

# Пневматический привод

## Особенности пневматического привода

вытекают из особенностей свойств воздуха.

В отличие от жидкостей, применяемых в гидроприводах, воздух, как и все газы, обладает высокой сжимаемостью и малой плотностью в исходном атмосферном состоянии (около  $1,25 \text{ кг/м}^3$ ), значительно меньшей вязкостью и большей текучестью, причем его вязкость существенно возрастает при повышении температуры и давления.

Отсутствие смазочных свойств воздуха и наличие некоторого количества водяного пара, который при интенсивных термодинамических процессах в изменяющихся объемах рабочих камер пневмомашин может конденсироваться на их рабочих поверхностях, препятствует использованию воздуха без придания ему дополнительных смазочных свойств и влагопонижения. В связи с этим в пневмоприводах имеется потребность кондиционирования воздуха, т.е. придания ему свойств, обеспечивающих работоспособность и продляющих срок службы элементов привода.

# Достоинства пневмопривода

## ***1. Простота конструкции и технического обслуживания.***

Изготовление деталей пневмомашин и пневмоаппаратов не требует такой высокой точности изготовления и герметизации соединений, как в гидроприводе, т.к. возможные утечки воздуха не столь существенно снижают эффективность работы и КПД системы. Внешние утечки воздуха экологически безвредны и относительно легко устраняются. Затраты на монтаж и обслуживание пневмопривода несколько меньше из-за отсутствия возвратных пневмолиний и применения в ряде случаев более гибких и дешевых пластмассовых или резиновых (резинотканевых) труб. В этом отношении пневмопривод не уступает электроприводу. Кроме того, пневмопривод не требует специальных материалов для изготовления деталей.

## ***2. Пожаро- и взрывобезопасность.***

Благодаря этому достоинству пневмопривод не имеет конкурентов для механизации работ в условиях, опасных по воспламенению и взрыву газа и пыли, например в шахтах с обильным выделением метана, в некоторых химических производствах, на мукомольных предприятиях, т.е. там, где недопустимо искрообразование.

**3. Надежность работы в широком диапазоне температур, в условиях пыльной и влажной окружающей среды.** В таких условиях гидро- и электропривод требуют значительно больших затрат на эксплуатацию, а пыльная, влажная и нередко агрессивная окружающая среда приводит к частым отказам.

**4. Значительно больший срок службы, чем гидро- и электропривода.**

Срок службы оценивают двумя показателями надежности: гамма-процентной наработкой на отказ и гамма-процентным ресурсом. Для пневматических устройств циклического действия ресурс составляет от 5 до 20 млн. циклов в зависимости от назначения и конструкции, а 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. Благодаря высокой надежности пневмопривод часто используется в тормозных системах мобильных и стационарных машин.

**5. Высокое быстродействие.**

Здесь имеется в виду не скорость передачи сигнала (управляющего воздействия), а реализуемые скорости рабочих движений, обеспечиваемых высокими скоростями движения воздуха. Поступательное движение штока пневмоцилиндра возможно до 15 м/с и более, а частота вращения выходного вала некоторых пневмомоторов (пневмотурбин) до 100 000 об/мин. Это достоинство в полной мере реализуется в приводах циклического действия. Реализация больших скоростей в гидроприводе и электроприводе ограничивается их большей инерционностью (масса жидкости и инерция роторов) и отсутствием демпфирующего эффекта, которым обладает воздух.

**6. Возможность передачи пневмоэнергии на относительно большие расстояния** по магистральным трубопроводам и снабжение сжатым воздухом многих потребителей. В этом отношении пневмопривод уступает электроприводу, но значительно превосходит гидропривод, благодаря меньшим потерям напора в протяженных магистральных линиях. Расстояние передачи пневмоэнергии экономически целесообразно до нескольких десятков километров, что реализуется в пневмосистемах крупных горных и промышленных предприятий с централизованным питанием от компрессорной станции.

Максимальная протяженность гидросистем составляет около 250-300 м в механизированных комплексах шахт для добычи угля, причем в них используется обычно менее вязкая водно-масляная эмульсия.

**7. Отсутствие необходимости в защитных устройствах от перегрузки давлением у потребителей.** Требуемый предел давления воздуха устанавливается общим предохранительным клапаном, находящимся на источниках пневмоэнергии. Пневмодвигатели могут быть полностью заторможены без опасности повреждения и находиться в этом состоянии длительное время.

**8. Безопасность для обслуживающего персонала** при соблюдении общих правил, исключающих механический травматизм. В гидро- и электроприводах возможно поражение электрическим током или жидкостью при нарушении изоляции или разгерметизации трубопроводов.

**9. Нечувствительность к радиационному и электромагнитному излучению.** В таких условиях электрогидравлические системы практически непригодны. Это достоинство широко используется в системах управления космической, военной техникой, в атомных реакторах и т.п.

## Недостатки пневмопривода

1. *Высокая стоимость пневмоэнергии.* Если гидро- и электропривод имеют КПД, соответственно, около 70 % и 90 %, то КПД пневмопривода обычно 5-15 % и очень редко до 30 %. Во многих случаях КПД может быть 1 % и менее. По этой причине пневмопривод не применяется в машинах с длительным режимом работы и большой мощности, кроме условий, исключающих применение электроэнергии
2. *Относительно большой вес и габариты пневмомашин* из-за низкого рабочего давления. Если удельный вес гидромашин, приходящийся на единицу мощности, в 5-10 раз меньше веса электромашин, то пневмомашин имеют примерно такой же вес и габариты, как последние.
3. *Трудность обеспечения стабильной скорости движения* выходного звена при переменной внешней нагрузке и его фиксации в промежуточном положении. Вместе с тем мягкие механические характеристики пневмопривода в некоторых случаях являются и его достоинством.
4. *Высокий уровень шума*, достигающий 95-130 дБ при отсутствии средств для его снижения. Наиболее шумными являются поршневые компрессоры и пневмодвигатели, особенно пневмомолоты и другие механизмы ударно-циклического действия.
5. *Малая скорость передачи сигнала* (управляющего импульса), что приводит к запаздыванию выполнения операций. Скорость прохождения сигнала равна скорости звука и, в зависимости от давления воздуха, составляет примерно от 150 до 360 м/с. В гидроприводе и электроприводе, соответственно, около 1000 и 300 000 м/с.

