

**РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА**

Для надежной работы гидро- и пневмосистем необходимы различные управляющие устройства, обеспечивающие выполнение логических функций по осуществлению заданной последовательности действий исполнительных механизмов, для чего применяется различная аппаратура изменения направления потока жидкости (воздуха), включения и выключения отдельных исполнительных устройств и т.д.

**5.1. Некоторые понятия автоматки**

**А в т о м а т и к а** является одним из разделов кибернетики - науки об общих законах управления как в живой, так и в неживой природе.

**У п р а в л е н и е** - это процесс воздействия на объект с целью приведения его в желаемое состояние или положение.

Задачей автоматки является разработка принципов и средств, необходимых для управления техническими объектами. Технический объект (станок, двигатель, поточная линия и т.д.), нуждающийся для успешного взаимодействия с другими объектами (внешней средой) в специально организованном **у п р а в л я ю щ е м** **в о з д е й с т в и и**, называется **о б ъ е к т о м** **у п р а в л е н и я** (ОУ).

Целенаправленное воздействие на объект управления возможно, если выполняются два условия: существует совокупность правил, позволяющих добиваться поставленной цели управления в различных ситуациях – **а л г о р и т м** управления; существует автоматическое управляющее устройство (АУУ), способное создавать в соответствии с алгоритмом управляющее воздействие.

Совокупность объекта управления и автоматического управляющего устройства, взаимодействие которых приводит к выполнению поставленной цели управления, называется системой автоматического управления (САУ). Структурная схема САУ представлена на рис. 5.1.

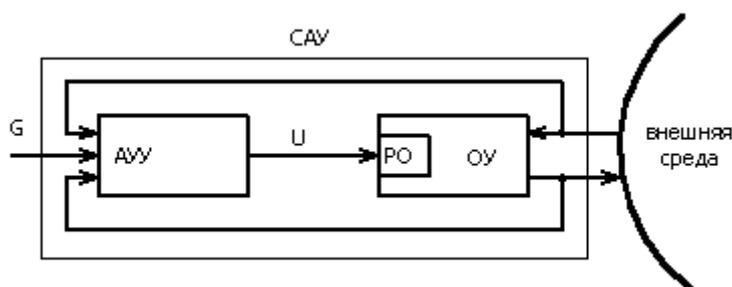


Рис.5.1

Объект управления создает воздействие  $U$  на внешнюю среду, которое характеризует желаемое состояние или положение  $0U$  и называется управляемой величиной. Информация о действительном (текущем) значении управляемой величины  $U$  в большинстве САУ используется для выработки управляющего воздействия  $U$  на объект управления ( $0U$ ), поэтому информация о  $U$  вводится в АУУ. Воздействие  $0U$  на внешнюю среду может осуществляться одновременно по нескольким параметрам.

Со стороны внешней среды на  $0U$  действует возмущающее воздействие  $F$ , нарушающее нормальную работу объекта. Информация о возмущающем воздействии  $F$  может быть использована в АУУ для выработки управляющего воздействия  $U$ .

На вход АУУ подается задающее воздействие  $G$ , содержащее информацию о цели управления, т.е. о предписанном значении  $U$ . На схеме САУ управляющее воздействие  $U$  вырабатывается в результате переработки информации об управляемой величине  $U$ , задающем воздействии  $G$  и о возмущающем воздействии  $F$ . Возможно построение САУ, использующих только часть информации, например только по задающему воздействию  $Q$ , представляющему в этом случае команды программы. Такое управление называется жестким, так как не учитываются действительные значения  $U$  и  $F$  (параметры САУ и значение  $F$  считаются постоянными). Подобные САУ дают удовлетворительное качество управления лишь при высокой стабильности параметров САУ, внешней среды и при невысоких требованиях к точности. По структуре эти САУ являются разомкнутыми, так как не имеют обратной связи по управляемому параметру  $U$  и не образуют замкнутого контура управления. Существуют разомкнутые САУ, управляющие только по возмущающему воздействию  $F$  или по задающему  $S$  и возмущающему  $F$  воздействиям.

В гибких или замкнутых САУ используется информация об управляемой величине  $U$  и задающем воздействии  $G$ , а задающее воздействие  $U$  вырабатывается в зависимости отклонения  $U$  от значения  $S$  независимо от причин, вызвавших это отклонение. Информация об  $U$  передается в АУУ, образуя контур главной связи. Замыкание системы обратной связью позволяет информацию об управляемой величине с выхода объекта управления подать на вход управляющего устройства. Такие замкнутые системы позволяют вести управление по отклонению, причем неважно, по какой именно причине произошло отклонение управляемой величины: вызвано ли оно каким-либо возмущающим или задающим воздействием. В любом случае система реагирует на возникшее отклонение, стремясь уменьшить его. Наличие обратной связи позволяет получить большую точность управления. В САУ по отклонению главная обратная связь, охватывающая всю систему, является функционально необходимой. Дополнительно для коррекции используют местные обратные связи, охватывающие одно или несколько звеньев. Различают положительную и отрицательную обратные связи. Положительная обратная связь усиливает выходное воздействие, приводит к повышению

чувствительности и, как правило, к понижению устойчивости (часто к незатухающим и расходящимся колебаниям). В замкнутых системах используют отрицательную обратную связь, которая ослабляет выходное воздействие, повышает устойчивость, (стабильность) системы, улучшает переходные процессы, понижает чувствительность.

