обычно не превышает 10 Н·м.

Преимущества:

- компактность и надежность;
- регулируемость угла поворота;
- простота монтажа.

К поворотным цилиндрам относится цилиндр с вращательным движением выходного звена (рисунок 12).



*Рисунок 12 – Цилиндр с вращательным движением выходного звена*

В этих цилиндрах преобразуется линейное движение во вращательное. Диапазон поворота зубчатого колеса составляет от 45° до 360°. Вращательный момент может достигать 150 Н·м - зависит от давления, площади поршня и коэффициента преобразования пары рейка-шестерня.

### **Бесштоковые цилиндры**

Они обладают меньшей длиной конструкции. Случаи поломки штока поршня исключаются полностью. Может применяться при больших ходах (до 10 м). Усилие одинаковое в двух направлениях.

Недостатки:

- ограниченная нагрузка;
- при больших скоростях и динамике – отрыв каретки от поршня;
- малая пригодность для вертикальных перемещений.

Имеются три различных принципа конструкции:

- тросовые цилиндры;
- цилиндры с ленточной связью;
- цилиндры с магнитной связью.

### **Моторы**

Устройства, преобразующие энергию сжатого воздуха в механическую энергию непрерывного вращательного движения. В зависимости от типа конструкции различают пневмомоторы:

- поршневые;
- пластинчатые;
- шестерённые;
- динамические (турбины).

## **Распределители**

*Распределители* – это устройства, предназначенные для пуска, останова исполнительного механизма, а также изменения направления движения потока сжатого воздуха. Условное обозначение распределителя дает информацию о числе линий (каналов) для прохода/отвода сжатого воздуха, числе позиций переключения и виде управления. Это изображение не дает представления о конструкции распределителя, а указывает только на его функциональные возможности.

Конструкция распределителя оказывает существенное влияние на такие его характеристики, как срок службы, время переключения, усилие переключения, способ управления, виды присоединения к трубопроводам и размеры.

По конструктивному исполнению различают распределители с запорными элементами:

- клапанного типа – в основном используются для запорных (отсечных) распределителей, которые реализуют функцию перекрытия или открытия прохода сжатого воздуха через себя:

- шариковые;
- тарельчатые;

- золотникового типа – используются для регулирования направления движения потока сжатого воздуха:

- с цилиндрическим золотником;
- с плоским золотником;
- с торцевым золотником.

При изображении распределителя сначала чертят позиции в виде прямоугольников, затем в каждой позиции указывают каналы и стрелки, определяющие направление течения сжатого воздуха; справа и слева крайних позиций изображают вид привода распределительного органа (справа – отключение распределителя, слева – включение распределителя).

Линии присоединения распределителей могут обозначаться буквами или цифрами по ISO 5599-3:

- 1 (P) – линия (канал) питания;
- 2, 4, 6... (A, B, C...) – рабочие линии (каналы);
- 3, 5, 7... (R, S, T...) – линии (каналы) выхлопа.

Виды управления распределителями:

- ручное управление;
- механическое управление;
- пневматическое управление;
- электромагнитное управление;
- комбинированное управление.

Распределители управляющих элементов должны располагаться вблизи исполнительных устройств, чтобы сократить длину трубопроводов и время переключения самих устройств. В идеальном случае распределитель должен устанавливаться непосредственно на исполнительном устройстве, в результате чего сокращается промежуточное соединение и длина трубопроводов, следовательно, снижается время монтажа системы.

На распределителе изображается схема, но это не означает, что есть совпадение в расположении отверстий и рисунка.

### 2/2-распределитель

Имеет две линии подвода/отвода сжатого воздуха и две позиции переключения. Реализует только функцию переключения закрытия прохода сжатого воздуха через себя, не имея возможности отводить сжатый воздух в атмосферу. Применяется для управления пневмомоторами.

