



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые процессы»

## ОТЧЕТ

по практической работе

по дисциплине Устройства гидравлических и пневматических систем

На тему: Изучение структуры и элементной гидравлического привода

Специальность (направление) \_\_\_\_\_

Обозначение лабораторных работ УГПС-1 группа \_\_\_\_\_

Автор \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (Подпись)

Преподаватель \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.) (Подпись)

Ростов-на-Дону  
20\_\_ г.

# 1. СТРУКТУРА ГИДРОПРИВОДА

1.1 Изучить основы функционирования, конструкцию, технические характеристики направляющей, регулирующей и силовой гидроаппаратуры.

1.2 Приобретение практических навыков по разработке, сборке и определению конструктивных параметров основных элементов промышленного гидропривода.

1.3 Закрепление теоретических знаний по разделу «Устройства и элементы гидропривода».

Гидравлический привод и системы гидроавтоматики являются перспективным средством автоматизации производственных процессов. Такие системы имеют ряд преимуществ и открывают большие возможности для создания машин с улучшенными характеристиками:

- При передаче идентичной мощности гидромоторы более компактны (их габариты составляют 12-20% от габаритов гидродвигателя) они менее металлоемки, имеют более высокое быстродействие срабатывания.
- Простота выполнения бесступенчатого регулирования скорости движения и реверсированного прямолинейного движения с плавным разгоном и торможением.
- Автоматическая защита привода от перегрузки, простота сборки, монтажа, обслуживания.
- Способность развивать большие статические усилия и крутящие моменты.



Рис.1 – Структурная схема объемного гидравлического привода

*Гидроприводом называется - \_\_\_\_\_*

---

---

---

В общем случае гидравлические системы состоят из следующих типовых устройств:

**1. Объемные гидравлические машины:**

а) **Исполнительные устройства:** гидромоторы устройства для преобразования гидравлической энергии жидкости в механическую энергию движения выходного звена (вращающегося - гидромоторы, возвратно-поступательного - силовые цилиндры).

б) **Источники энергии:** насосы устройства для преобразования механической энергии входного звена (электродвигатель - насосы, ручной привод - помпы) в гидравлическую энергию жидкости.

**2. Гидроаппаратура :**

а) **Регулирующие** устройства для изменения параметров рабочей жидкости (давления и расхода), т.е. напорные золотники, предохранительные клапаны, редукционные клапаны, подпорные клапаны, реле давления, дросселя, регуляторы расхода;

б) **Управляющие** устройства для изменения направления движения потока рабочей жидкости (различные распределители).

**3. Приборы** - устройства для контроля параметров потока рабочей жидкости (манометры, термометры, расходомеры, датчики температуры, датчики давления).

**4. Емкости, гидроаккумуляторы** - резервные накопители энергии.

**5. Гидролинии** - трубопроводы (жесткие и гибкие), обеспечивающие передачу энергии потока.

**6. Кондиционеры** – устройства для стабилизации температуры рабочей жидкости (теплообменные аппараты, баки и т.д.).

**7. Вспомогательные устройства** (фитинги, фильтры, резервуары и т.д.).

## 2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЦИЛИНДРЫ

**Гидравлические цилиндры** – это простейшие по конструкции объемные гидромашины предназначенные для выполнения линейных движений, а в сочетании с преобразующими механическими передачами типа шестерня-рейка или винт-гайка и для угловых перемещений.

Конструкция гидроцилиндра зависит в основном от целей его применения. Неважно, где гидроцилиндры находят свое применение — в станках, различных механизмах, гидротехническом строительстве с использованием стальных конструкций, в сталелитейном производстве или других случаях — для всех подобных задач созданы подходящие конструкции.

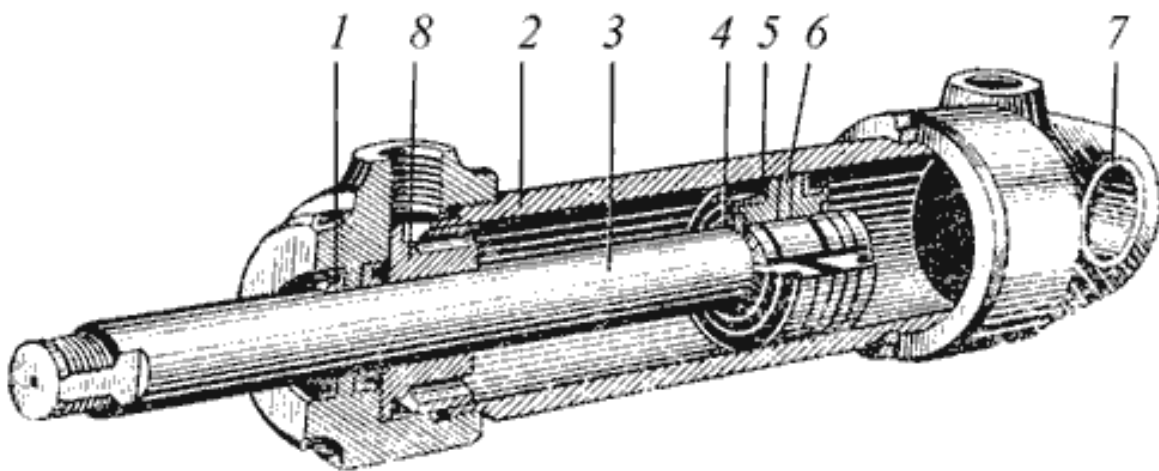


Рис. 1 - Конструкция поршневого гидроцилиндра двустороннего действия

В качестве примера рассмотрим конструкцию поршневого гидроцилиндра двустороннего действия, который приведен на рисунке 1.

Основой конструкции является **гильза 2**, представляющая собой трубу с тщательно обработанной внутренней поверхностью. Внутри гильзы перемещается **поршень 6**, имеющий резиновые манжетные **уплотнения 5**, которые предотвращают перетекание жидкости из полостей цилиндра, разделенных поршнем. Усилие от поршня передает **шток 3**, имеющий полированную поверхность. Для его направления служит **грудбукса 8**. С двух сторон гильзы укреплены крышки с отверстиями для подвода и отвода рабочей жидкости.

Уплотнение между штоком и крышкой состоит из двух манжет, одна из которых предотвращает утечки жидкости из цилиндра, а другая служит **грязесъемником 1**. **Проушина 7** служит для подвижного закрепления гидроцилиндра. На нарезанную часть штока крепится проушина или деталь, соединяющая гидроцилиндр с подвижным механизмом.

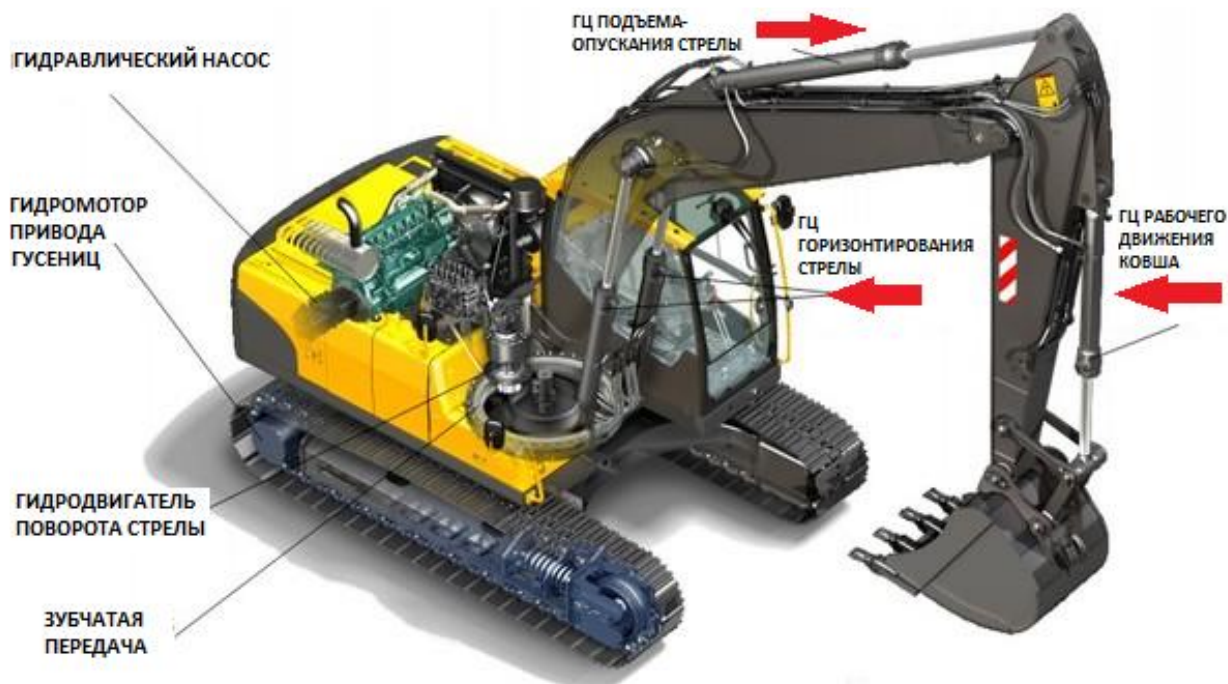


Рис. 2 - Применение силовых гидроцилиндров в приводе стрелы ковша экскаватора

Примером использования гидроцилиндров двустороннего действия (рис.1) с проушинами для крепления в качестве силовых гидродвигателей, может служить гидропривод управления стрелой экскаватора. Здесь ГЦ выполняют задачи подъема и опускания стрелы ковшевого экскаватора, а так же исполняют рабочее движение ковша.

**Основными параметрами поршневого гидроцилиндра являются:** диаметры поршня  $D$  и штока  $d$ , рабочее давление  $P$ , и ход поршня  $S$ .

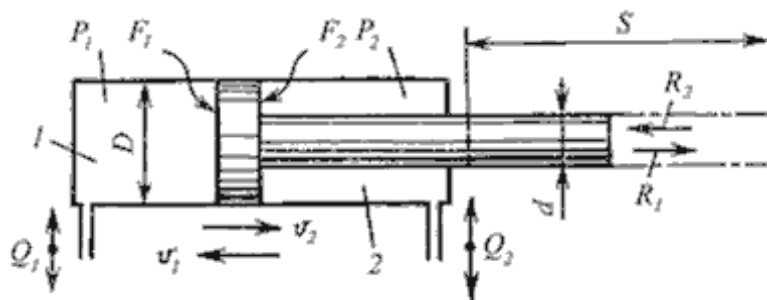


Рис.3 - Расчетная схема одноштокового гидроцилиндра

Рассмотрим поршневой гидроцилиндр с односторонним штоком (рис.4.6). По основным параметрам можно определить следующие зависимости:

- 1) Площадь поршня в поршневой полости 1 и в штоковой полости 2 соответственно:

$$F_1 = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{и} \quad F_2 = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

- 2) Усилие, развиваемое штоком гидроцилиндра при его выдвижении и втягивании соответственно:

$$R_1 = F_1 k_{тр} \quad \text{и} \quad R_2 = F_2 k_{тр},$$

где  $k_{тр} = 0,9 \dots 0,98$  - коэффициент, учитывающий потери на трение;

- 3) Скорости перемещения поршня:

$$v_1 = \frac{4Q_1}{\pi D^2} \quad \text{и} \quad v_2 = \frac{4Q_2}{\pi(D^2 - d^2)}$$

### **Задание.**

Используя макет гидроцилиндра двустороннего действия, выполнить следующие расчеты:

- 1) Произвести измерения основных параметров гидроцилиндра.
- 2) Выполнить эскиз гидроцилиндра, с указанием габаритных размеров, резьбовых присоединительных отверстий и диаметров поршня, штока, гильзы, на основании данных п.1.
- 3) Определить следующие параметры:
  - 3.1 Площади поршня в поршневой ( $F_1$ ) и в штоковой полостях ( $F_2$ );
  - 3.2 Усилие, развиваемое штоком гидроцилиндра при его выдвижении ( $R_1$ ) и втягивании ( $R_2$ );
  - 3.3 Скорости перемещения поршня в прямом ( $V_1$ ) и обратном ( $V_2$ ) направлениях. (Номинальный расход ГЦ  $Q_{ном} = 31,7$  л/мин.
- 4) Заполнить таблицу 1 основных параметров гидроцилиндра.