В комбинированных САУ используется информация одновременно о трех воздействиях  $G$ ,  $U$  и  $F$ , поэтому они имеют более высокое качество управления, чем системы, работающие только по отклонению. Информация о значении возмущающего воздействия позволяет АУУ начинать компенсацию внешнего возмущения раньше, чем возникнет большое отклонение. Еще более совершенным являются адаптивные САУ, обладающие способностью приспосабливаться к изменению внешних условий работы.

Автоматическое управляющее устройство состоит из отдельных элементов, соединенных определенным образом для выработки управляющего воздействия. Элементы системы автоматики отличаются однонаправленностью потока информации с входа на выход и в энергетическом отношении являются преобразователями энергии.

Элементы автоматики чрезвычайно разнообразны по конструкции, принципам действия, характеристикам, физической природе преобразуемых сигналов и функциям, выполняемым в устройствах автоматического управления. Пассивные элементы, например редукторы, входное воздействие (сигнал  $X$ ) преобразуют в выходное воздействие (сигнал  $U$ ) за счет энергии входного сигнала.

Активные элементы, например усилители, получают энергию от вспомогательного источника энергии.

В зависимости от вида энергии на входе и выходе элементы автоматики бывают электрические, гидравлические, пневматические, механические и комбинированные.

По выполняемым функциям элементы автоматики делятся на датчики, усилители, исполнительные устройства, реле, вычислительные устройства, согласующие и вспомогательные элементы.

Датчики (источники первичной информации или первичные преобразователи) воспринимают поступающую на них информацию об управляемой величине и преобразуют ее в форму, удобную для дальнейшего использования в устройстве автоматического управления. Большинство датчиков преобразуют входной неэлектрический сигнал  $X$  в электрический сигнал  $U$ . По виду входного сигнала датчики делятся на механические (перемещение, скорость, ускорение), тепловые, гидравлические, оптические и т.д.

Усилители - это элементы автоматики, осуществляющие количественное преобразование, т.е. увеличение мощности входного сигнала (усиление) за счет другого источника энергии, иногда одновременно с качественным преобразованием, например перемещения в изменение давления в гидравлических и пневматических усилителях. В зависимости от вида

энергии, получаемой усилителем от вспомогательного источника энергии, они подразделяются на электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные (электрогидравлические, электропневматические).

**Исполнительные устройства** - это элементы автоматики, создающие управляющее воздействие на объект управления. Они изменяют положение или состояние регулируемого органа объекта управления таким образом, чтобы управляемый параметр соответствовал заданному значению.

**Реле** - это элементы автоматики, у которых изменение выходного сигнала  $У$  происходит скачком (дискретно) при достижении входного сигнала  $X$  определенного значения, называемого **уровнем срабатывания**. Мощность входного сигнала  $X$ , вызывающего срабатывание реле, значительно меньше мощности, которой может управлять реле, поэтому реле можно рассматривать и как усилительный, и как исполнительный элемент.

**Вычислительные элементы** в устройствах автоматического управления осуществляют математические преобразования (операции) с поступающими на их вход сигналами с целью осуществления заданного алгоритма работы системы. В простейших случаях вычислительные элементы выполняют отдельные математические операции, такие как алгебраическое суммирование, дифференцирование, интегрирование, логическое сложение, умножение и т.д.

**Согласующие** и вспомогательные элементы включаются в устройство автоматического управления для улучшения его параметров и расширения функциональных возможностей основных элементов.

Каждый элемент автоматики обладает определенной совокупностью характеристик, которые определяют его метрологические, динамические, эксплуатационные и технологические особенности, что позволяет правильно решить вопрос об эффективности использования данного элемента в конкретном устройстве.

**Статическая характеристика** является одной из главных характеристик элемента:  $y=f(x)$ . Она представляет собой зависимость выходного сигнала  $y$  от входного сигнала  $x$  в установившемся (статическом) режиме, когда эти сигналы не изменяются с течением времени или изменяются с постоянной скоростью. Статическая характеристика элемента автоматики может быть линейной (рис.5.2-1); нелинейной (рис.5.2-2), но с возможностью аппроксимации линейной зависимостью - линеаризацией; существенно нелинейной, которую невозможно аппроксимировать линейной зависимостью, как, например, релейная характеристика (рис. 5.2-3).