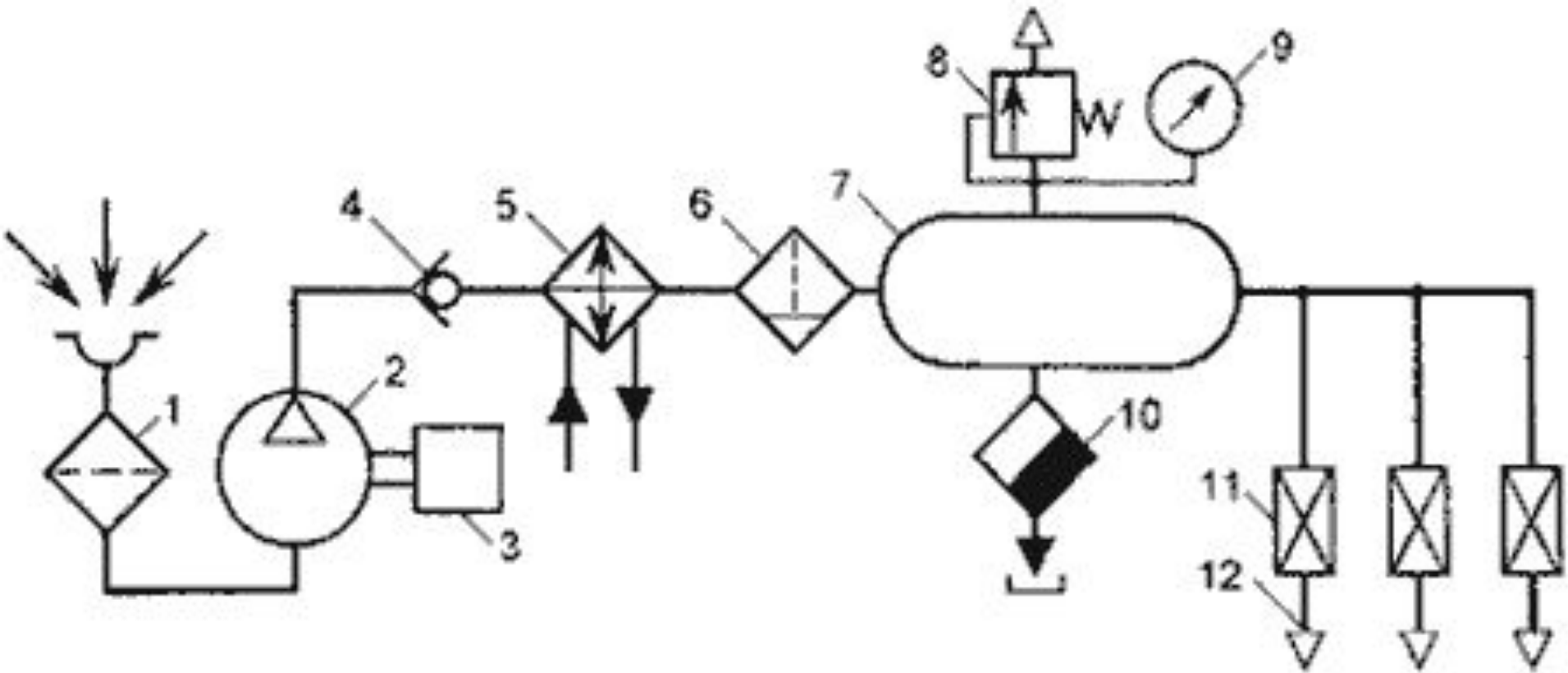
## Подготовка сжатого воздуха

В пневмоприводах источником энергии служат компрессоры с рабочим давлением в диапазоне 0,4...1,0 МПа. Они могут быть объемного (чаще поршневые) или динамического (лопастные) действия. Теория работы компрессоров изучается в специальных дисциплинах.

По виду источника и способу доставки пневмоэнергии различают *магистральный*, *компрессорный* и *аккумуляторный* пневмопривод.

*Магистральный* пневмопривод характеризуется разветвленной сетью стационарных пневмолиний, соединяющих компрессорную станцию с цеховыми, участковыми потребителями в пределах одного или нескольких предприятий. Компрессорная станция оборудуется несколькими компрессорными линиями, обеспечивающими гарантированное снабжение потребителей сжатого воздуха с учетом возможной неравномерной работы последних. Это достигается установкой промежуточных накопителей пневмоэнергии (ресиверов) как на самой станции, так и на участках. Пневмолинии обычно резервируются, чем обеспечивается удобство их обслуживания и ремонта.