### 3/2-распределитель (рисунок 13)

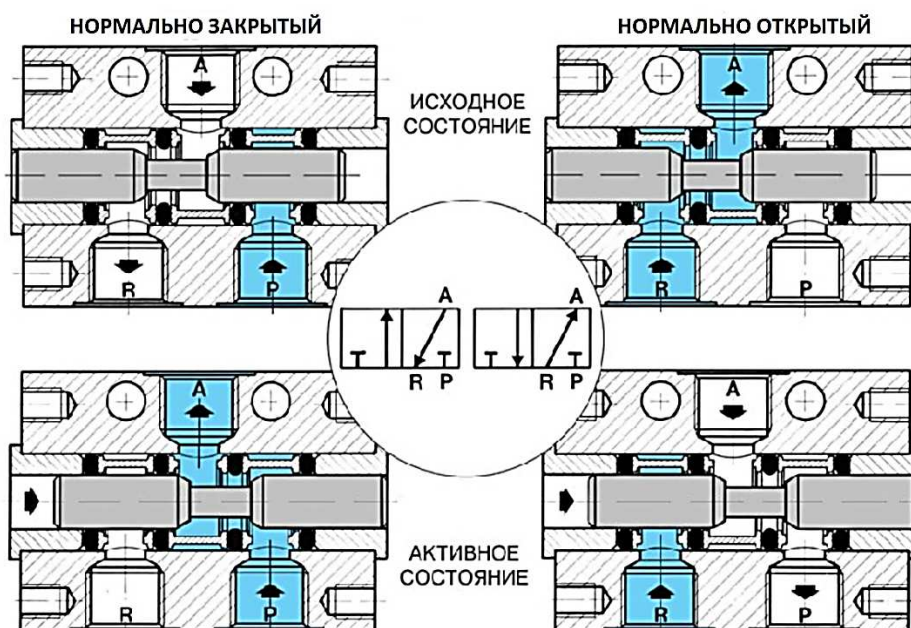


Рисунок 13 – 3/2-распределители



Может открывать и закрывать проход потока сжатого воздуха. Имеет три линии подвода/отвода сжатого воздуха и две позиции переключения. Дополнительный выхлопной канал «R» позволяет отводить сжатый воздух в атмосферу.

3/2-распределитель может иметь функцию:

– «нормально закрытый» (НЗ) – сжатый воздух соединяет канал «P» с распределителем в его свободной позиции, проход от «P» к «A» закрыт. Проход открыт между «A» и «R». Когда распределитель приводится в действие, золотник перемещается и создает соединение между «P» и «A». Канал выхлопа «R» в этом случае остается закрытым;

– «нормально открытый» (НО) – сжатый воздух соединяет канал «R» с распределителем в его свободном состоянии. При этом открыт канал «P» и «A», в то время как проход от «R» к «A» закрыт.

Применяются 3/2-распределители для управления цилиндрами одностороннего действия.

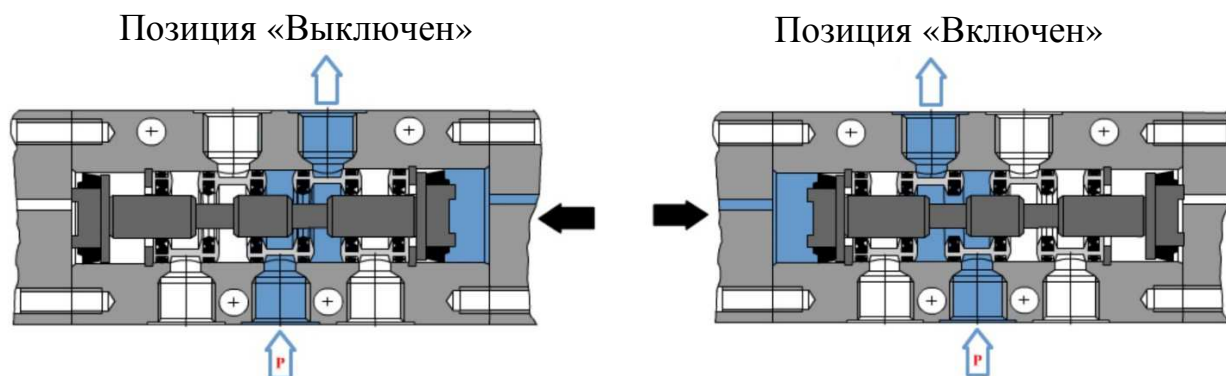
#### **4/2-распределитель**

Имеет четыре канала подвода/отвода сжатого воздуха и две позиции переключения. Они используются для управления цилиндрами двустороннего действия.