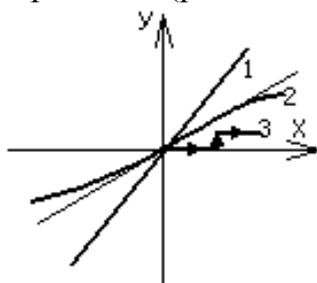


Рис. 5.2

К общим параметрам элементов автоматики относится коэффициент передачи (преобразования), который можно определить по статической характеристике. Для элементов с линейной характеристикой статический коэффициент передачи будет  $k_{ст} = y/x$ . При нелинейной характеристике используется дифференциальный коэффициент передачи  $k_{диф} = \Delta y / \Delta x$ . Коэффициент передачи имеет физический смысл, например, для усилителей - это коэффициент усиления, для датчиков - чувствительность или крутизна характеристики.

У многих элементов автоматики вследствие сухого трения, зазоров в соединениях, гистерезиса, шумов изменение сигнала на выходе можно обнаружить только после достижения входным сигналом определенного уровня. Наименьшее значение входного сигнала  $X_{п}$  элемента, при котором происходит заметное изменение сигнала на выходе или заведомо достоверный сигнал при наличии шумов, называется порогом чувствительности, а диапазон до этого порога называется зоной нечувствительности (рис.5.3 а и б).

Динамический режим работы соответствует изменению сигналов на входе и выходе (или только на выходе) с ускорением. Для оценки работы элемента в динамическом режиме используют параметры его динамической характеристики. Особое значение имеет переходная характеристика инерционного элемента, которая представляет собой зависимость выходного сигнала  $Y$  от времени  $Y=f(t)$  при скачкообразном изменении входного сигнала  $X$ .

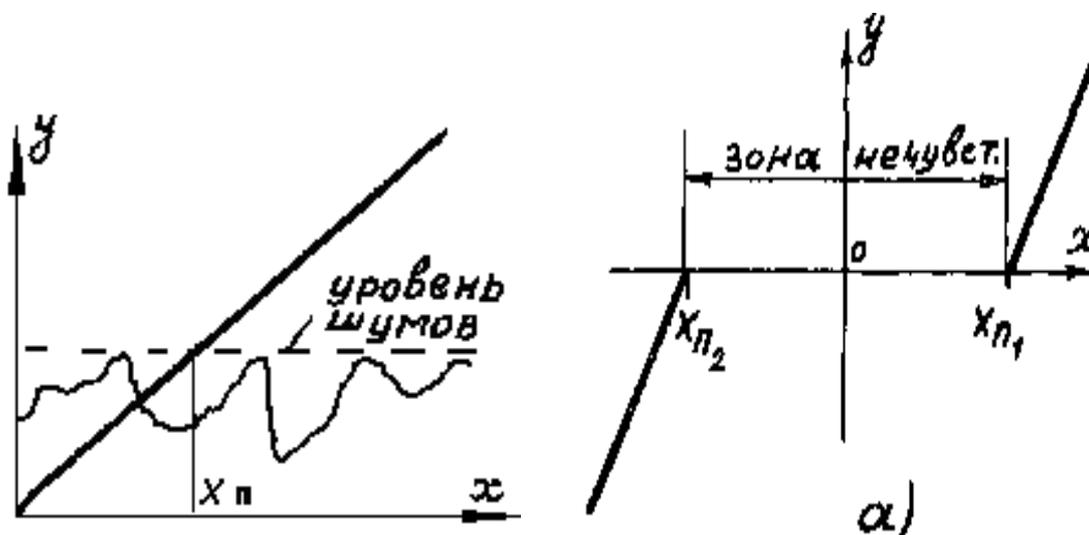


Рис.5.3

По переходной характеристике инерционного элемента (рис.5.4) можно определить время переходного процесса  $t_{пер}$  (длительность динамического режима), постоянную времени  $T$ , динамическую погрешность в любой момент времени  $\Delta y_{дин}$ , вид переходного процесса. Постоянная времени  $T$  характеризует быстрдействие элемента и численно равна времени, за которое выходной сигнал  $Y$  достигает уровня  $0,63Y_{уст}$ .

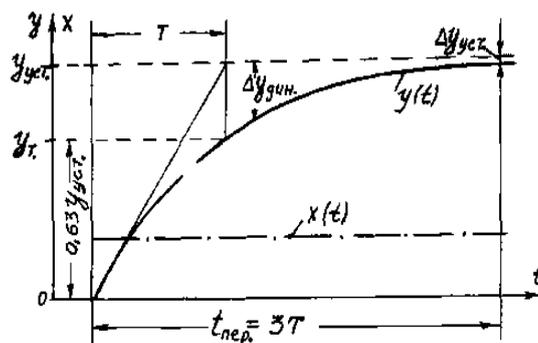


Рис.5.4

## 5.2. Золотниковые распределительные устройства

Распределители предназначены для управления потоком рабочей жидкости (воздуха). С их помощью обеспечивается направление потока к соответствующему исполнительному устройству, а также осуществляется реверс гидропневмоустройств.