# Принципиальная схема компрессорной станции

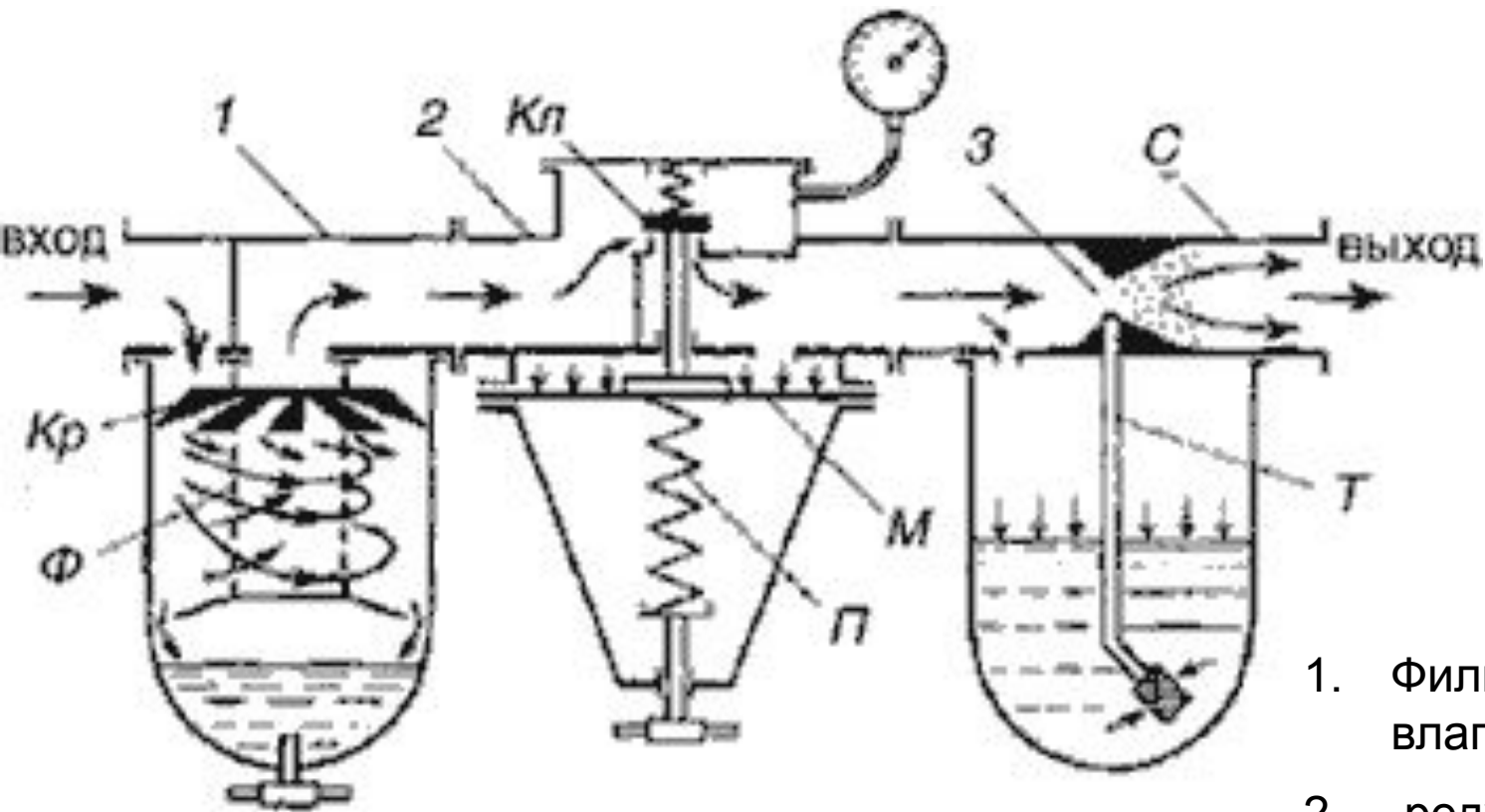


Компрессор 2 с приводным двигателем 3 всасывает воздух из атмосферы через заборный фильтр 1 и нагнетает в ресивер 7 через обратный клапан 4, охладитель 5 и фильтр-влагоотделитель 6. В результате охлаждения воздуха водяным охладителем 5 происходит конденсация 70-80 % содержащейся в воздухе влаги, улавливаемой фильтром- влагоотделителем и со 100-процентной относительной влажностью воздух поступает в ресивер 7, который аккумулирует пневмоэнергию и сглаживает пульсацию давления. В нем происходит дальнейшее охлаждение воздуха и конденсация некоторого количества влаги, которая по мере накопления удаляется вместе с механическими примесями через вентиль 10. Ресивер обязательно оборудуется одним или несколькими предохранительными клапанами 8 и манометром 9. Из ресивера воздух отводится к пневмолиниям 12 через краны 11. Обратный клапан 4 исключает возможность резкого падения давления в пневмосети при отключении компрессора.

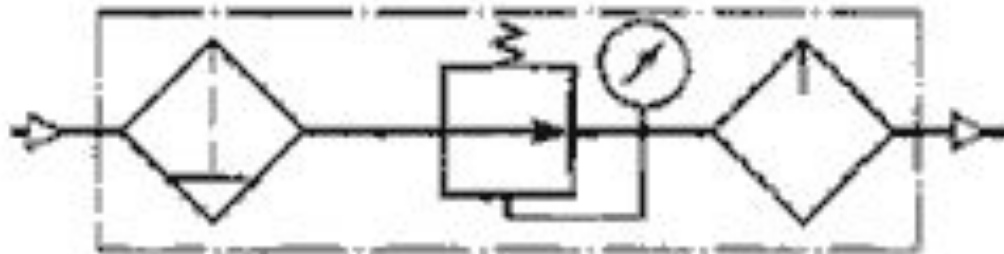
**Воздух, поступающий к потребителям**, должен быть очищен от механических загрязнений и содержать минимум влаги. Для этого служат фильтры- влагоотделители, у которых в качестве фильтрующего элемента обычно используется ткань, картон, войлок, металлокерамика и другие пористые материалы с тонкостью фильтрации от 5 до 60 мкм. Для более глубокой осушки воздуха его пропускают через адсорбенты, поглощающие влагу. Чаще всего для этого используется силикагель. В обычных пневмоприводах достаточную осушку обеспечивают ресиверы и фильтры- влагоотделители, но вместе с тем воздуху необходимо придавать смазочные свойства, для чего служат маслораспылители фитильного или эжекторного типа.