Примечание. Для образца выполнения эскиза, использовать сборочный чертеж в прил.1.



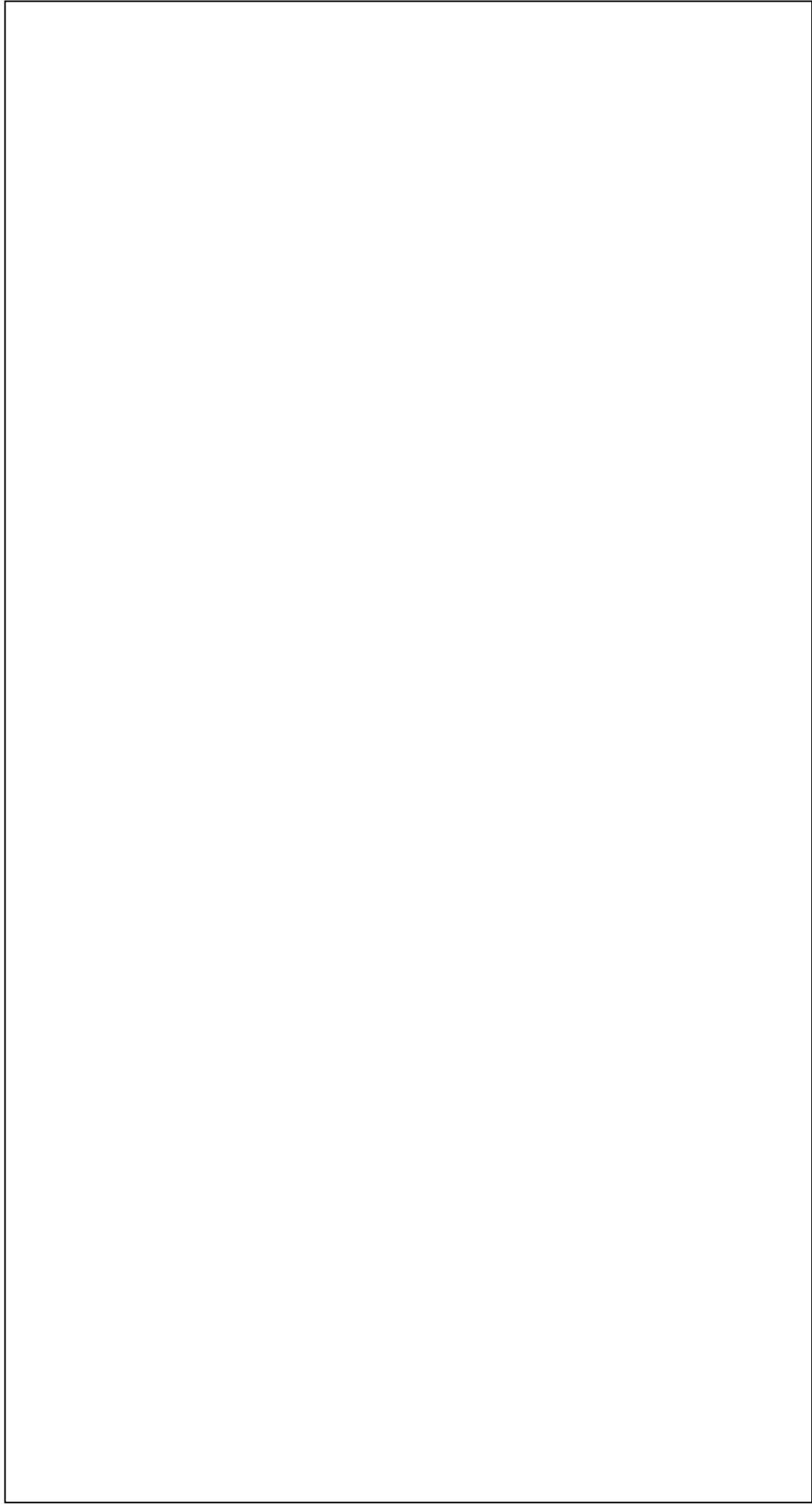


Рис.4. Эскиз гидравлического цилиндра двустороннего действия:

---

---

---



### 3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ НАСОС

Насос – машина предназначенная для преобразования механической энергии подводимой к его валу, в гидравлическую энергию потока жидкости. Насосы являются источниками энергии для гидросистем, например привода экскаватора (рис.5). Рассмотрим наиболее распространённую конструкцию шестеренного насоса. В объемных насосах подача жидкости осуществляется вследствие ее вытеснения из рабочей камеры, объем которой изменяется. Рабочая камера попеременно соединяется с зонами всасывания и нагнетания.

Рабочая камера двух-шестеренного насоса, исследуемого в этой работе и показанного на рис.5, - впадина между двумя соседними зубьями. Количество рабочих камер равно общему количеству зубьев двух шестерен.

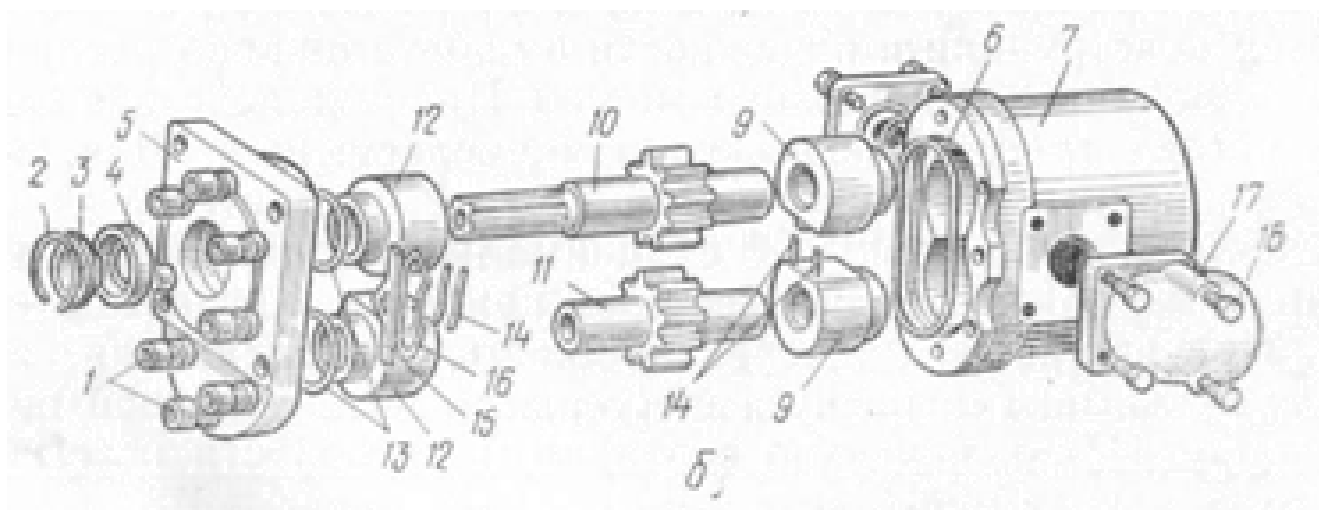


Рис.5 - Шестеренный насос-гидромотор МНШ: 1, 18 — винты, 2, 3 — стопорное и опорное кольца уплотнения, 4 — уплотнение, 5 — крышка, 6 — уплотнительное кольцо крышки, 7 — корпус, 8 — коническое резьбовое отверстие, 9, 12 — задние и передние втулки, 10, 11 — ведущий и ведомый валы-шестерни, 13— уплотнительные кольца передних втулок, 14—направляющие проволоки, 15 — разгрузочные пластины, 16 — уплотнительные кольца, 17 — патрубок.

При вращении шестерни 10, закрепленной на валу насоса и зацепляющейся с ней шестерни 11, свободно вращающейся на оси, впадины между зубьями (рабочие камеры) заполняются жидкостью в зоне, связанной со входом насоса. Далее рабочие камеры, по мере вращения шестерен, переносятся вдоль внутренней поверхности корпуса 7 насоса в зону, связанную с выходом насоса. В эту зону жидкость вытесняется входящим во впадину зубом сопряженной шестерни.

Между крышкой 5 и корпусом 7 проложено уплотнительное кольцо 6 из маслостойкой резины. Для предупреждения вытекания рабочей жидкости и защиты втулки от попадания пыли и грязи установлено уплотнение 4, фиксируемое стопорным 3 и опорным 2 кольцами. Втулки 9 и 12 автоматически

прижимаются к шестерням независимо от их изнашивания путем подачи рабочей жидкости под давлением в торец втулки. Этим достигается высокий КПД насоса и увеличивается срок его службы.

Чтобы избежать перекоса втулок 9, 12 из-за неравномерной нагрузки в зоне камер всасывания и нагнетания, со стороны всасывающей камеры установлена фигурная разгрузочная пластина 15, обтянутая по контуру резиновым кольцом 16.

Основными характеристиками насосов являются зависимости производительности  $Q$ ; полезной мощности  $N_n$ ; мощности на валу  $N_{вн}$ ; полного к.п.д.  $\eta$ ; объемного к.п.д.  $\eta_0$  от давления  $p$  в нагнетательной линии. Все параметры можно определить по формулам:

1. Объем одной рабочей камеры, если принимать его равным объему впадины зубчатой рейки, равен:

$$W_o \approx 0,5 \cdot h \cdot t \cdot b, \quad (1)$$

где  $h$  - высота зуба, м;

$t$  - шаг зацепления, м;

$b$  - длина зуба, м.

2. Рабочий объем насоса  $q_n$  характеризующий суммарное изменение объема 2-х рабочих камер за один оборот шестерен равен:

$$q_n = h \cdot t \cdot b \cdot z, \quad (2)$$

где  $z$  - число зубьев шестерни.

3. Расчетная производительность (подача)  $Q_n$  насоса равна:

$$Q_n = q_n \cdot n_n = h \cdot t \cdot b \cdot z \cdot n_n, \quad (3)$$

где  $n_n$  - число оборотов приводного (первичного) двигателя.

Полный к.п.д. насоса, который учитывает все потери определяется формулой:

$$\eta = \frac{N_n}{N_{вн}} \quad (4)$$

4. Мощность на валу насоса, приводом которого является первичный двигатель:

$$N_{вн} = N_{нд} \cdot \eta_{нд} \text{ кВт}, \quad (5)$$

где  $N_{нд}$  - мощность подведенная к первичному двигателю, Вт;

$\eta_{нд}$  - КПД первичного двигателя.

5. Полезная мощность определяется соотношением:

$$N_n = p \cdot Q \quad \text{кВт}, \quad (6)$$

где  $p$  - давление нагнетания в Па;

$Q$  - производительность в м<sup>3</sup>/с.