Рабочим элементом золотникового распределителя цилиндрического типа являются плунжеры 2, перемещающиеся в осевом направлении в корпусе 6 золотника (гильзе), в котором выполнены каналы для подвода и отвода жидкости (рис.5.5). Жидкость протекает через окна питания в корпусе и соответствующие проточки между плунжерами. Герметизация золотника достигается благодаря малым зазорам между плунжером и гильзой, которые равны (0,003-0,015)мм.

Жидкость от насоса подводится к каналу 4, из которого в зависимости от положения плунжера 2 поступает в одну из полостей гидродвигателя I. В то же время нерабочая полость гидродвигателя соединяется с каналами 3 или 5, ведущими в резервуар (бак). В положении плунжера 2 (рис.5.5 а) канал 4 соединен с левой полостью гидроцилиндра I, а в положении (рис.5.5 б) - с правой полостью.

Для уравнивания плунжера от сил давления жидкости в сливной магистрали (в каналах 3 и 5) плунжер золотника снабжается ложным хвостовиком I (рис.5.6 а). При отсутствии хвостовика возникает неуравновешенное усилие от давления  $P_{сл}$  в сливной магистрали

$$F = P_{сл} \frac{\pi d^2}{4},$$

где  $d$  – диаметр хвостовика, равный диаметру штока золотника. Это усилие стремится сместить плунжер вправо. Уравнивание плунжера достигается также применением многопоясковых схем (рис.5.6 б).