# Типовой узел подготовки воздуха



1. Фильтр-  
влажгодделитель,
2. редуционный клапан
3. маслораспылитель.



Поступающий на вход фильтра воздух получает вращательное движение за счет неподвижной крыльчатки  $Kp$ . Центробежной силой частицы влаги и механических примесей отбрасываются к стенке прозрачного корпуса и оседают в его нижнюю часть, откуда по мере необходимости удаляются через сливной кран. Вторичная очистка воздуха происходит в пористом фильтре  $\Phi$ , после которого он поступает на вход редуктора, где происходит дросселирование через зазор клапана  $Kл$ , величина которого зависит от выходного давления над мембраной  $M$ . Увеличение усилия сжатия пружины  $\Pi$  обеспечивает увеличение зазора клапана  $Kл$  и, следовательно, выходного давления. Корпус маслораспылителя  $З$  делается прозрачным и заполняется через пробку смазочным маслом. Создаваемое на поверхности масла давление вытесняет его через трубку  $T$  вверх к соплу  $C$ , где масло эжектируется и распыляется потоком воздуха. В маслораспылителях фитильного типа вместо трубки  $T$  установлен фитиль, по которому масло поступает в распылительное сопло за счет капиллярного эффекта.

## Исполнительные пневматические устройства

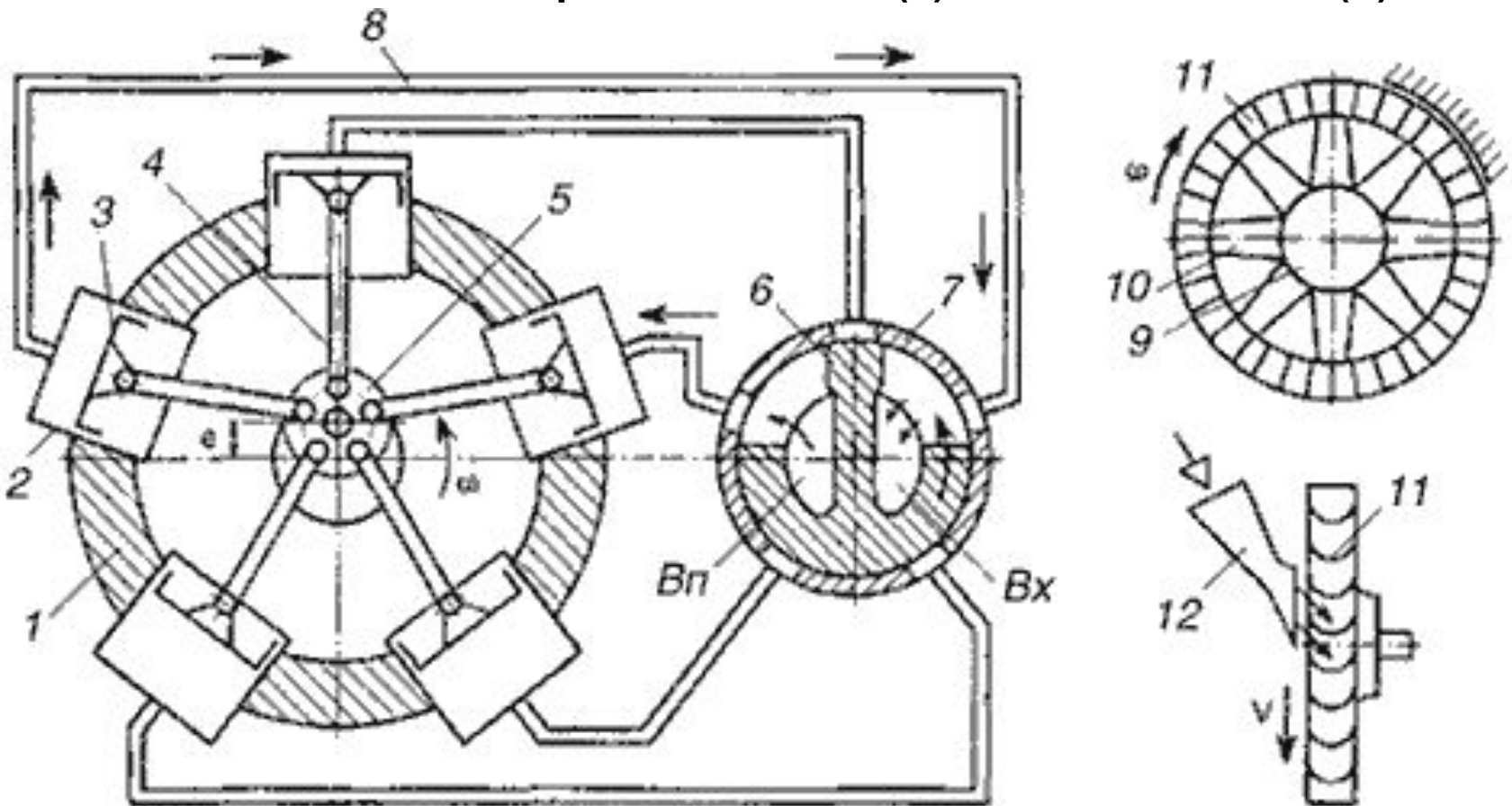
Пневмопривод отличается большим разнообразием оригинальных исполнительных устройств с эластичными элементами в форме мембран, оболочек, гибких нитей, рукавов и т.н. Они широко используются в зажимных, фиксирующих, переключающих и тормозных механизмах современных автоматизированных производств.