## Объемный насос

Тип, завод-изготовитель	
h- высота зуба, м;	
t - шаг зацепления, м;	
b - длина зуба, м.	
z– число зубьев шестерни	
Номинальное давление, МПа	
3. Расчетная подача, м <sup>3</sup> /с	
Частота вращения номинальная, об/мин	
Полный КПД	
Потребляемая / Отдаваемая мощность, Вт	

Расчет параметров	Обозначение по ЕСКД
<p>Назначение и область применения устройства:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
<p>Принцип действия устройства:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

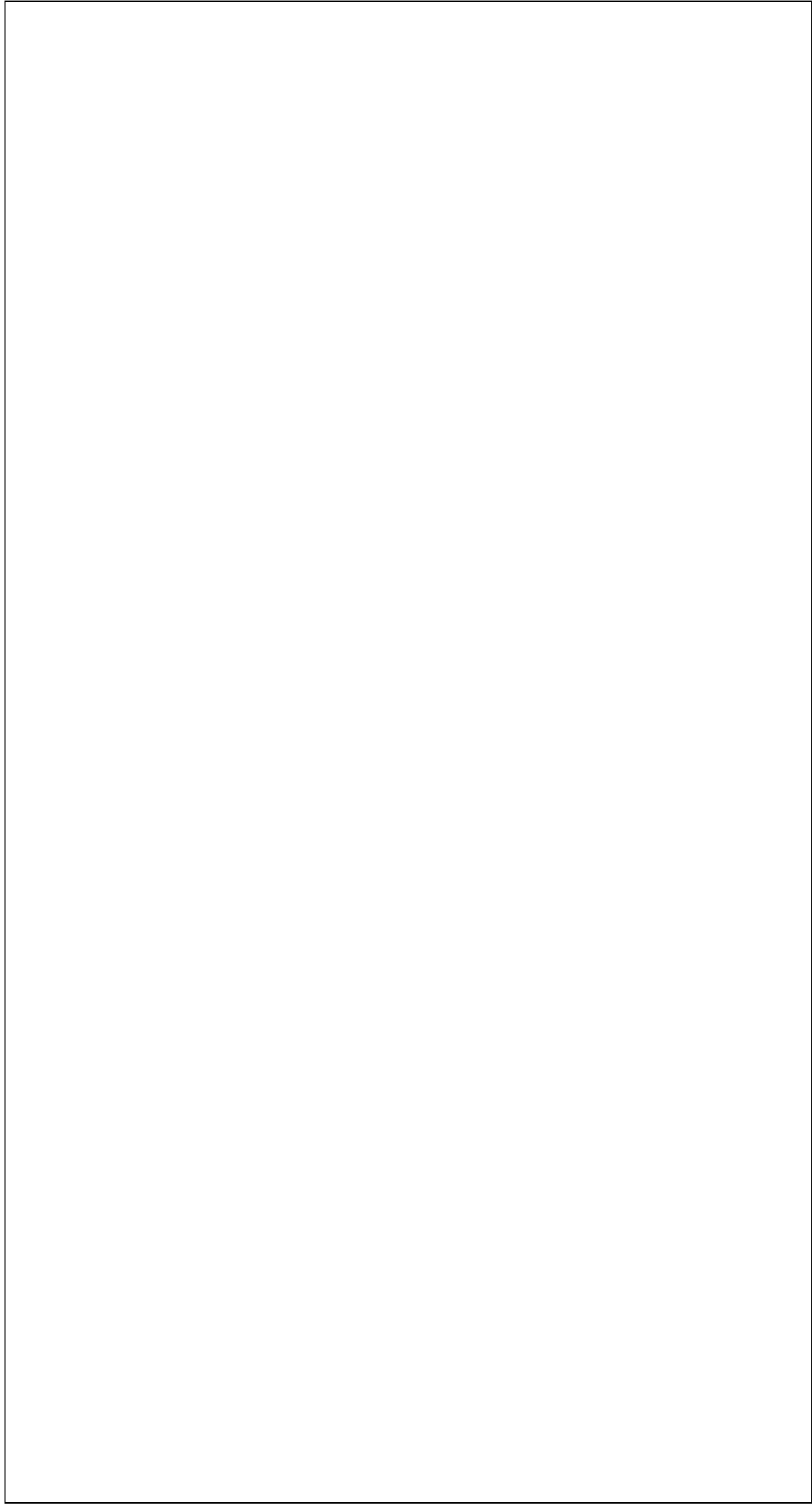


Рис.6. Эскиз шестеренного насоса:

---

---

---

## 4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ

Распределительные устройства предназначены для подвода, отвода, изменения направления движения или перекрытия потока рабочей жидкости.

По конструктивному признаку различают устройства золотникового и незолотникового типа. Первую группу можно классифицировать как золотниковые, крановые и клапанные распределители.

В золотниковых распределителях распределительный элемент - золотник 6 имеет в корпусе 3 с окнами 1, 8, 4, 8 для подвода и отвода жидкости (рис. 7, рис.8).

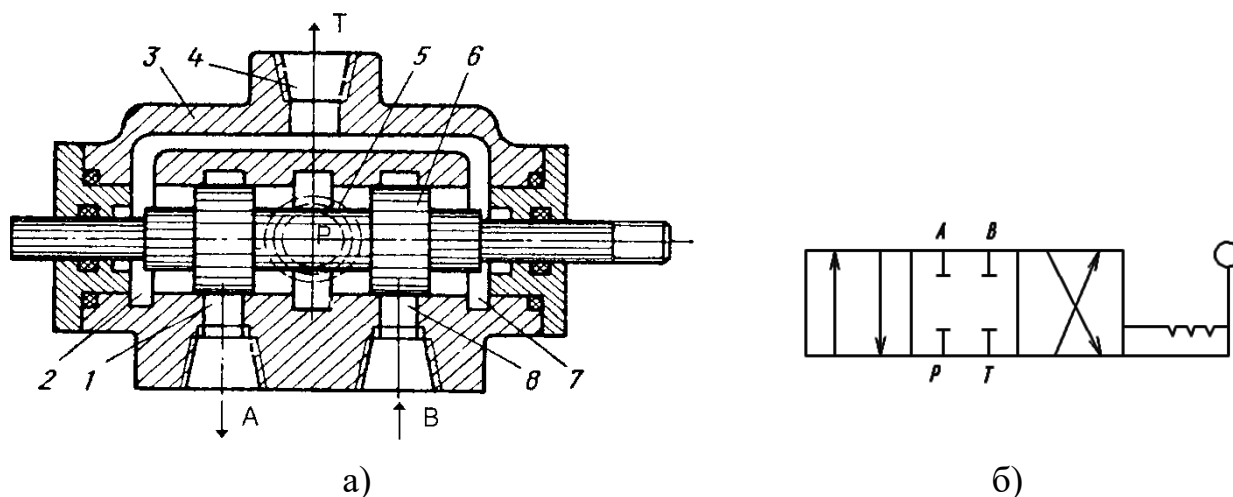


Рис. 7 - Золотниковый распределитель с ручным управлением:

а) принципиальная схема, б) условное обозначение; 1,4,5,8 – каналы подвода; 2,7 – каналы внутренней комутации; 3 – корпус; 6 – золотник.

Распределители могут быть прямого и непрямого действия. В распределителях прямого действия управляющий внешний сигнал действует непосредственно на распределительный элемент, в распределителях непрямого действия (двухкаскадных) внешний сигнал действует на распределительный элемент через дополнительное специальное устройство (сервоустройство).

В распределителях с гидравлическим управлением (рис.8) в крышках, закрывающих корпус распределителя 1 с торцов, выполнены дроссели 3, 4, шунтированные обратными клапанами 5, 6.

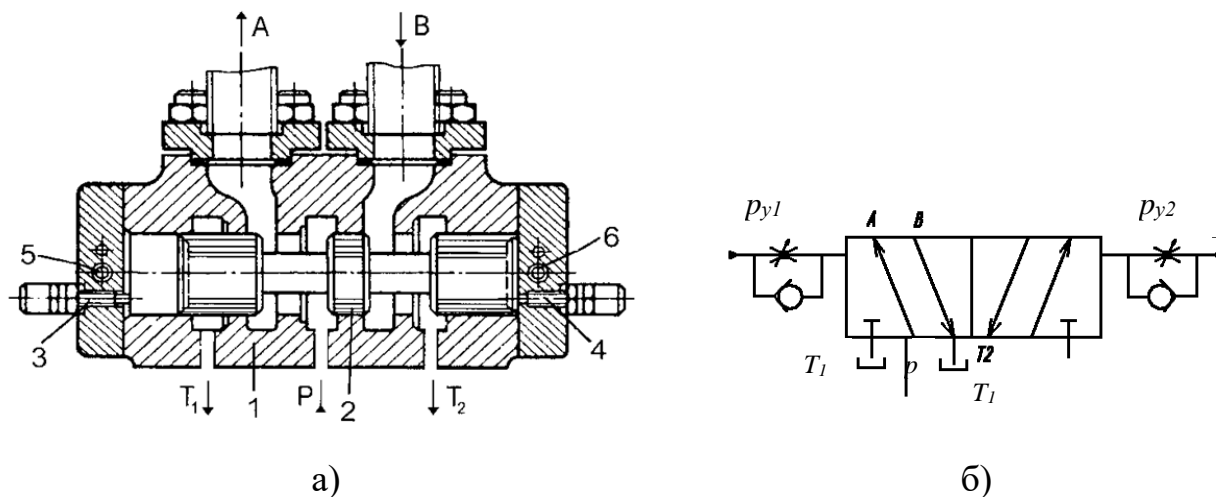


Рис. 8 - Золотниковый распределитель с гидроуправлением:  
а) принципиальная схема, б) условное обозначение; 1 – корпус; 2 – золотник;  
3,4 – дроссель; 5,6 – обратный клапан.

При подаче управляющего сигнала под левый торец распределителя, рабочая жидкость из управляющей магистрали через обратный клапан 5 поступает в левую полость золотника, перемещая его в правое положение. Время переключения определяется настройкой дросселя 4, через который жидкость сливается из-под правого торца. Это исключает возможность возникновения гидравлического удара в системе при переключении и удары плунжера о крышки корпуса.

### Гидрораспределитель тип Р-103В

Базовой деталью гидрораспределителя является пятиканавочный корпус 1, в котором выполнены основные каналы: Р - отверстие для входа рабочей жидкости под давлением; А и В - отверстия для присоединения к другим гидроустройствам; Т - отверстие для выхода рабочей жидкости в бак. Полости "Т" внутри объединены между собой. В центральном отверстии корпуса диаметром 16 мм расположен золотник 2. Золотник приводится в действие через толкатели 3 узлом управления, в качестве которого используются: герметичный электромагнит переменного или постоянного тока, гидропривод, пневмопривод, рукоятка, ролик. Электромагнит гидрораспределителя имеет кнопку 4 (аварийную), которая позволяет перемещать золотник при отключенном электромагните.

Гидрораспределитель\_\_\_\_\_

Тип, завод-изготовитель	
Рабочее давление, номинальное, МПа	
максимальное, МПа	
минимальное, МПа	
Условный проход, м;	
Расход РЖ, номинальный, л/мин	
максимальный	
минимальный	
Внутренние утечки, см <sup>3</sup> /мин;	
Номинальная толщина фильтрации, МПа	

Расчет параметров	Обозначение по ЕСКД
<p>Назначение и область применения устройства:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
<p>Принцип действия устройства:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