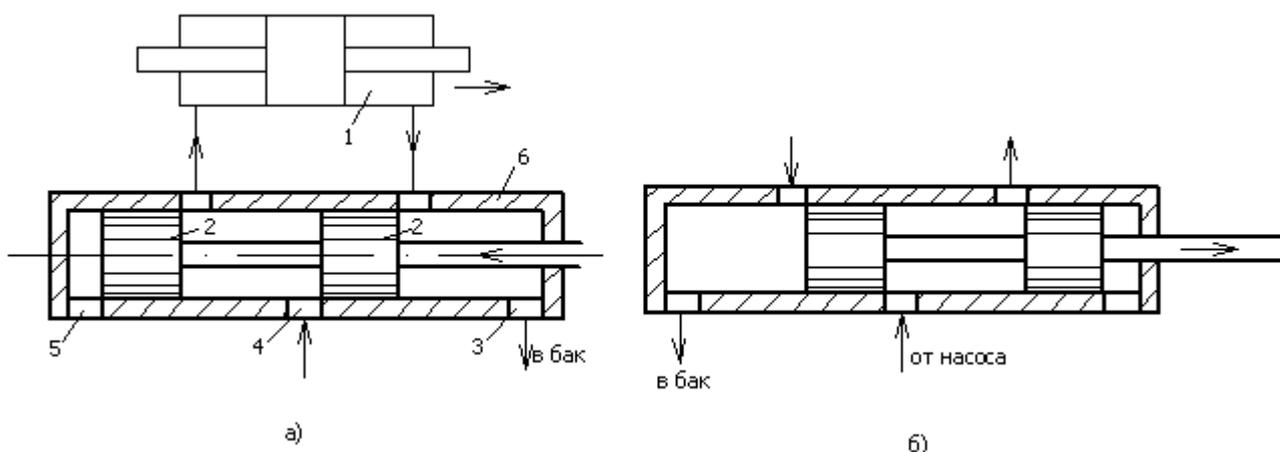


Рис.5.5

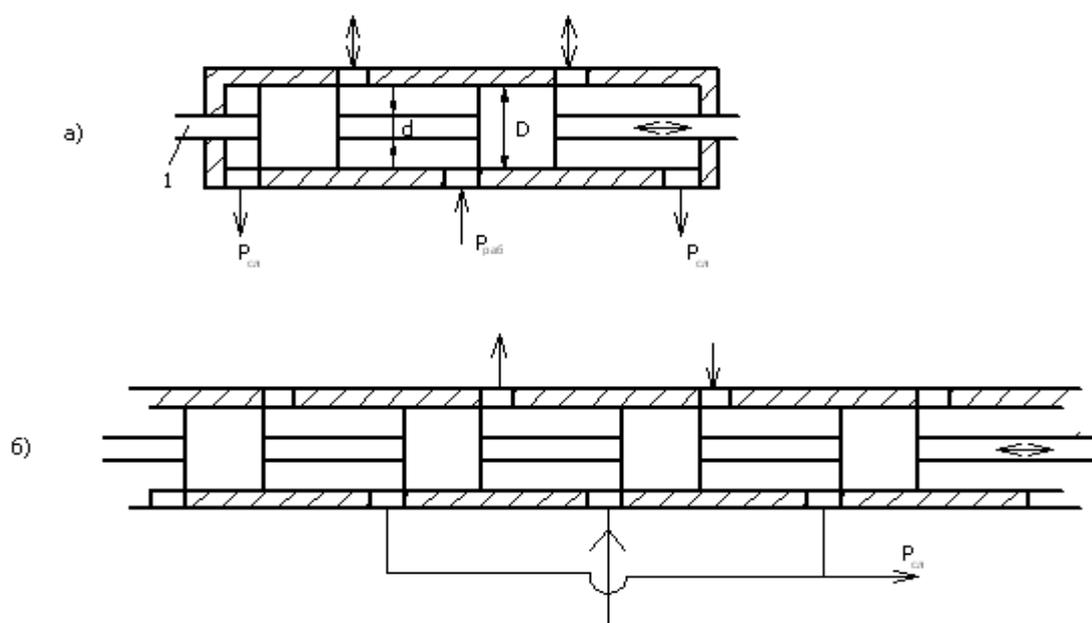


Рис.5.6

В зависимости от числа фиксированных позиций рабочего органа различают распределители двух-, трех- и многопозиционные. Фиксация распределителя в заданных позициях производится ручными или автоматическими стопорными устройствами.

По числу внешних линий, связывающих распределитель с исполнительной магистралью, различают двух-, трех- и многолинейные распределители. По способу управления различают распределители с ручным, механическим, электрическим, гидравлическим и комбинированным управлением.

Схематически позицию подвижного элемента изображают квадратом. Число квадратов соответствует числу позиций (рис.5.7). На схемах распределители изображают в исходной позиции, к которой подводят линии питания и слива. Другая рабочая позиция представляется мысленным передвижением соответствующего квадрата на место исходной позиции с оставлением линий связи в прежнем положении. Проходы (каналы) в

распределители изображают линиями со стрелками, показывающими направления потоков. Закрытый ход изображают тупиковой линией.

На рис.5.7 изображены условные обозначения некоторых распределителей: а) четырехлинейный, трехпозиционный с ручным управлением, 1-позиция нейтральная, II-позиция прямого хода, III-позиция обратного хода; б) четырехлинейный, двухпозиционный с управлением от кулачка и пружинным возвратом; в) четырехлинейный, двухпозиционный с электромагнитным управлением; г) трехлинейный, двухпозиционный с гидравлическим управлением; д) четырехлинейный, трехпозиционный, с электрогидравлическим управлением, с фиксацией нейтральной позиции пружинами.

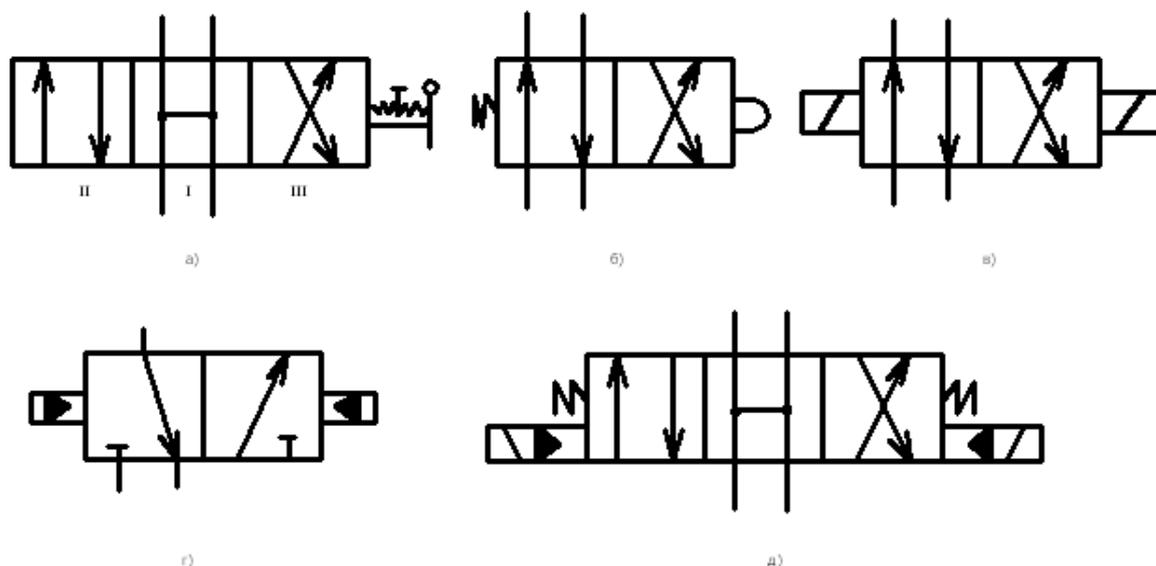


Рис.5.7

Важным параметром цилиндрических золотников является перекрытие плунжером расходных окон в среднем его положении (рис.5.8а).