К ним относятся *мембранные* и *сильфонные пневмоцилиндры* с относительно малой величиной рабочего хода штока. Плоская резиновая мембрана позволяет получить перемещение штока на  $0,1 \dots 0,5$  от ее эффективного диаметра.

При выполнении мембраны в форме гофрированного чулка рабочий ход увеличивается до нескольких диаметров мембраны. Такие пневмоцилиндры называются *сильфонными*. Они могут быть с внешним и внутренним подводом воздуха. В первом случае длина гофрированной трубки под действием давления уменьшается, во втором увеличивается за счет деформации гофров.

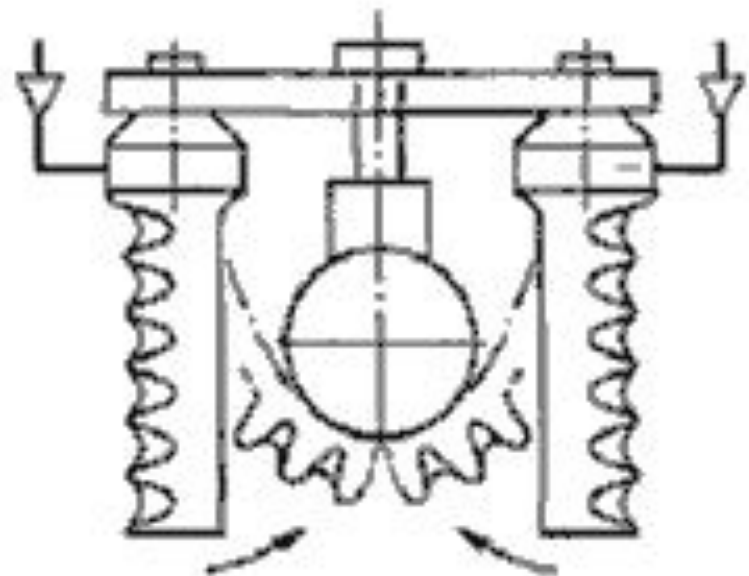
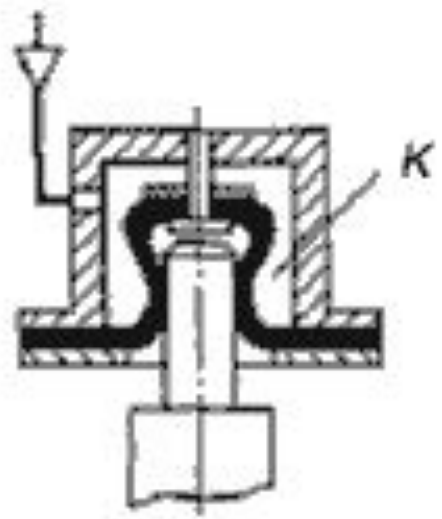
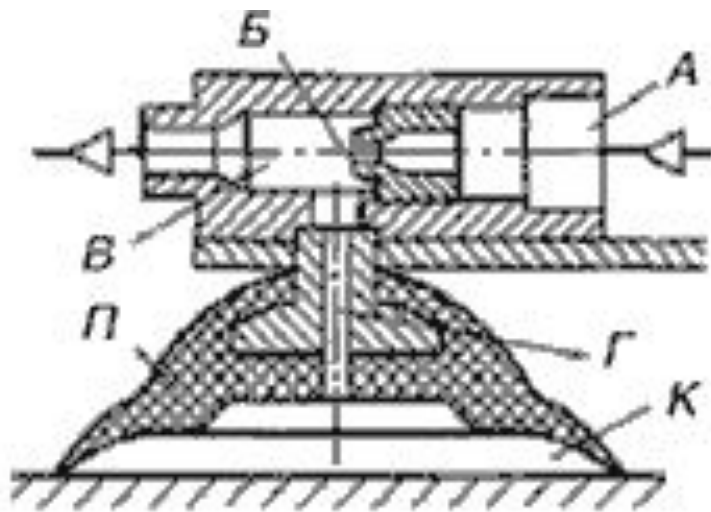
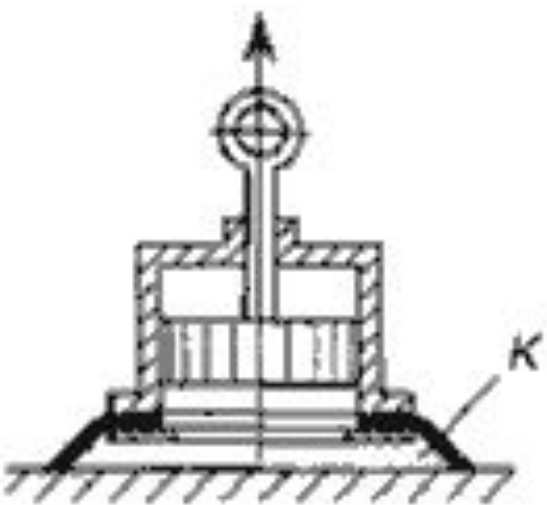
В качестве эластичного элемента применяется резина, резинотканевые и синтетические материалы, а также тонколистовая сталь, бронза, латунь.

## Схемы пневмомоторов объемного (а) и динамического (б) действия



В корпусе 1 симметрично расположены цилиндры 2 с поршнями 3. Усилие от поршней передается на коленчатый вал 5 через шатуны 4, прикрепленные шарнирно к поршням и кривошипу коленчатого вала. Сжатый воздух подводится к рабочим камерам по каналам 8, которые поочередно сообщаются с впускным *Вп* и выхлопным *Вх* каналами распределительного золотника 6, вращающегося синхронно с валом мотора. Золотник вращается в корпусе распределительного устройства 7, к которому подведены магистрали впуска и выхлопа воздуха.