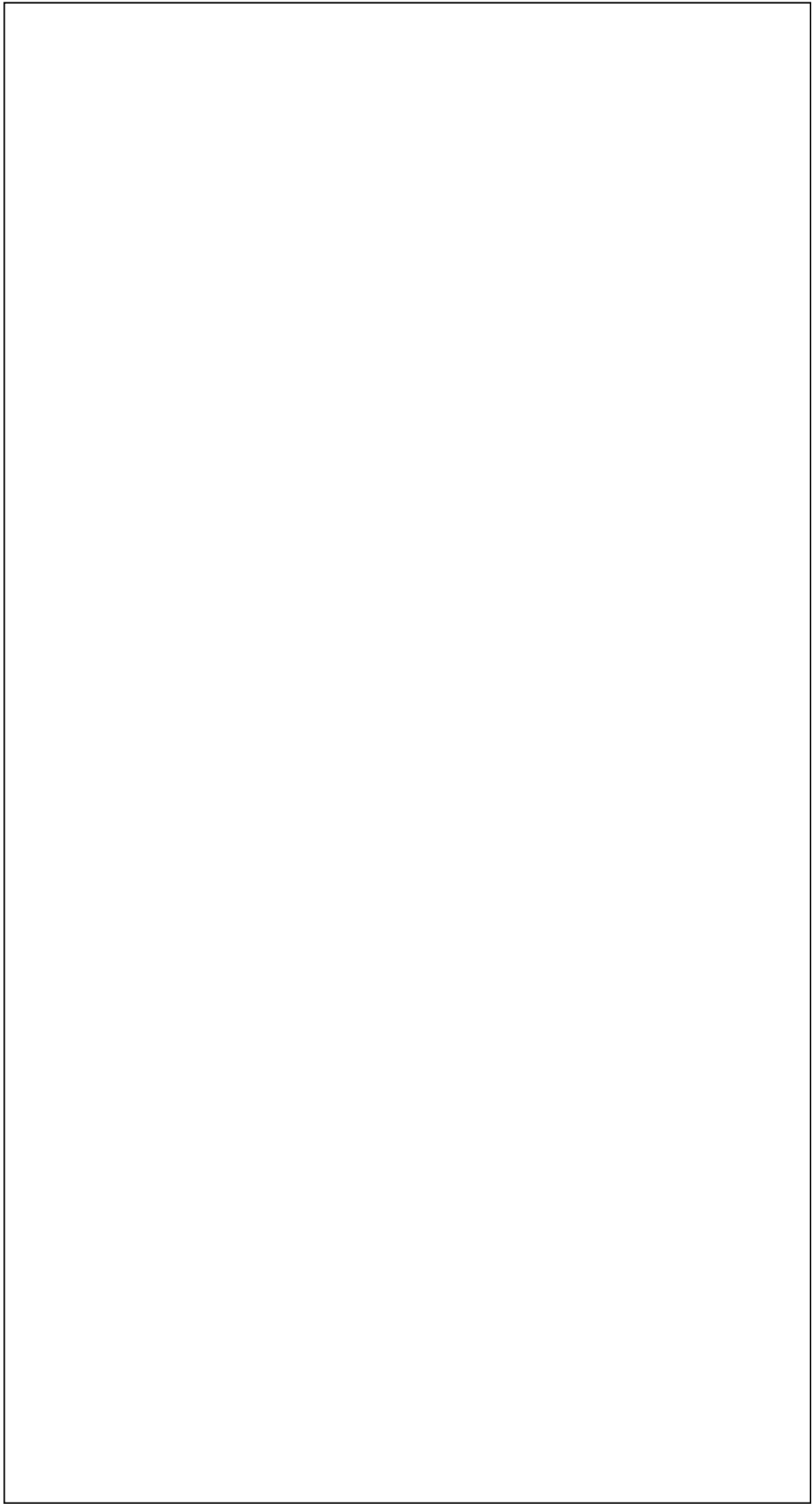


Рис.9. Эскиз клапана давления:

---

---

---



## 5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ КЛАПАН ДАВЛЕНИЯ

Устройства, применяемые для изменения параметров потока рабочей жидкости (давления, расхода) в гидросистемах, называются клапанами. В большинстве устройствах клапанного типа (рис. 10а) величина открытия проходного сечения изменяется от воздействия рабочей среды, проходящей через устройство. В остальных устройствах (неклапанного типа) проходные сечения изменяются под воздействием внешнего усилия (от копира, электромагнита, управляющего потока рукоятки и др.).

Устройство клапанного типа или просто клапан (рис 10б), может иметь, например, золотниковый запорно-регулирующий элемент 6. Довольно часто распределительное устройство, выполняется с запорно-регулирующим элементом клапанного типа. Если величина проходного сечения и силовое воздействие на запорно-регулирующий элемент могут быть изменены извне только в нерабочем состоянии гидроаппарата, устройство называют настраиваемым.

Клапаны бывают прямого и непрямого действия, в зависимости от конструкции и способа воздействия на запорно-регулирующий элемент.

**Клапаны прямого действия** имеют простую конструкцию и жесткие статические характеристики срабатывания, существенно зависящие от давления и расхода жидкости. Они обладают достаточным быстродействием вследствие небольшой массы подвижных деталей. На стабильность статической характеристики клапанов отрицательно влияют силы трения и нелинейность характеристики длинной пружины. Поэтому такие клапаны периодически регулируют в процессе эксплуатации.

Предохранительные клапаны прямого действия применяют в случаях эпизодического действия и при средних расходах ( $q_v < 25$  мм).

**Клапаны прямого действия.** Такие устройства являются характерным примером клапана прямого действия плунжерного типа. Это многофункциональное устройство, позволяющее предохранять систему от перегрузки, поддерживать постоянное, ограниченное по максимальной величине давление, обеспечивать требуемое подпорное давление, например, исключать

самопроизвольное опускание поршня при вертикальном расположении цилиндра [10, 44]. Клапаны прямого действия Г54-1 (рис.10) можно использовать и как распределитель с управляющим воздействием по давлению.

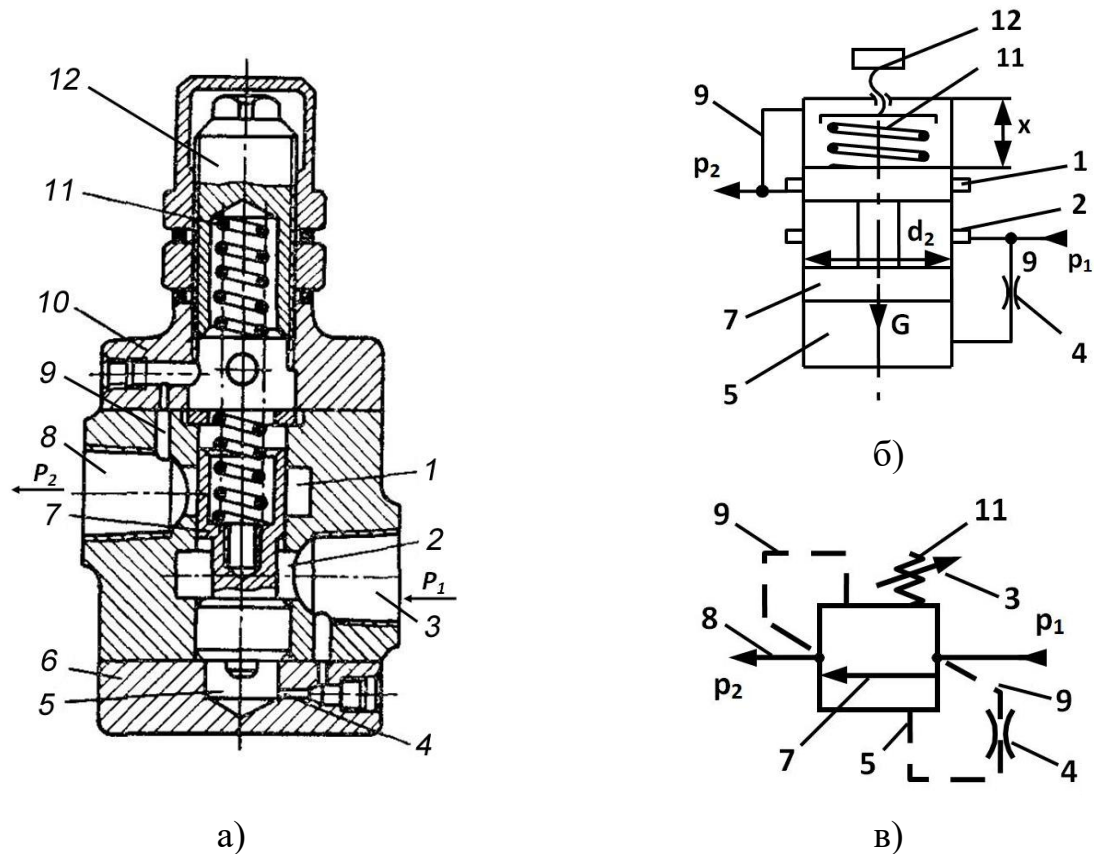


Рис. 10 - Напорный золотник: а) конструктивная схема; б) расчетная схема; в) условное обозначение; 1,2 – полости подвода и отвода; 3, 8 – присоединительные отверстия; 4, – дроссель; 5 – управляющая полость; 6,10 – крышка; 7 – плунжер; 9 – корпус; 10 – корпус; 11 – пружина; 12 – регулировочный винт.

Работа напорного золотника основана на принципе компенсации сил предварительно сжатой пружины 11 и давления жидкости, действующего на плунжер 7. В общем случае уравнение равновесия плунжера имеет вид:

$$p_1 \cdot \frac{\pi d_2^2}{4} = cx + G \pm T \quad (6.71)$$

где  $p_1$  - подводимое к золотнику давление, Па;

$d_2, G$  - диаметр, и вес плунжера, м и кг·м/с<sup>2</sup>;

$c, x$  - жесткость и предварительное сжатие пружины, м;

$T$  - сила трения при перемещении золотника, Н.

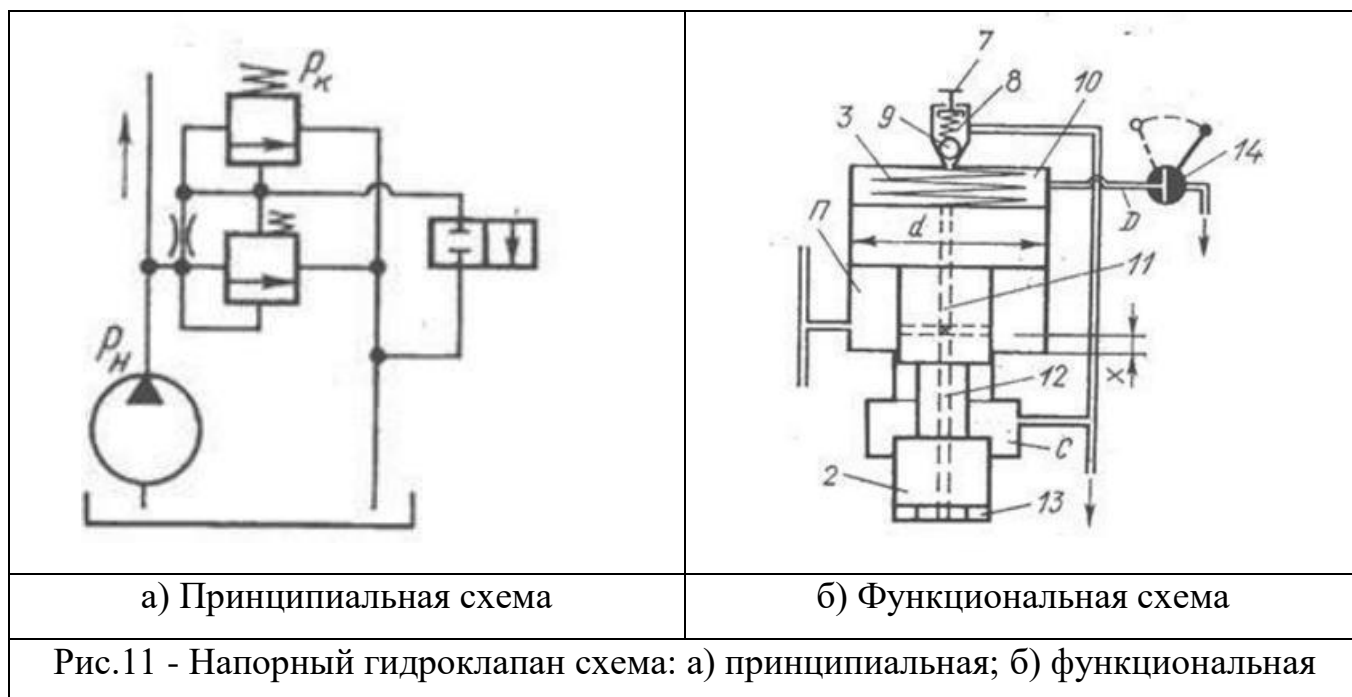
Из уравнения (2.41) ясно, что если усилие, создаваемое давлением  $P_1$  меньше усилия пружины 11, то плунжер будет прижат к крышке 6, а полости 1 и 2 разобщены. При повышении давления  $p_1$  в определенный момент плунжер перемещается вверх и сообщает полости 1 и 10. Рабочая жидкость проходит через напорный золотник, при этом в контролируемой магистрали поддерживается давление, соответствующее настройке пружины 11. Настройка пружины осуществляется регулировочным винтом 12. Утечки жидкости через отверстия и канал 9 в верхней крышке 10 и корпусе 9 отводятся в бак. Для демпфирования колебаний золотника имеется отверстие 3 в крышке 6 в виде демпфера.