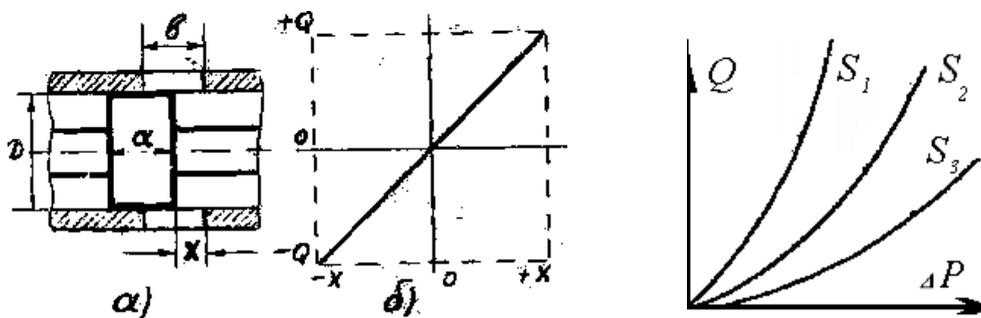


Рис.5.8

При  $a > b$  перекрытие положительное, при  $a < b$  – отрицательное  $a = b$  - нулевое. Золотники с положительным перекрытием имеют хорошую герметичность, но

создают зону нечувствительности, равную  $0,5(a-e)$ , в пределах которой золотник не работает. При отрицательном перекрытии имеют место утечки в нейтральном положении, что используется для разгрузки насосов, однако может произойти самопроизвольное смещение исполнительного механизма, что нежелательно. Золотники с нулевым перекрытием технологически трудно выполнимы.

Гидравлическую исходную характеристику золотника (рис.5.8в) можно получить из формулы

$$Q = \mu S \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} = \mu \pi D x \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_H - P_g)}, \quad (5.1)$$

где  $S = \pi D x$  - площадь сечения проходной щели золотника при открытии щели на величину  $x$ ;  $D$  - диаметр плунжера золотника;  $P_H$  и  $P_g$  - давления на входе (питание) и выходе (давление нагрузки двигателя);  $\mu$  - коэффициент расхода, равный  $0,624 \div 0,65$ .

Уравнение (5.1) показывает, что с увеличением  $P_g$  расход через золотник уменьшается ( $x$  и  $P_H$  постоянны). Это явление (дрессельный эффект) снижает жесткость и вызывает скольжение гидродвигателя под действием нагрузки. При  $P_g = 0$  уравнение расхода принимает вид

$$Q = \mu \pi D x \sqrt{\frac{2}{\rho} P_H} = kx, \quad (5.2)$$

где  $k$  - коэффициент усиления по расходу.

В этом случае статическая характеристика (рис.5.8 б) золотника будет линейной, что имеет важное практическое значение при применении золотниковых устройств в системах автоматики.

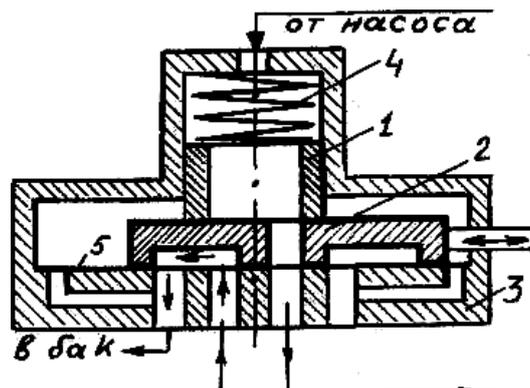


Рис.5.9

В гидросистемах высоких давлений (более 20 МПа) используются золотники с плоским распределительным элементом, которые относительно просты в изготовлении и обеспечивают высокую герметичность (рис.5.9).

Распределительный элемент 2 представляет собой плоскую деталь с каналами подвода и отвода жидкости, которая скользит по плоскости 5 корпуса 3, прижимаясь к ней пружиной 4 через втулку 1 и усилием давления

жидкости. Зазор между плоскими подвижными элементами обусловлен толщиной граничной масляной пленки, что обеспечивает полную герметичность и высокий срок службы.

### 5.3. Крановые распределители

Крановые распределители получили широкое применение благодаря компактности и простоте осуществления многопозиционности. Рабочим элементом являются цилиндрические, конические, шаровые пробки или плоские золотники.