4/2-распределитель выполняет такие же функции, как и комбинация двух 3/2-распределителей, один из которых должен быть нормально открытым, а другой – нормально закрытым.

#### **5/2-распределитель (рисунок 14)**

Обычно устанавливаются в систему вместо 4/2-распределителя. 5/2-распределитель позволяет удалять воздух из рабочей полости цилиндра по различным каналам выхлопа при выдвигании и втягивании штока.



*Рисунок 14 – 5/2-распределитель*

#### **5/3-распределитель**

Имеет пять рабочих каналов подвода/отвода сжатого воздуха и три позиции переключения. С помощью таких распределителей можно останавливать поршень цилиндра двустороннего действия в любом месте по ходу движения штока. При этом в нейтральной позиции распределителя поршень цилиндра останавливается под действием кратковременного повышения давления, а движение поршня начинается со сброса давления в соответствующей полости цилиндра.

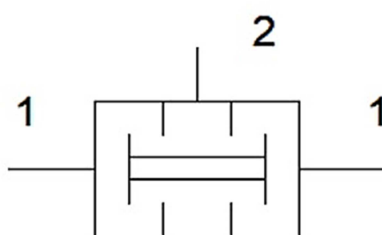
## Клапаны. Регуляторы расхода

*Пневмоклапан* – это устройство, которое предназначено для пуска и сброса сжатого воздуха в определенное время, ограничения или прекращения подачи сжатого воздуха, изменения направления движения потока сжатого воздуха.

### Обратный клапан

Это устройство, позволяющее свободно протекать сжатому воздуху в одном направлении и закрывающее его проход в противоположном. Обратный клапан полностью перекрывает поток сжатого воздуха в одном из направлений. В противоположном направлении воздух протекает с минимальной потерей давления, то есть сопротивление клапана в этом направлении минимально. В качестве подвижного запорного элемента могут применяться шарики, мембраны, конические или плоские запорные элементы.

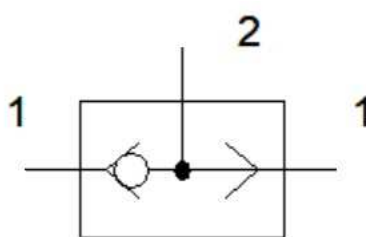
**Клапан двух давлений (логическая «И»-функция)** (рисунок 15)



*Рисунок 15 – Условное обозначение клапана двух давлений*

Этот клапан имеет два входных «1» и один выходной «2» каналы. Сжатый воздух проходит через клапан только в случае подачи сигнала на оба его входа. При подаче одного сигнала проход сжатого воздуха через клапан блокируется. Если сигнал появляется на обоих входах клапана, то последний из поданных сигналов проходит на выход. Если давление входных сигналов различно, то большее по значению прижимает подвижный элемент к упору, а на выход проходит сигнал с меньшим давлением.

**Перекидной клапан (логическая «ИЛИ»-функция)** (рисунок 16)

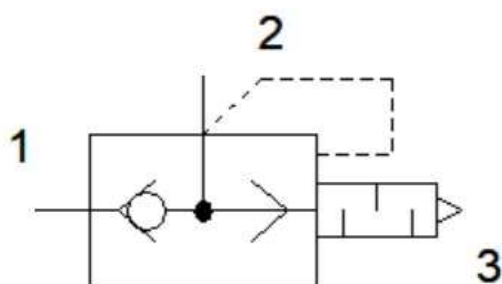


*Рисунок 16 – Условное обозначение перекидного клапана*

Этот элемент имеет два входа «1» и один выход. Если сжатый воздух подается на один из входов «1», то подвижный элемент клапана прикрывает второй вход «1», позволяя воздуху проходить на выход «2». Если сжатый воздух следует на выход «2» от второго входа «1», то запирается первый вход «1». При обратном течении сжатого воздуха, т. е. когда воздух из полости цилиндра или от распределителя выпускается в атмосферу, подвижный элемент остается в положении последнего переключения и удерживается в нем давлением протекающего через клапан воздуха.