### Напорный гидроклапан Г-52

Клапаны редуционные с регулятором типа Г57-2 предназначены для редуцирования давления в гидросистемах с целью создания постоянного давления, сниженного по сравнению с давлением, развиваемым насосом.

Редуционные клапаны предусмотрены для работы на чистом минеральном масле турбинное «22» по ГОСТу 32-53 при температуре масла от +10 до +50 °С.

Клапаны редуционные типа Г57-2 применяются в гидросистемах станков, когда система имеет главную и вспомогательную линию. Клапаны редуционные предохраняют вспомогательную линию гидросистемы от повышения давления выше настройки редуционного клапана.



Гидроклапан\_\_\_\_\_

Тип, завод-изготовитель	
Рабочее давление, МПа;	
Условный проход, м;	
Расход РЖ - номинальный, л/мин максимальный минимальный	
Внутренние утечки, см <sup>3</sup> /мин;	
Номинальный перепад давления, МПа	

Расчет параметров	Обозначение по ЕСКД

Назначение и область применения устройства:

[illegible]

Принцип действия устройства:

[illegible]

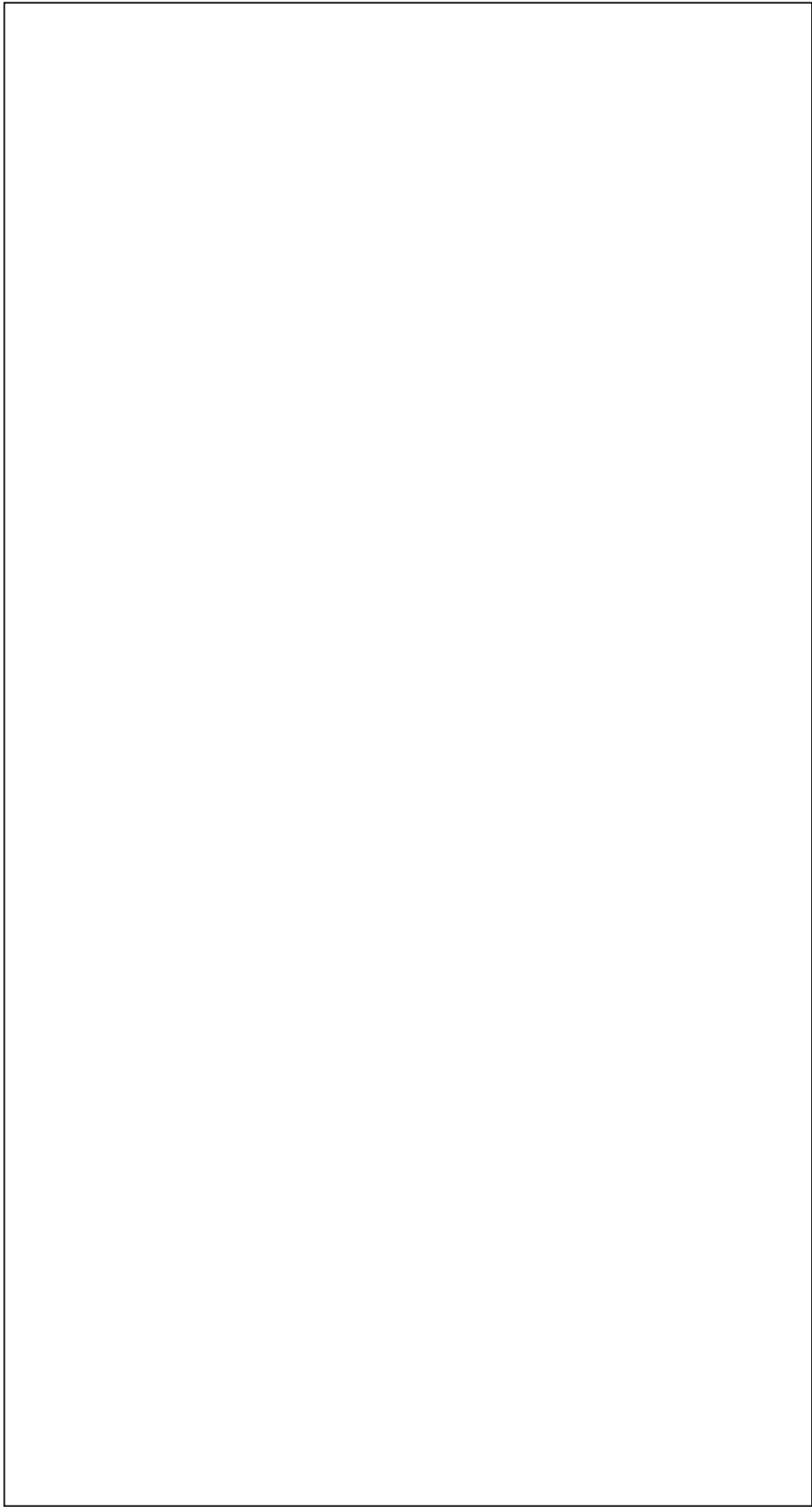


Рис.12. Эскиз клапана давления:

---

---

---

## 6. СТРУКТУРА ПНЕВМОПРИВОДА

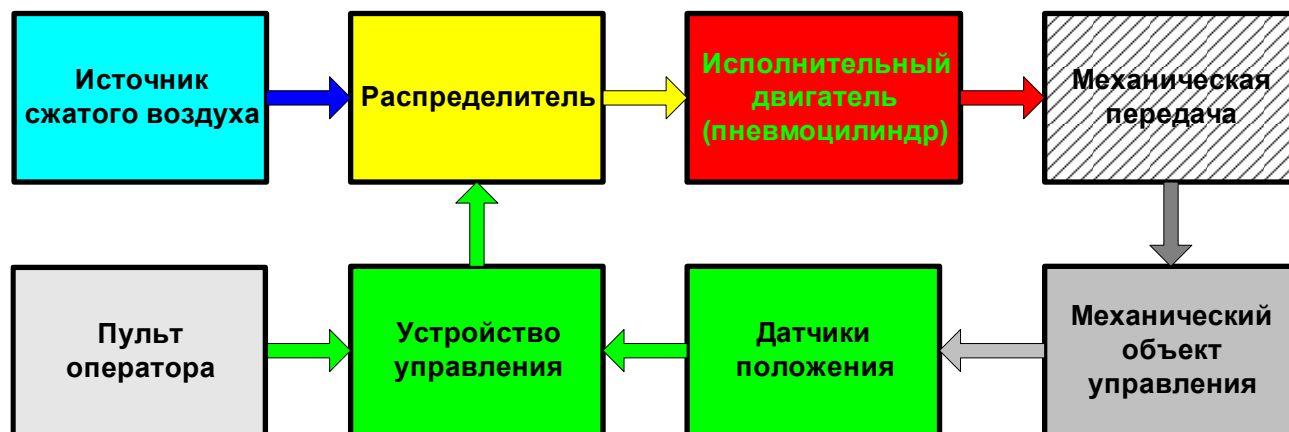


Рис.13 - Структура пневматического привода

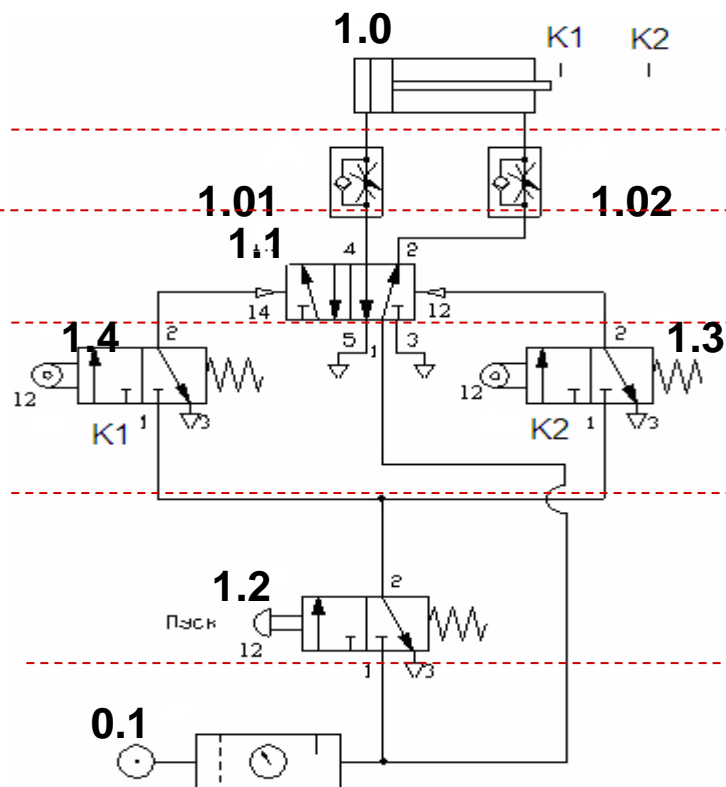
**Пневматические приводы классифицируются:**

1. Цикловые пневмоприводы
2. Позиционные электропневматические
3. Следящие электропневматические

**Цикловые пневмоприводы** (старт - стопные) предназначены для перемещения механического объекта управления из одного крайнего положения в другое крайнее положение и для удержания объекта в крайнем положении.

**Следящий привод** способен воспроизвести непрерывное движение механического объекта по заданному (желаемому) закону. Погрешность позиционирования объекта управления определяется точностью датчика положения и алгоритмами управления. Для управления движением используются непрерывные устройства управления и прецизионные датчики.

**Позиционный электропневматический привод** – привод обеспечивающий перемещение объекта управления, путем регулирования управляющего распределителя, при этом количество возможных точек позиционирования объекта управления велико и определяется дискретностью датчика положения и применяемыми алгоритмами управления.



НАИМЕНОВАНИЕ УСТРОЙСТВА	ИНДЕКС
Аппаратура подготовки сжатого воздуха	0.1, 0.2, 0.3...
Исполнительные механизмы (ИМ)	1.0, 2.0, 3.0,...
Силовые распределители	1.1, 2.1, 3.1,...
Устройства, подающие сигналы на выдвижение штока цилиндра (после точки – четное число)	1.2, 1.4, 1.6,...(для 1-го ИМ) 2.2, 2.4, 2.6,...(для 2-го ИМ)
Устройства, подающие сигналы на втягивание штока цилиндра (после точки – нечетное число)	1.3, 1.5, 1.7,...(для 1-го ИМ) 2.3, 2.5, 2.7,...(для 2-го ИМ)
Устройства регулирования расхода, расположенные между исполнительными механизмами и исполнительными распределителями	1.01, 1.02,... 2.01, 2.02,...

## 7. ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ КОМПРЕССОР

**Компрессором** называют машину, предназначенную для сжатия и перемещения различных газов. В основе работы компрессора лежит термодинамический процесс изменения состояния газа, связанный с повышением давления и температуры за счет принудительного уменьшения объема. При этом затрачивается механическая работа.

Компрессоры широко используются в технике - в химической, металлургической, горнорудной промышленности других отраслях, в авиации, в газотурбинных установках, в холодильных установках.