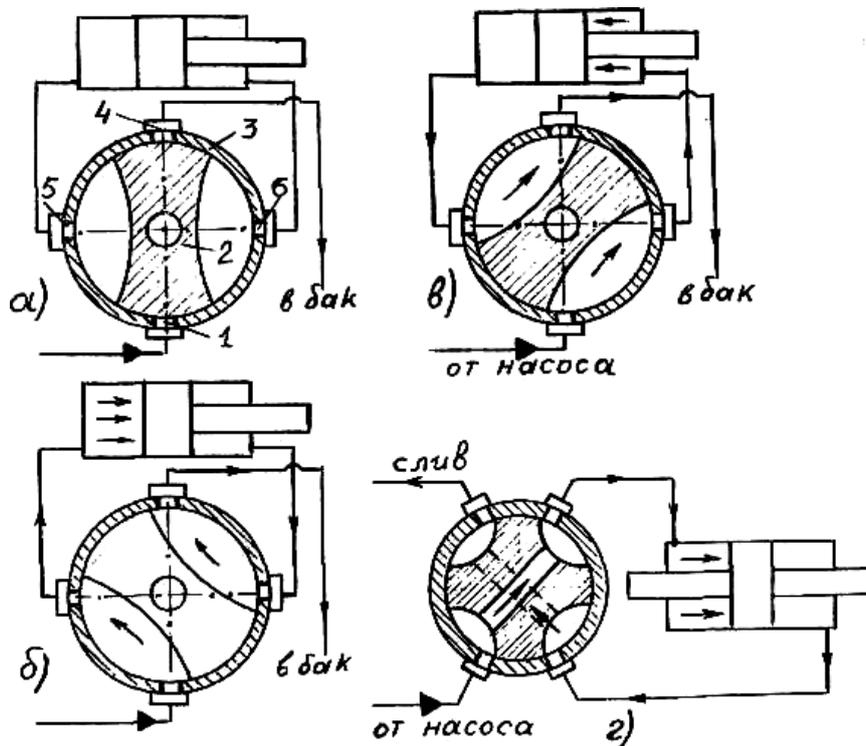


Рис.5.10.

В гидроприводах применяются краны с цилиндрической пробкой (рис.5.10), как более простые и требующие меньших условий для управления. Эти распределители применяют при относительно низких (до 70 МПа) давлениях. При более высоких давлениях используют поворотные краны с плоским распределительным элементом.

Распределитель состоит из пробки 2 (рис.5.10 а), помещенной с минимальным зазором в отверстие корпуса 3, имеющего каналы подвода I (питания) у отвода 4 (слива) жидкости, а также каналы 5 и 6 питания гидродвигателя. При повороте пробки происходит изменение питания полостей гидродвигателя. На рис.5.10 соответственно показаны: а) нейтральная позиция; б) позиция прямого хода поршня гидроцилиндра; в) позиция обратного хода (реверс).

Пробка крана должна быть освобождена от статических сил давления жидкости, т.к. в противном случае она будет прижата к одной стороне, вследствие чего могут развиваться большие силы трения. Разгрузка крана может быть достигнута с помощью радиальных непересекающихся каналов, соединяющих противоположные полости крана (рис.5.10 г).

На основе цилиндрической пробковой схемы за счет увеличения рядности каналов в пробке созданы многопозиционные крановые распределители. В кранах с цилиндрической пробкой герметизирующий контакт обеспечивается притиркой, а в кранах с конусной пробкой - с помощью пружины, усилие которой должно превышать противодействие давления жидкости, стремящегося вытолкнуть пробку из гнезда.

Простейшая схема поворотного крана с плоским распределительным элементом показана на рис.5.И. Плоский поворотный элемент I имеет две серпообразные канавки - открытую 3 и глухую 6. С помощью канавок 3 и 6 отверстие 5, ведущее к баку, последовательно соединяется при повороте крана на 90° с отверстиями 4 и 7, ведущими к гидродвигателю. В свою очередь, отверстия 4 и 7 с помощью канавки 3 и сквозного отверстия 2 последовательно соединяются с камерой 9, которая соединена с водным каналом 8, связанным с насосом.

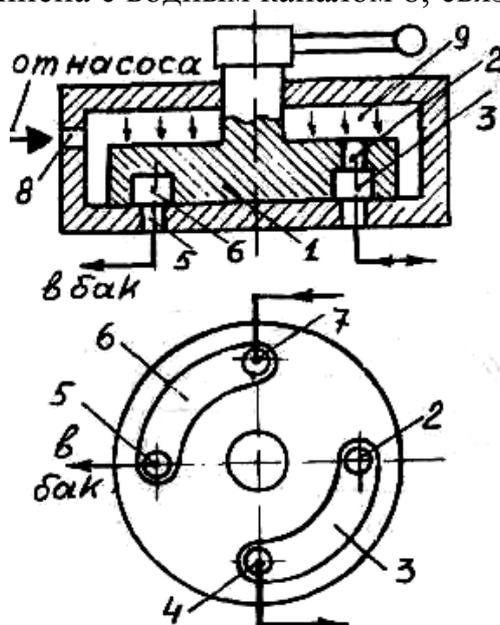


Рис. 5. И.

Недостатком приведенной схемы является большая сила давления жидкости на поворотный элемент, вследствие чего для поворота крана требуется значительное усилие.