Увеличение скорости выполнения операций во многих случаях достигается применением **пневмозахватов**



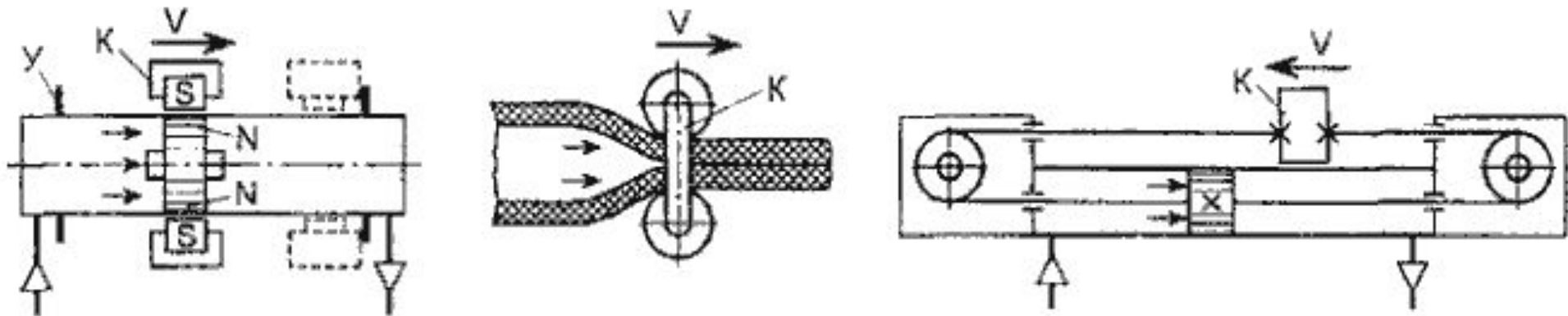
Для перемещения листовых изделий используются пневмоприсоски, относящиеся к вакуумным захватам безнасосного и насосного типа. В захватах безнасосного типа ( а) вакуум в рабочей камере  $K$  создается при деформации самих элементов захвата, выполненных в виде гибкой тарелки, прилегающей своей кромкой к детали и подвижным поршнем, к которому прикладывается внешнее усилие. Величина вакуума при подъеме детали пропорциональна ее весу и обычно бывает не более 55 кПа.

Для обеспечения лучшего притяжения, особенно для недостаточно гладкой поверхности детали, применяют захваты насосного типа, у которых воздух из рабочей камеры отсасывается насосом до глубины вакуума 70...95 кПа. Часто применяют простые устройства эжекторного типа ( б), в которых кинетическая энергия струи жидкости, пара или воздуха используется для отсасывания воздуха из рабочей камеры  $K$ , находящейся между присоской  $\Gamma$  и деталью. Сжатый воздух, поступающий на вход  $A$ , проходит с большой скоростью через сопло  $B$  эжектора и создает пониженное давление в камере  $B$  и канале  $\Gamma$ , сообщаемся с рабочей камерой  $K$ .

Для зажима деталей цилиндрической формы применяют пневмозахваты, выполненные по схемам в и г. При подводе воздуха в рабочую камеру  $K$  упругий цилиндрический колпачок охватывает шейку вала и создает усилие, достаточное для его зажима.

На схеме г показан двухсторонний пневмозахват, рабочими элементами которого служат сильфоны с односторонним гофром. При создании избыточного давления внутри сильфона гофрированная сторона растягивается на большую длину, чем гладкая, что вызывает перемещение незакрепленной (консольной) стороны трубки в направлении охватываемой детали. Такими устройствами можно фиксировать детали не только круглой формы, но и с любыми фасонными поверхностями.

В ряде случаев возникает потребность в перемещении рабочих органов на большие расстояния до 10...20 м и более по прямолинейной или искривленной траектории. Применение обычных штоковых пневмоцилиндров ограничено рабочим ходом до 2 м. Конструкции бесштоковых пневмоцилиндров, удовлетворяющих этим требованиям, показаны на рис



Отсутствие жесткого штока позволяет практически в два раза уменьшить длину цилиндра в выдвинутом положении. На схеме а показан длинноходовой пневмоцилиндр с передачей усилия через сильный постоянный магнит. Абсолютно герметичная гильза цилиндра выполнена из немагнитного материала, а ее внутренняя полость разделяется поршнем на две камеры, к которым подводится сжатый воздух. В поршне и каретке  $K$ , соединенной с рабочим органом, встроены противоположные полюса магнита  $S$  и  $N$ , взаимодействие которых обеспечивает передачу движущего усилия на каретку, скользящую по направляющим на внешней поверхности гильзы. Ход каретки ограничивается конечными упорами  $У$ .

Практически неограниченную длину хода имеют пневмоцилиндры с эластичной гильзой ( б), охватываемой двумя роликами, соединенными кареткой  $K$ . Такие пневмоцилиндры очень эффективны для перемещения штучных грузов по сложной траектории и в приводах с небольшими рабочими усилиями.