Если необходимо управлять цилиндром или управляющим распределителем по двум или более каналам управления, то следует установить один или несколько перекидных клапанов.

**Клапан быстрого выхлопа** (рисунок 17)



*Рисунок 17 – Условное обозначение клапана быстрого выхлопа*

Используется для увеличения скорости перемещения поршня цилиндра при прямом или обратном ходе. Это сокращает время обратного хода цилиндра, что особенно важно для цилиндров одностороннего действия. За счет снижения сопротивления пневмолинии, в которой установлен клапан быстрого выхлопа, поршень цилиндра может двигаться практически с максимальной скоростью. При этом воздух сбрасывается через относительно большое выхлопное отверстие.

### **Запорный клапан**

Это устройство, которое непрерывно открывает или закрывает поток сжатого воздуха в обоих направлениях. В качестве запорных кранов широко используются вентили с шариковыми или дисковыми запорными элементами.

### **Клапаны давления**

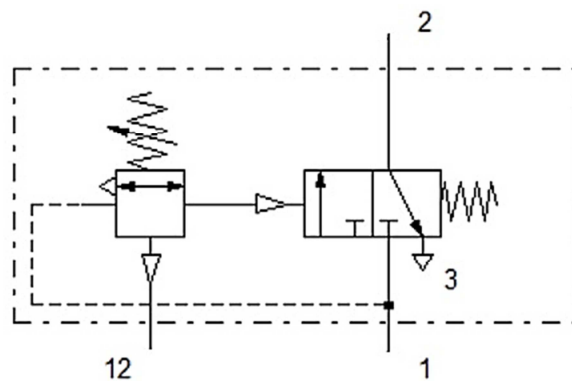
Это пневматические элементы, предназначенные для поддержания заданного уровня давления. Различают следующие типы клапанов давления:

- регуляторы давления (редукционный клапан);
- предохранительные клапаны;
- клапаны последовательности.

Предохранительные клапаны используются как устройства безопасности, защищающие пневмосистему от чрезмерного повышения давления. При достижении заданного максимального уровня давления на входе клапана он открывается и сбрасывает излишки сжатого воздуха в атмосферу. Клапан остается открытым до тех пор, пока давление не упадет до установленного значения, после чего он под действием пружины закрывается.

Клапан последовательности (рисунок 18) действует по тому же принципу, что и предохранительный клапан, т. е. при достижении на входе заданного значения давления клапан открывается. Сжатый воздух проходит через клапан от канала 1 к выходу 2, который открывается только после достижения заданного значения давления в канале управления 12. Давление входного сигнала, воздействуя через мембрану, открывает пилотный клапан, который открывает проход воздуха из линии питания к основной мембране, связанной с главным клапаном.

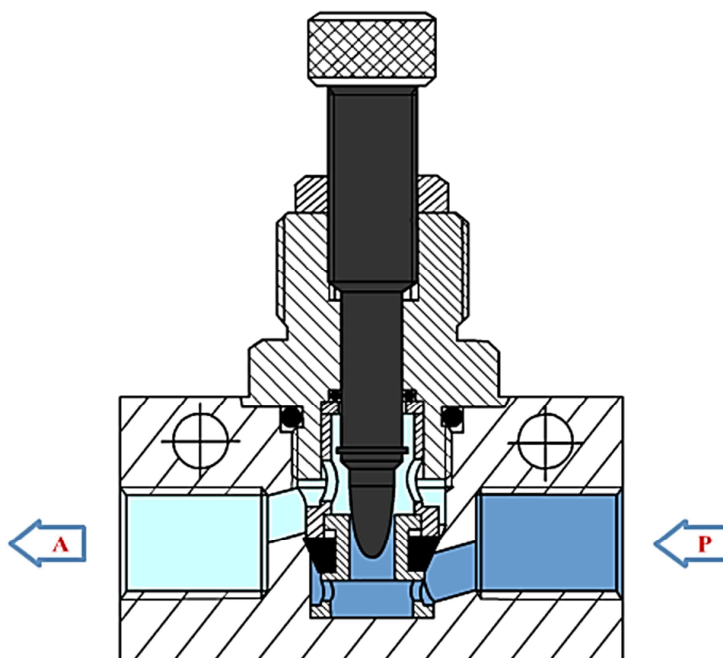
При перемещении главного клапана происходит соединение линии питания 1 с выходом 2.