#### 5.4. Клапанные распределители

Клапанные распределители просты в изготовлении и надежны в эксплуатации, обладают высокой герметичностью, однако уступают золотниковым и крановым распределителям в компактности и легкости управления. Затворы бывают шариковые, конические и приводятся в действие ручными, механическими и электрическими устройствами. Из ручных

устройств распространены клапаны с качающимся рычагом, схема которого приведена на рис.5.12. В нейтральном среднем положении качающегося рычага I оба клапана 2 и 3 находятся в своих гнездах, и канал *в* гидродвигателя отсоединяется от каналов *а* насоса и *с*, ведущего в бак. При повороте рычага I вправо с гидродвигателем соединяется канал *а* насоса, при повороте влево - канал *с* бака, т.е. происходит питание одной полости гидродвигателя. Для питания обеих полостей гидроцилиндра используют четырехклапанный распределитель, а для привода в действие клапанов используют кулачковый механизм или электромагниты.

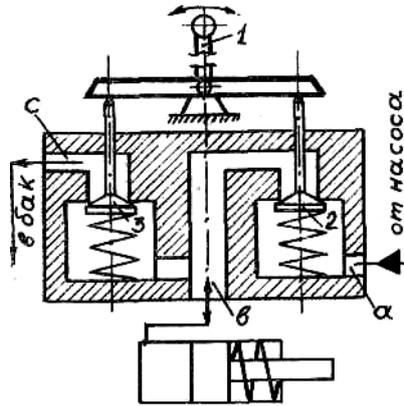


Рис.5.12

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава первая	
СВОЙСВА И СОСТОЯНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ.....	4
1.1. Основные определения.....	4
1.2. Основные физические свойства жидкостей и газов.....	5
1.3. Некоторые характеристики и требования к жидкостям, применяемым в гидросистемах.....	9
Глава вторая	
ОСНОВЫ ПРИКЛАДНОЙ ГИДРАВЛИКИ И ГАЗОДИНАМИКИ.....	12
2.1. Гидростатика.....	12
2.2. Основное уравнение гидростатики.....	12
2.3. Приборы для измерения давления.....	15
2.4. Сила давления жидкости на плоские поверхности.....	17
2.5. Сила давления жидкости на криволинейные поверхности.....	18
2.6. Основные понятия гидродинамики.....	20
2.7. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости.....	23
2.8. Уравнение Бернулли.....	23
2.9. Режимы движения жидкости.....	26
2.10. Гидравлические сопротивления и потери напора.....	27
2.11. Основы расчета трубопроводов.....	33
2.12. Гидравлический удар.....	36
2.13. Истечение жидкости и газов через отверстия и насадки.....	37
Глава третья	
ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ.....	42
3.1. Общие положения. Преимущества и недостатки гидропневмоприводов.....	42
3.2. Насосы.....	44
3.3. Поршневые насосы.....	48
3.4. Роторные радиально-поршневые насосы.....	51
3.5. Роторные аксиально-поршневые насосы.....	53
3.6. Пластинчатые насосы.....	54
3.7. Шестеренные насосы.....	55
3.8. Винтовые насосы.....	56
3.9. Гидроаккумуляторы.....	57
.....Глава четвертая	
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ.....	58
4.1. Гидромоторы.....	58
4.2. Силовые гидроцилиндры.....	60
4.3. Поворотные, мембранные и сильфонные цилиндры.....	65

Глава пятая

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА.....	69
5.1. Некоторые понятия автоматики.....	69
5.2. Золотниковые распределительные устройства.....	74
5.3. Крановые распределители.....	78
5.4. Клапанные распределители.....	79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	82

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альштуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика.- М.: Стройиздат, 1975. -324 с.
2. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. - М.: Машиностроение, 1972. -316 с.
3. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы /Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов, О.В. Байбаков, Ю.Л. Кирилловский - М.: Машиностроение, 1970.-502 с.
3. Лабораторный практикум по гидравлике, гидравлическим машинам и гидроприводам. /С.М. Казарян , А.Ш Барекян, Д.Д. Скубаренко, А.К Челышев. – Ереван: Луйс, 1984. – 319с.
4. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин. - М.: Машиностроение, 1979. -318 с.
5. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы. Справочник. - М.: Машиностроение, 1982. -464 с.
6. Чупраков Ю.И. Гидропривод и средства гидроавтоматики. - М.: Машиностроение, 1979. -232с.

Аршак Шаваршович Барекян  
ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ И ГИДРОПНЕВМОПРИВОДОВ  
Учебное пособие  
Издание первое

Редактор Т.С.Синицына  
Технический редактор Г.К.Комарова

---

Подписано в печать 9.02.06

Формат 60x84/16

Физ.печ.л. 5,25

Тираж 100 экз.

Усл.печ.л. 4,88

Заказ №34

Бумага писчая

Уч.-изд.л. 4,57

Цена 55 руб. 30 коп.

---

Издательство Тверского государственного технического университета  
170026, Тверь, наб.А.Никитина,22