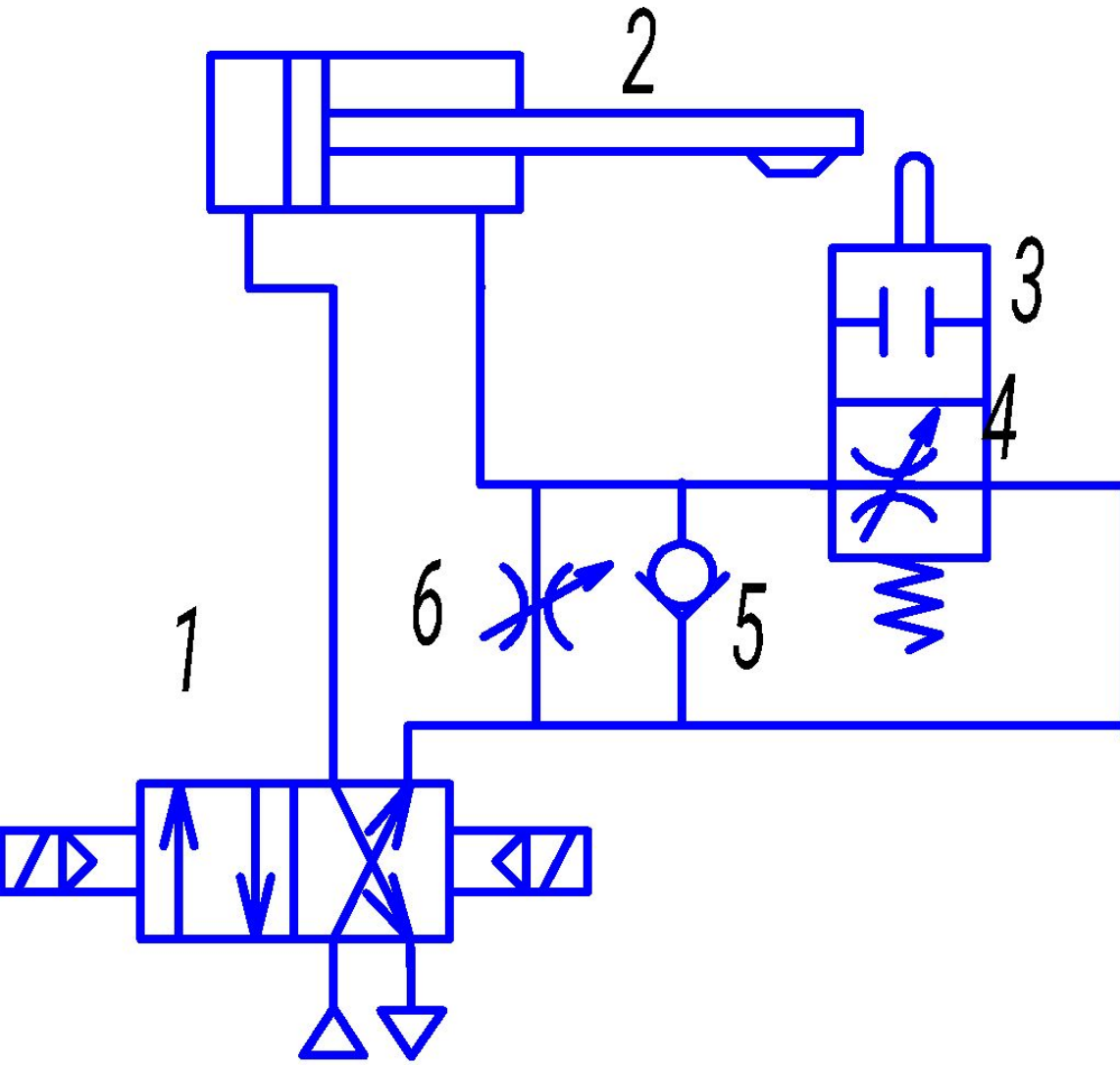
Пневмоцилиндр с гибким штоком показан на схеме рис.11.8, в. В такой конструкции тяговое усилие передается на каретку  $K$  от поршня через гибкий элемент (обычно стальной трос, облицованный эластичной пластмассой), охватывающий обводной и натяжной ролики, расположенные на крышках цилиндра.



## Торможение поршня в конце хода

1. Пружинным демпфером. 2. Гидравлическим демпфером.

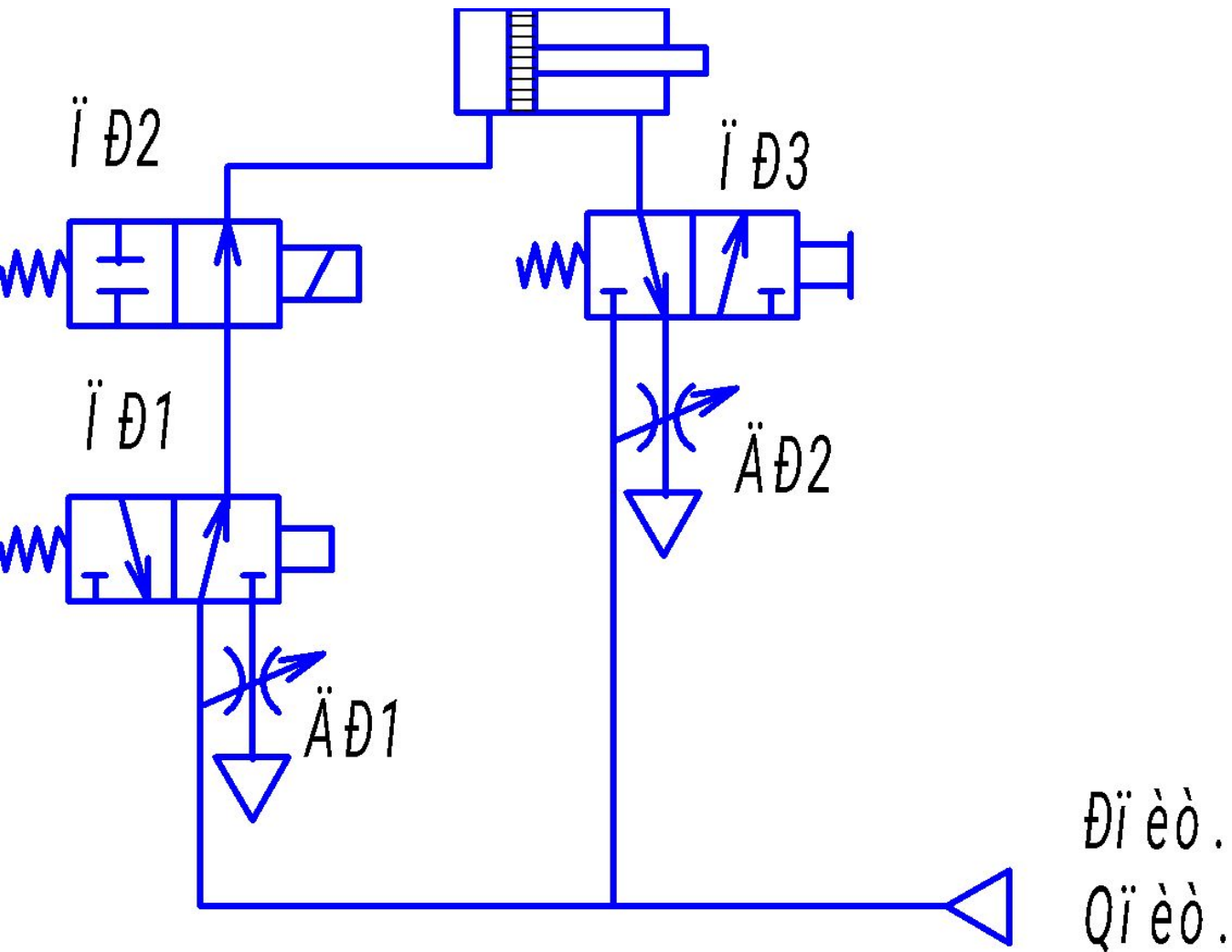
3. Тормозным дросселем.