По принципу работы и конструктивному оформлению все компрессоры делятся на две основных группы:

- *объемные (ротационные, поршневые);*
- *динамические (турбокомпрессоры и центробежные).*



Рис.15 - Типы компрессоров

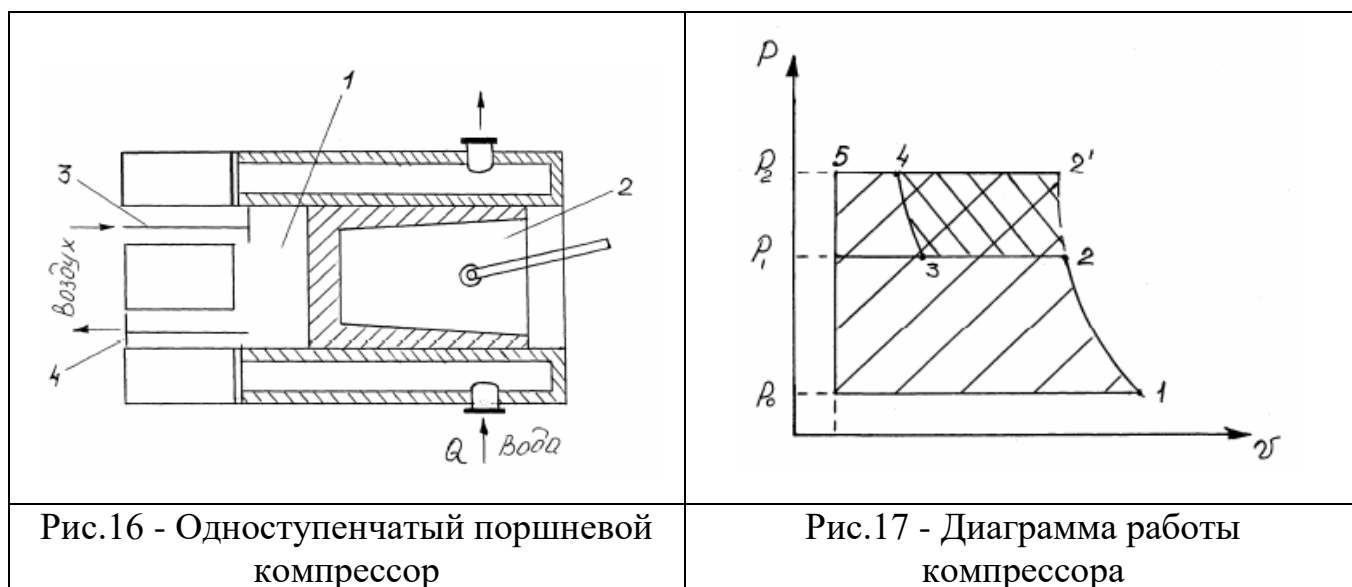
Несмотря на различие принципов сжатия газа в компрессорах в зависимости от их конструкции (рис.15), термодинамика этого процесса одинакова для всех типов машин.



Простейший компрессор (рис.16) состоит из цилиндра 1 с пустотелыми стенками, в которых циркулирует охлаждающая вода и поршня 2, связанного кривошипно-шатунным механизмом с 55 электродвигателем или другим источником механической энергии.

В крышке цилиндра в специальных коробках помещается два клапана: всасывающий 3 и нагнетательный 4, которые открываются автоматически под действием изменения давления в цилиндре.

Рабочий процесс компрессора совершается за один оборот вала, или два хода поршня. Поступление газа в цилиндр происходит при ходе поршня вправо и открытии всасывающего клапана, при обратном движении поршня всасывающий клапан закрывается, происходят сжатие газа до заданного давления и нагнетание его в газосборник. Однако анализ работы одноступенчатых компрессоров выявил их непригодность для получения воздуха, сжатого до высокого давления ввиду наличия существенных недостатков. Это значительно повышает затраты энергии на сжатие газа до требуемого давления.



На рис.17 показаны  $p-v$  диаграммы сжатия воздуха в одно 1-2-4-5-6 и двухступенчатом 1-2-3-4-5-6 компрессорах. Очевидно, что затраты энергии на получение воздуха одного итого же давления ( $p_2$ ) в двухступенчатом компрессоре меньше, чем в одноступенчатом на величину соответствующую площади 2-3-4-2. Кроме того, при получении газа высокого давления в одноступенчатом компрессоре его температура увеличивается столь значительно, что это становится опасным.

Рассмотрим работу двухступенчатого поршневого компрессора, функциональная схема которого представлена на рис.18.

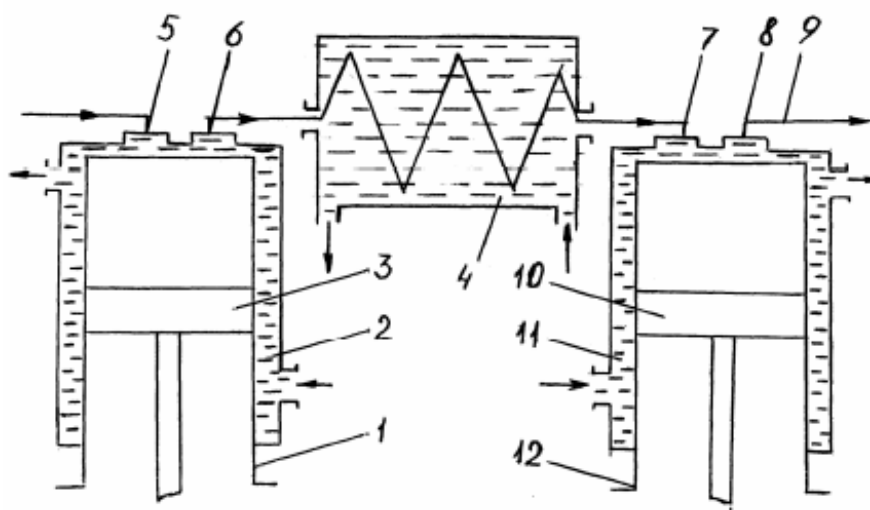


Рис.18 - Функциональная схема поршневого двухступенчатого компрессора:

На основании изученного 1-ступенчатого компрессора, сделать описание работы в соответствии с функциональной схемой 2-ступенчатого компрессора.

Выполнить расчет КПД 2-х ступенчатого компрессора в соответствии с параметрами в табл.2. и следующим исходным данным:

- $d_{тр}$  - диаметр трубы, принимаем  $d = 12,5$  мм;
- $k$  - показатель адиабаты воздуха, принимаем  $k = 1,4$ ;

- $\eta_{\text{эд}}$  - КПД электродвигателя, принимаем  $\eta_{\text{эд}} = 0,95$ ;
- $\eta_{\text{пер}}$  - КПД клиноременной передачи, принимаем  $\eta_{\text{пер}} = 0,9$ .

Таблица 1. Параметры 2-х ступенчатого компрессора

№ п.п.	Показания приборов							
	Манометр, Р,		Дифманометр, Δh,		Барометр, Р <sub>ат</sub>		Ампер- метр, I	Вольт- метр, V
Ед. изм.	атм.	Па	мм.вод. ст.	Па	мм.рт. ст.	Па	А	В
	5		85		760		1,2	220

1. Произвести пересчет размерностей всех используемых величин в систему "СИ" занесенных в табл.1.

2. Определить скорость воздуха в трубе:

$$v = \sqrt{\frac{2g\Delta p}{\gamma_{\text{возд}}}} = \quad (1)$$

где  $\Delta p = \gamma_{\text{возд}} \Delta h$ .

3. Определить объемный расход воздуха в трубе (производительность компрессора)

$$Q = v \cdot f = \quad (2)$$

где  $v$  - скорость движения воздуха в трубе;

$f$  - площадь живого сечения трубы.

4. Массовый расход воздуха определяется по формуле:

$$G = Q \cdot \rho = \quad (3)$$

где  $Q$  - объемный расход воздуха;

$\rho$  - плотность воздуха при температуре  $t$  °C.

5. Считая процесс сжатия воздуха в компрессоре адиабатным, определим работу, расходуемую на сжатие:

$$l = \frac{k}{k-1} RT_1 \left[ x_1^{\frac{k-1}{k}} + \left( \frac{x}{x_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 2 \right] = \quad (4)$$

$$x = \frac{p_2}{p_1} = \quad , \quad (5) \quad x_1 = x_2 = \sqrt[z]{\frac{p_2}{p_1}} = \quad , \quad (6)$$

где  $p_1$  - давление воздуха на входе в первый цилиндр;

$p_2$  - давление на выходе второй ступени сжатия;

$k$  - показатель адиабаты воздуха;

$z=2$  - количество ступеней сжатия;

$x$  - кратности сжатия компрессора в целом;  
 $x_{1,2}$  каждой ступени отдельно.

6. Определить полезную мощность, развиваемую компрессором:

$$N_n = \frac{l \cdot m}{t} = \quad , \quad (7)$$

где  $l$  - удельная работа компрессора, расходуемая на сжатие одного килограмма воздуха;

$m$  - масса сжимаемого воздуха;

$t$  - время сжатия:

$G = \frac{m}{t}$  - массовый расход воздуха.

7. Определить мощность, подведенную к валу компрессора (затраченную мощность).

$$N_3 = 3 \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{\text{эд}} \cdot \eta_{\text{пер}} = \quad (8)$$

где  $I, U$  - фазовый ток и напряжение (показания  $V$  и  $A$  );

$\cos \varphi = 0,8$  ;

$\eta_{\text{эд}}$  - к.п.д. электродвигателя;

$\eta_{\text{пер}}$  - к.п.д. клиноременной передачи.

8. Определить КПД компрессора:

$$\eta_k = \frac{N_n}{N_3} = \quad , \quad (9)$$

По результатам расчета, сделать вводы о работе компрессора при данном режиме пневмосистемы (табл.2) и записать их в соответствующий раздел

### **Выводы.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

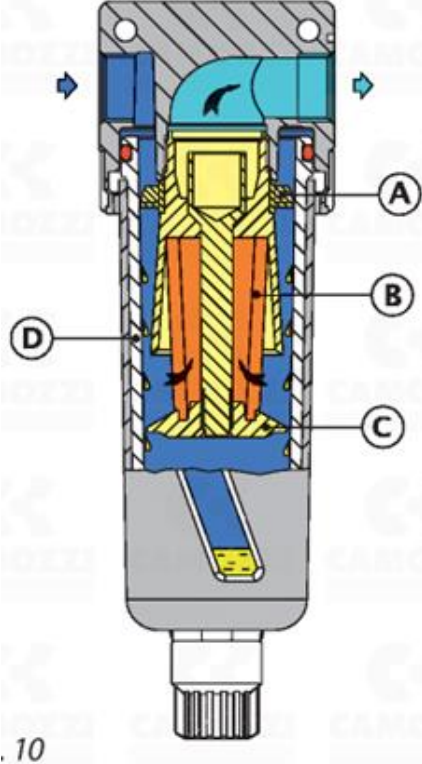
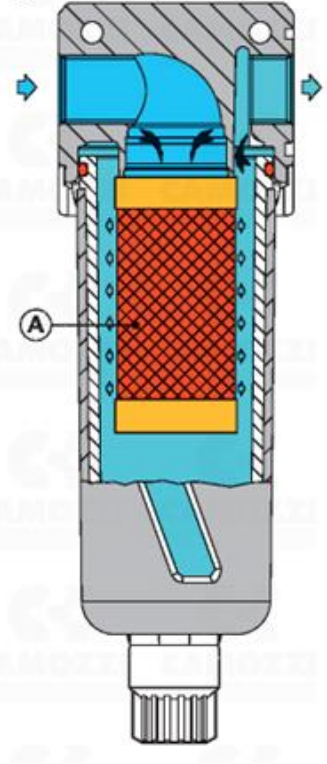


---

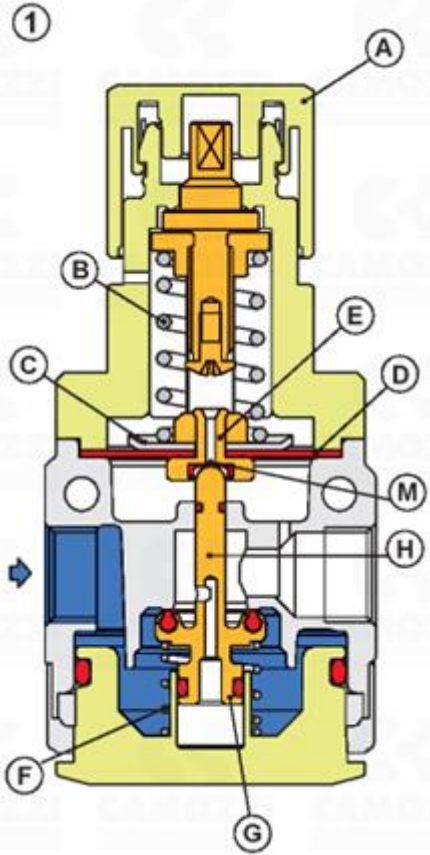
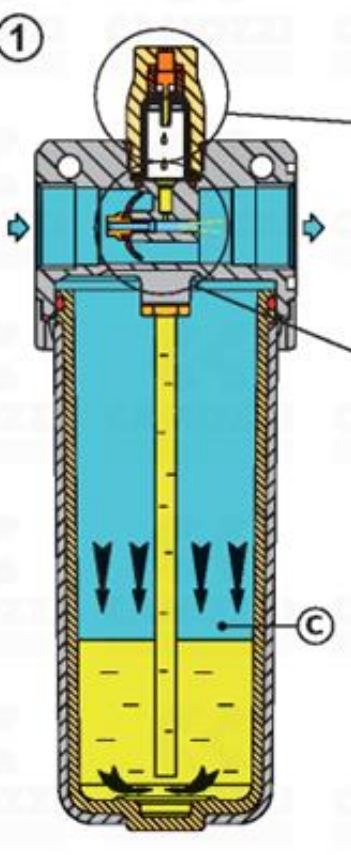
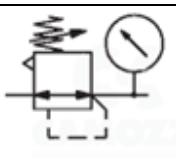

# 8. БЛОК ПОДГОТОВКИ ВОЗДУХА

Все пневматические системы очень чувствительны к качеству используемого сжатого воздуха. Сжатый воздух содержит большое количество различных примесей и загрязнений (в одном кубическом метре имеется более чем 100 миллионов твердых частиц). Эти частицы, смешиваясь с водой и маслом, выбрасываемым компрессором в пневматическую систему, приводят к увеличенному износу всех составляющих системы и к дальнейшей поломке пневматических комплектующих.