**Рисунок 18 – Уловное обозначение клапана последовательности**

Клапан последовательности устанавливается в пневматической системе, в которой необходимо управление по давлению, т. е. сигнал на выполнение следующего шага поступает только после того, как давление в определенном месте системы достигает заданного значения.

**Регуляторы расхода. Дроссель (рисунок 19)**



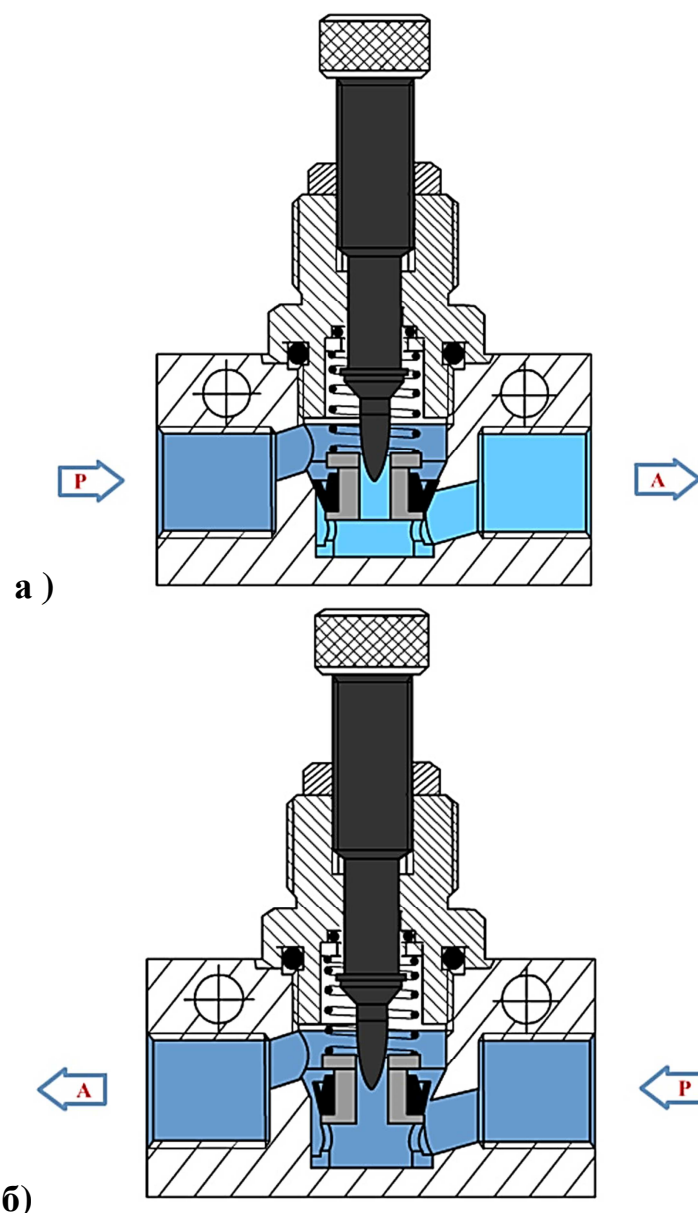
**Рисунок 19 – Регулируемый дроссель**

Дроссель дозирует расход сжатого воздуха в обоих направлениях течения потока. В пневматических системах применяются регулируемые и нерегулируемые дроссели. Дроссель применяется для управления скоростью движения штока цилиндров.