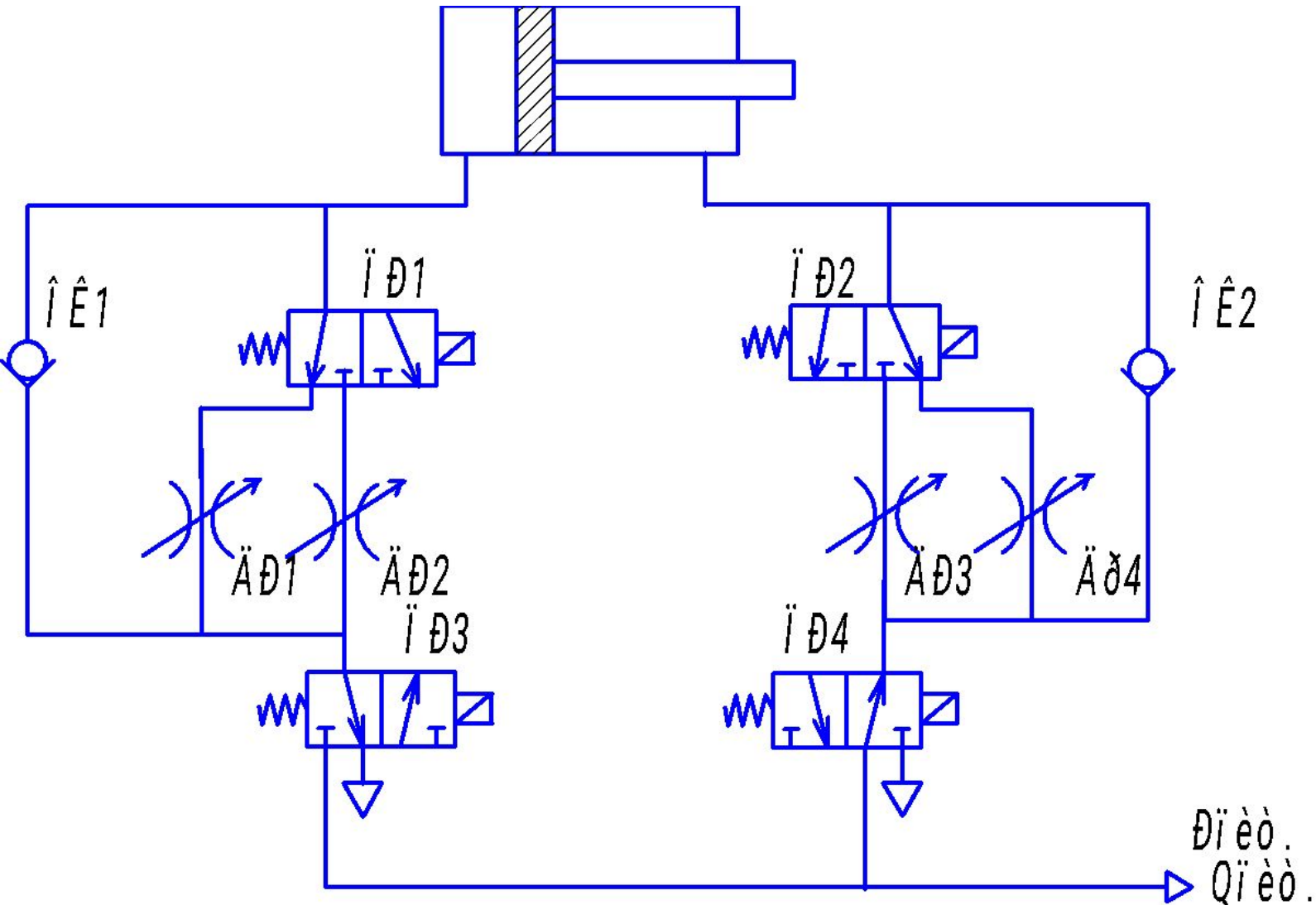
4 – дроссель, определяющий скорость движения на основном участке хода поршня,

6 – тормозной дроссель малого сечения.

#### 4. Торможение противодавлением



#### 4. Торможение дросселированием



Дроссели ДР1 и ДР4 обеспечивают заданную скорость движения,  
ДР2 и ДР3 - торможение