Поэтому необходимо использование в пневматической системе различных фильтрующих устройств, подходящих по количеству пропускаемого сжатого воздуха и по необходимой степени фильтрации, как для всей системы в целом, так и для отдельных ее основных элементов.

В блок подготовки воздуха обычно входят следующие аппараты:

	
а)	а)
	
б)	б)
Рис.19 – Фильтр центробежный: а) функциональная схема; б) обозначение по ЕСКД	Рис.20 - Фильтр-коалесцентный: а) функциональная схема; б) обозначение по ЕСКД

 <p>а)</p>	 <p>а)</p>
 <p>б)</p>	 <p>б)</p>
<p>Рис.21 - Фильтр-регулятор: а) функциональная схема; б) обозначение по ЕСКД</p>	<p>Рис.22 - Маслораспылитель: а) функциональная схема; б) обозначение по ЕСКД</p>

Для краткого обозначения блока подготовки воздуха на схемах используется символ.

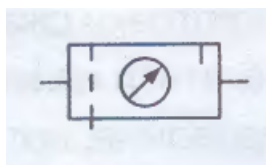


Рис.23 - Принципиальное обозначение блока подготовки воздуха

**Задание.** Подобрать аппараты для организации блока подготовки воздуха по следующим параметрам: **расход, давление в системе, точность фильтрации 5 мкм, пневмопривод нуждается в дополнительной смазке, требуется обеспечить плавное нарастание давления и аварийное отключение.** Для выполнения задания, использовать каталог фирмы Camozzi по пневмоаппаратуре.

Порядок выполнения работы:

1. Определиться с составом и комплектацией БПВ.
2. Идентифицировать каждый аппарат, записав основные его параметры в табл.1.
3. Составить расвернутую принципиальную схему БПВ.
4. Сделать краткое описание и назначение каждого элемента.
5. Сделать выводы по работе.

Внешний вид типового собранного блока, представлен на рис.25, он выполнен в виде собираемых последовательных модулей компании Camozzi.

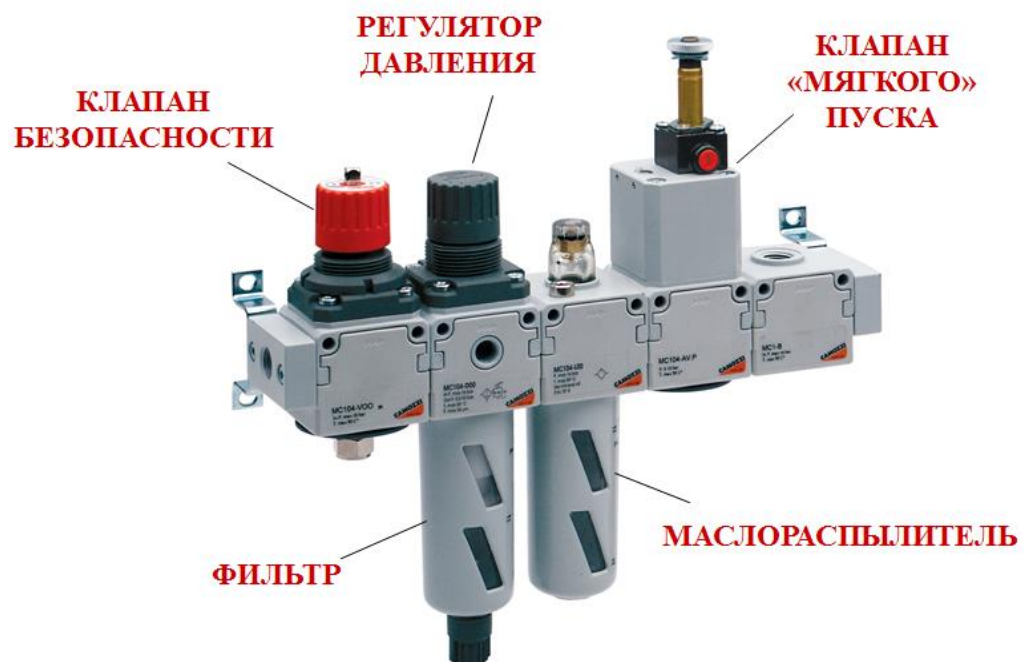


Рис.24 - Внешний вид собранного блока подготовки воздуха

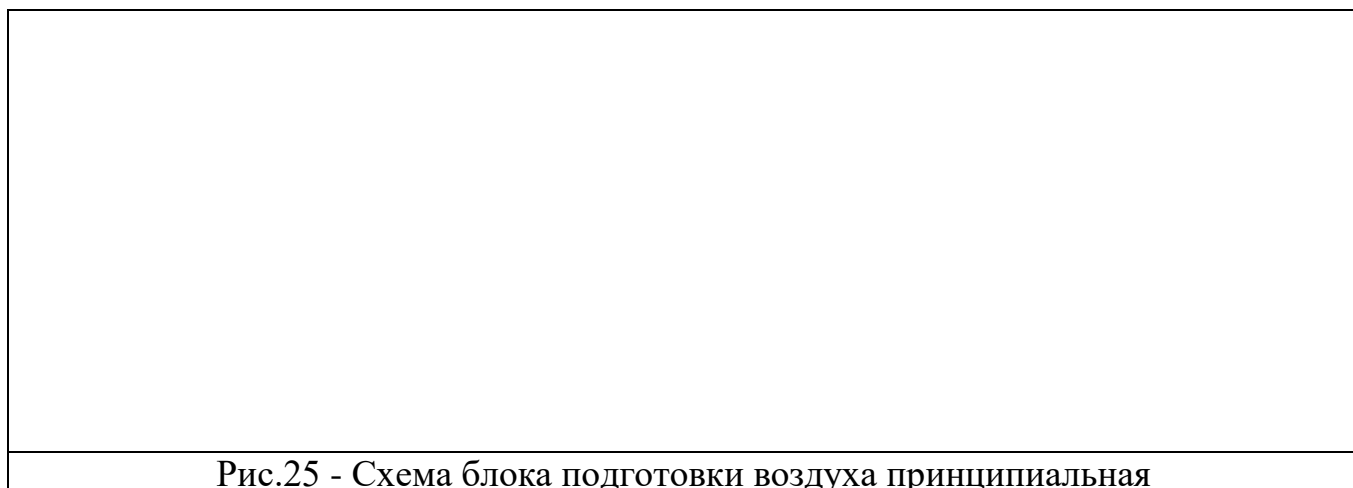
Подобранные и идентифицированные пневмоапараты (использовать каталог и другие источники), заполнить табл.2.

Табл.2 – Перечень комплекта элементов БПВ

№ пп	Наименование	Обозначение	Кол- во.	Параметры	Обозначение по ЕСКД
1					
2					
3					
4					
5					



Составить расширенную схему блока подготовки воздуха (рис.25), состоящего из элементов представленных в табл.2.



## Выводы.

[illegible]

## 9. ПНЕВМОЦИЛИНДРЫ

Пневмоцилиндры используются в качестве исполнительных двигателей для осуществления большинства технологических и транспортных задач в пневматическом приводе.

Классификация пневмоцилиндров обширна, один вариант приведен на рис.26.



Рис.26 – Классификация пневматических цилиндров

Пневмоцилиндр одностороннего действия и пружинным возвратом, производства компании Camozzi, представлен на рис.27.

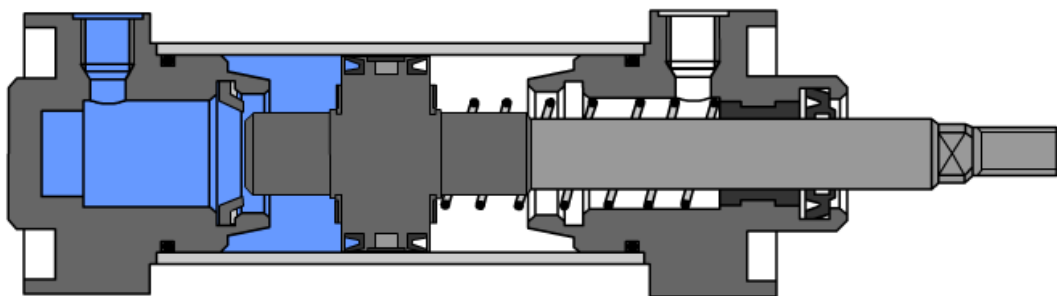


Рис.27 – Пневматический цилиндр \_\_\_\_\_ :

**Задание.** Дополнить изображениями по ЕСКД для каждого типа пневмоцилиндра на рис.26. Проставить позиции и сделать описание конструкции пневмоцилиндра на рис.27.

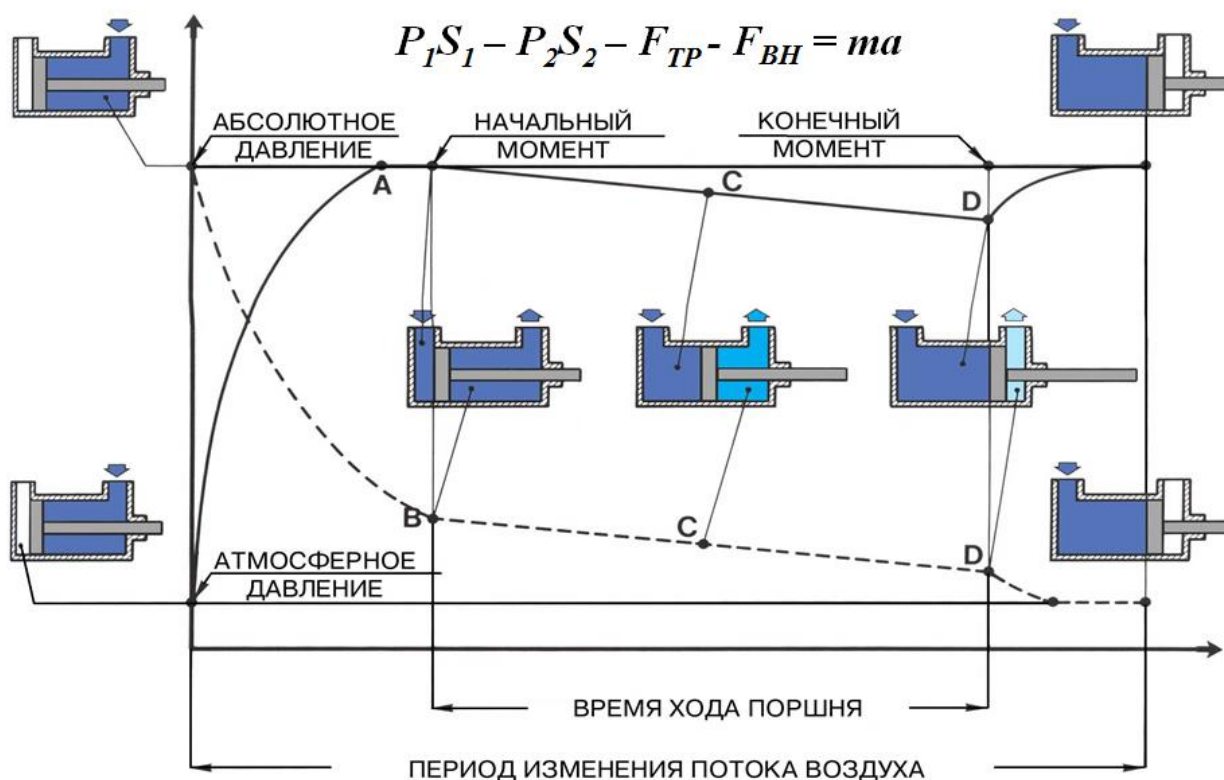


Рис.28 – Циклограмма работы пневматического цилиндра

Описание цикла работы пневматического цилиндра в соответствии с рис.28.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Задание.** Выполнить идентификацию пневматического цилиндра образца, используя каталог и др.справочную документацию, результаты занести в табл.3.