**Дроссель с обратным клапаном (рисунок 20)**

Осуществляет дросселирование сжатого воздуха только в одном направлении. Обратный клапан закрывает поток воздуха, и сжатый воздух может протекать лишь через регулируемое поперечное сечение дросселя. В обратном направлении воздух имеет свободный проход через открывающийся обратный клапан.

Дроссели с обратным клапаном применяются для регулирования скорости движения поршней пневматических цилиндров. Они должны устанавливаться в непосредственной близости от цилиндров.



а) сжатый воздух проходит через дроссель,  
 б) сжатый воздух проходит через обратный клапан  
**Рисунок 20 – Дроссель с обратным клапаном**

### **Дросселирование потока сжатого воздуха**

Различают два вида дросселирования при управлении цилиндрами:

- дросселирование в напорной линии;
- дросселирование в линии выхлопа.

При дросселировании в напорной линии дроссель с обратным клапаном устанавливается таким образом, что в цилиндр попадает дросселированный сжатый воздух. Удаление воздуха из цилиндра осуществляется свободно через обратный клапан.

При этом виде дросселирования даже при малых изменениях нагрузки на штоке возникают значительные изменения скорости перемещения поршня. Снижение нагрузки в подвижных частях цилиндра (например, нагрузки от возвратной пружины в цилиндре одностороннего действия) вызывает ускорение поршня цилиндра. Поэтому дросселирование в напорной линии применяется при управлении цилиндрами малых объемов.

При дросселировании в линии выхлопа сжатый воздух свободно проходит в полость цилиндра через обратный клапан, а вытекает из полости цилиндра через дроссель, создающий сопротивление протекающему воздуху.

Этот способ дросселирования оказывается более предпочтительным, так как скорость поршня менее восприимчива к изменениям нагрузки по ходу движения, и поэтому этот способ используется при управлении цилиндрами двустороннего действия.

Для малых цилиндров из-за незначительного расхода воздуха применяется дросселирование и в напорной линии, и в линии выхлопа.

### Комбинированные клапаны

Клапаны, регуляторы расхода и (или) другие элементы могут объединяться в различные блоки, следовательно, можно получить устройства с новыми функциями. Такие блоки называются комбинированными клапанами. Их условные графические обозначения представляют собой также комбинацию обозначений входящих в них элементов, соединенных друг с другом соответствующим образом.

К таким клапанам относится **клапан выдержки времени**. Он состоит из 3/2-распределителя, дросселя с обратным клапаном и небольшой пневмоемкостью. Обычно выпускаются с диапазоном выдержки времени 0...30 с. Этот диапазон может быть расширен при подключении дополнительной пневмоемкости. Точность выдержки зависит от степени чистоты сжатого воздуха и постоянства давления.

На рисунке 21 представлены графики переключения клапанов выдержки времени.

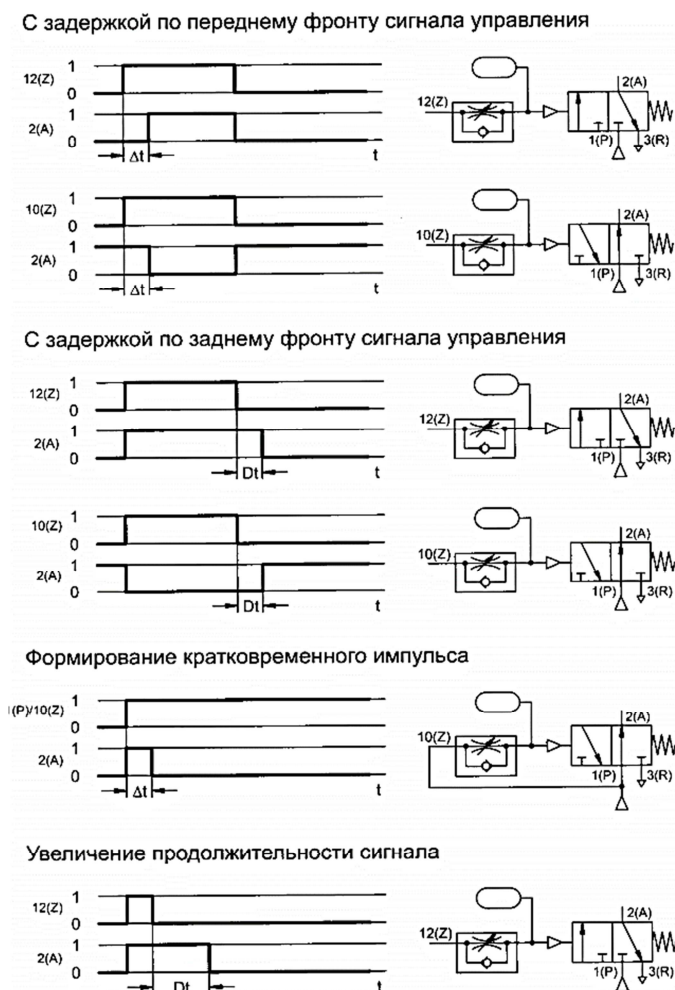


Рисунок 21 – Графики переключения клапанов выдержки времени

## **Трубопровод. Соединительные элементы**

Диаметр труб пневматической системы выбирается таким образом, чтобы потери давления на участке от компрессора до потребителя не превышали 0,1 бар.

Чаще всего главный трубопровод выполняется в виде кольца. При кольцевой прокладке трубопровода в случае больших расходов воздуха обеспечивается более равномерная подача. Трубопровод должен располагаться с уклоном 1...2% по направлению течения сжатого воздуха. Это особенно важно для тупиковых трубопроводов. Конденсат должен отбираться из самого низкого места системы.

*Фитинг* – это переходник, соединяющий между собой участки трубопроводов различного назначения. Он может соединять отрезки труб разного и одинакового диаметра, выполнять угловые повороты, разводки на несколько линий, а также присоединять к системе различные элементы (краны, счетчики, фильтры). Они делятся на:

- штуцеры – для соединения прямолинейных труб;
- тройники и крестовины – для отвода труб от центральной магистрали;
- уголки – угловые изгибы и пересечения линий трубопровода;
- заглушка ставится на конце трубы. С помощью заглушки можно отключать часть трубопровода сжатого воздуха, если она не нужна или на ней должны быть проведены работы по ремонту и обслуживанию.

## **Особенность построения пневматической схемы**

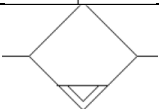
1. Тип двигателя подбирается исходя из требований технологического процесса.
2. К выбранному двигателю подбирается марка распределителя. Распределители изображаются под двигателем.
3. Определяется исходное положение выходного звена и подключаются все элементы для реализации процесса. Указывается способ включения/отключения распределителя.
4. Нумеруются элементы пневматической системы следующим образом:
  - «0» – элементы энергоснабжения (подсистемы подготовки сжатого воздуха);
  - «1.0; 2.0; 3.0...» – исполнительные устройства (цилиндры, пневмомоторы);
  - «1.1; 1.2; 2.1; 2.2; ...» – распределители, при этом 1.1 и 1.2... – это распределители, которые управляют первым цилиндром; 2.1 и 2.2... – распределители, которые управляют вторым цилиндром.
5. Реальное пространственное изображение не принимается во внимание.
6. Поток сжатого воздуха в цепи направлен снизу вверх. Подсистема подготовки сжатого воздуха может изображаться упрощенно, а чертиться на отдельном чертеже.
7. Пневматическая схема разрабатывается от двигателя к компрессору, а читается наоборот.
8. Поиск неисправности идет от двигателя к компрессору.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

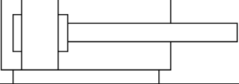
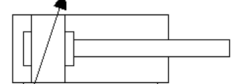
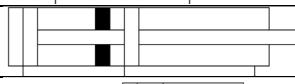

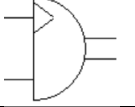
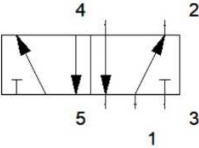
1. Основной курс «Пневмоавтоматика»: Учебное пособие. – FESTO DIDACTIC, 2006. – 145 с.
2. Международные курсы «Пневмоавтоматике»: Учебное пособие / Под ред. ООО «ЭС ЭМ СИ ПНЕВМАТИК», 2013. – 176 с.
3. Сырицын Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов, – М.: Машиностроение, 1990. – 249 с.
4. Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические системы. Пневматические приводы и средства автоматизации. Часть 1: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ, 2004. – 240 с.