Таблица 3 – Параметры пневматического дросселя

№ пп	Наименование	Обозначение	Параметры	Обозначение по ЕСКД
1				

**Выводы.**

---

---

---

---

---

---

## 10. ДРОССЕЛЬ ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ.

*Дроссели* – устройства позволяющие регулировать расход рабочего тела, путем изменения площади проходного сечения. Дроссели применяют для регулирования скорости выходного звена пневмопривода (рис.29).

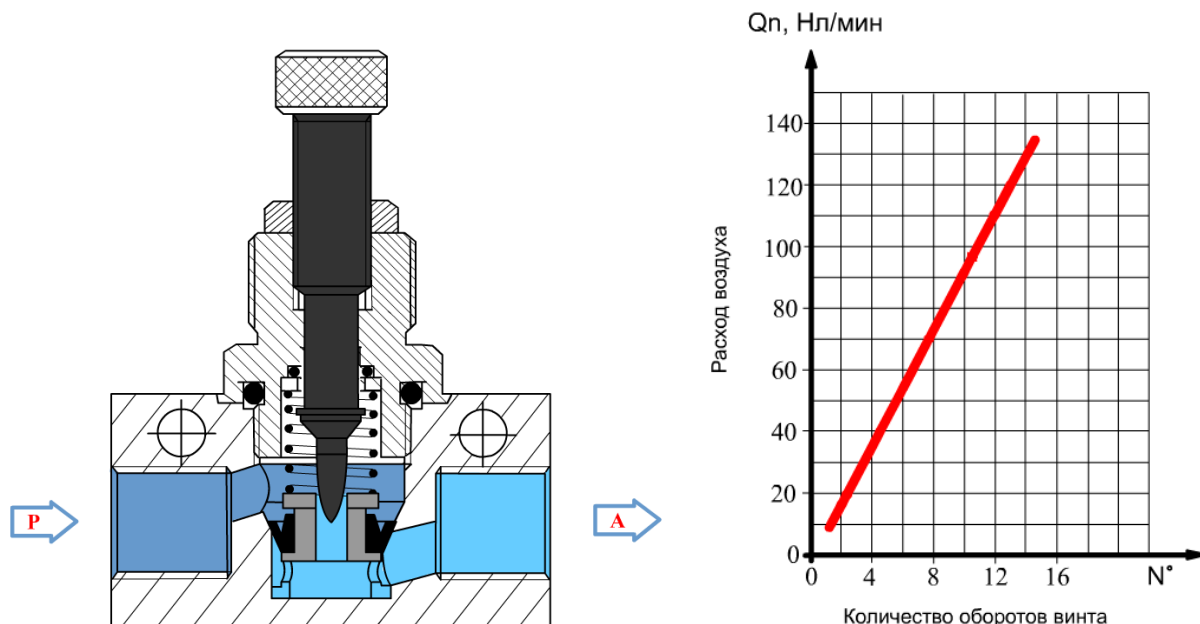


Рис.29 Регулируемый дроссель: а) общий вид; б) расходно-регулировочная характеристика

## Принцип действия и основные элементы пневматического дросселя с обратным клапаном.

[illegible]

Принципы регулирования скорости движения пневмоцилиндра, при различных вариантах установки дросселя приведены на рис.30.

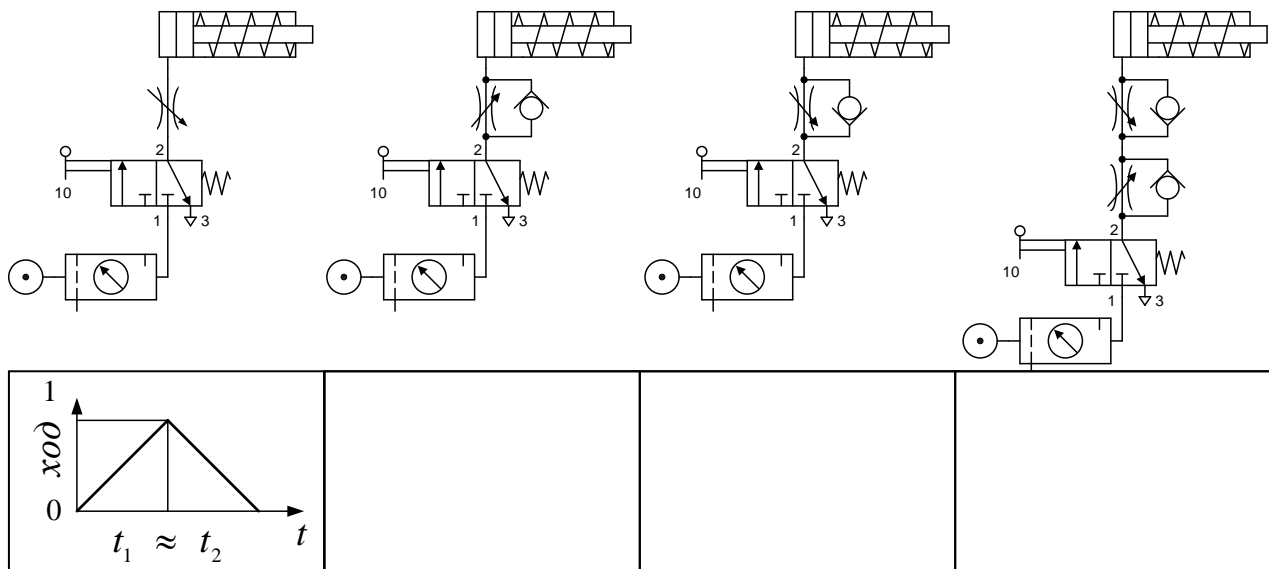


Рис.30 – Циклограмма работы пневмопривода с применением дросселя

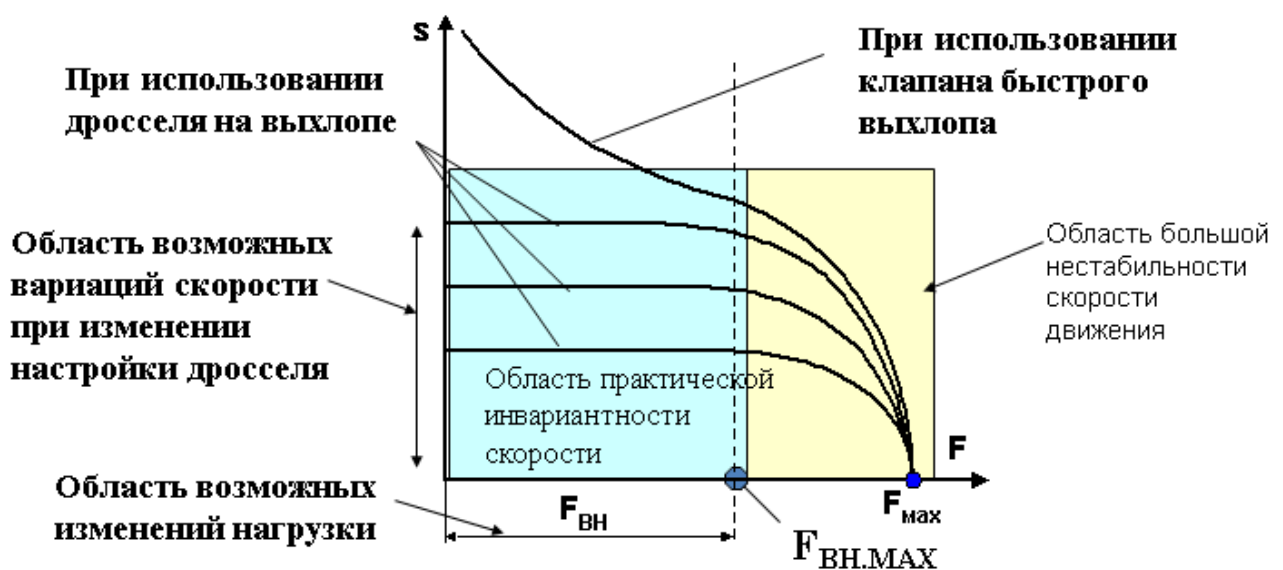


Рис.31 – Зависимость влияния установки дросселя на характер регулирования привода

### Задание.

Подобрать пневматический регулируемый дроссель с параметрами:

- Дроссель должен комплектоваться **обратным клапаном**;
- Регулирование расхода в пределах:  **$Q=0-600$  Нл/мин**;

- Давление на входе: **6 Бар;**
- Присоединение: **G 3/8;**
- Монтаж: **на пневмоцилиндре;**

Изобразить расходно-регулирующую характеристику выбранного дросселя на рис.29 , обозначить зону настройки для диапазона: **200-560 Нл/мин.** Заполнить таблицу 4, данными по выбранному дросселю.

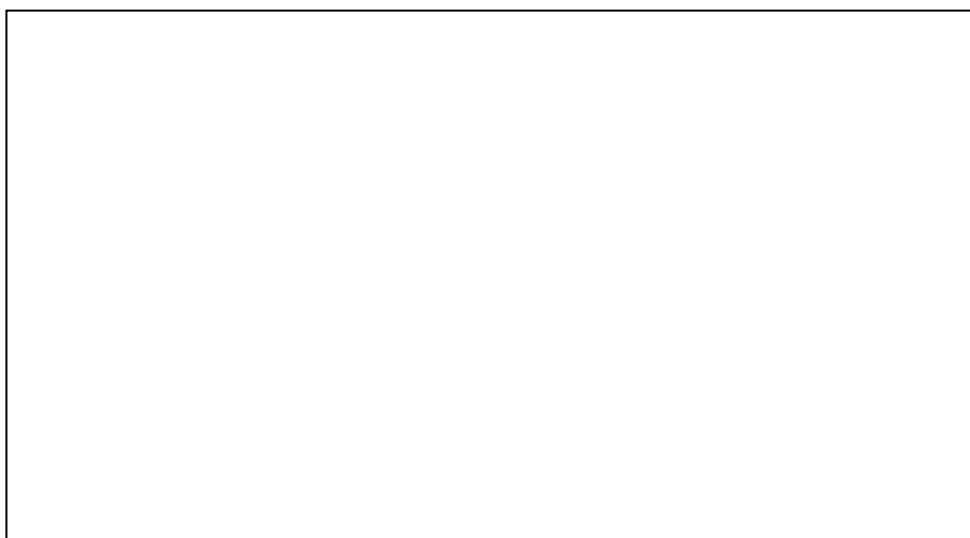


Рис.31 – Расходно-регулирующая характеристика дросселя

Таблица 4 – Параметры пневматического дросселя

№ пп	Наименование	Обозначение	Параметры	Обозначение по ЕСКД
1				

**Выводы.**

---



---



---



---



---



---