## Приложение

Таблица – Основные условные обозначения, применяемые в пневмоавтоматике по DIN ISO 1219

Условные обозначения	Расшифровка на пневматической схеме
Подсистема снабжения сжатым воздухом	
	Компрессор с постоянным рабочим давлением
	Компрессор с регулируемым рабочим давлением
	Пневмоаккумулятор (ресивер)
	Источник давления
	Воздушный фильтр
	Влагоотделитель с ручным управлением
	Влагоотделитель автоматический
	Фильтр с влагоотделителем
	Маслораспылитель
	Блок подготовки воздуха, состоящий из воздушного фильтра с влагоотделителем, редукционного клапана и манометра
	Упрощенное обозначение блока подготовки воздуха
Исполнительные устройства	
	Цилиндр одностороннего действия (толкающий)
	Цилиндр одностороннего действия (тянущий)



Условные обозначения	Расшифровка на пневматической схеме
	Цилиндр двустороннего действия с нерегулируемым демпфированием
	Цилиндр двустороннего действия с регулируемым демпфированием
	Тандем-цилиндр
	Цилиндр двустороннего действия с проходным штоком
	Бесштоковый цилиндр с магнитной связью
	Пневматический поворотный цилиндр
	Пневмомотор
<b>Распределители</b>	
	2/2-распределитель нормально закрытый
	2/2-распределитель нормально открытый
	3/2-распределитель нормально закрытый
	3/2-распределитель нормально открытый
	4/2-распределитель
	5/2-распределитель
	5/3-распределитель, перекрытый в средней позиции

Условные обозначения	Расшифровка на пневматической схеме
Способы управления распределителями	
Ручное управление:	
	общее обозначение
	с помощью кнопки
	с помощью рычага
	с помощью рычага с фиксацией
Механическое управление:	
	с помощью толкателя
	с помощью роликового рычага
	с помощью ломающегося ролика, срабатывающего только в одном направлении
	с помощью пружины
Пневматическое управление:	
	прямое управление, путем подачи давления
	непрямое управление (с предварительным усилием), путем подачи давления
Электромагнитное управление:	
	с помощью электромагнита
Комбинированное управление:	
	непрямое электрическое и вспомогательное ручное управление с пневматическим усилием
Клапаны. Регуляторы расхода	
	Обратный клапан
	Перекидной клапан («ИЛИ»-элемент)

Условные обозначения	Расшифровка на пневматической схеме
	Клапан двух давлений («И»-элемент)
	Клапан быстрого выхлопа
	Дроссель регулируемый
	Дроссель с обратным клапаном
	Регулируемый редукционный клапан
	Предохранительный клапан
	Клапан последовательности
	Клапан выдержки времени
Вспомогательные условные обозначения	
	Внешняя линия без узла для присоединения
	Внешняя линия с резьбой для присоединения
	Глушитель шума
	Соединение трубопроводов
	Пересечение трубопроводов
	Манометр
	Оптический индикатор

Учебное издание

**Составители:**

*Голуб Владимир Михайлович*

*Жук Александр Сергеевич*

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ по дисциплине  
«Пневматика и пневмоавтоматика»

*для студентов специальностей:*

*1 – 36 01 03 «Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»,*

*1 – 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»,*

*1 – 37 01 07 «Автосервис»,*

*1 – 37 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств»*

Часть 1

Ответственный за выпуск: Жук А.С.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано в печать 31.12.2019 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,63. Уч. изд. л. 1,75. Заказ № 1731. Тираж 21 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.