

### 3. ГИДРОАППАРАТУРА

#### 3.1. Общие сведения, определения, классификация

**Гидравлическим аппаратом** называется устройство гидропривода, которое управляет потоком рабочей жидкости и выполняет хотя бы одну из следующих функций:

- изменяет направление потока рабочей жидкости;
- открывает или перекрывает поток рабочей жидкости;
- меняет параметры потока (расход, давление) или поддерживает их заданные значения.

Для любого гидроаппарата характерно наличие **запорно-регулирующего элемента** – подвижной детали (клапана, золотника, крана), при перемещении которой частично или полностью перекрывается рабочее проходное сечение гидроаппарата.

Гидроаппараты в соответствии с ГОСТ 17752-81 подразделяются по следующим признакам:

- по конструкции запорно-регулирующего элемента – золотниковые, крановые и клапанные;
- по принципу действия – клапаны и гидроаппараты неклапанного действия;
- по способу внешнего воздействия на запорно-регулирующий элемент – регулируемые и нерегулируемые;
- по характеру открытия рабочего проходного сечения – регулирующие и направляющие;
- по назначению – распределители, дроссели, клапаны давления, обратные клапаны и т.д.

В зависимости от конструкции запорно-регулирующего элемента гидроаппараты бывают следующих типов (рис.3.1): золотниковые – с плоским (а) и цилиндрическим (б) золотником; крановые – с плоским (в), цилиндрическим (г), коническим (д) и сферическим (е) краном; клапанные – шариковые (ж), конические (з), поршневые (и).

**Клапаном называется гидроаппарат, в котором степень открытия рабочего проходного сечения изменяется под воздействием потока жидкости, проходящей через гидроаппарат.**

Клапан является автоматическим гидроаппаратом, не требующим во время работы какого-либо внешнего воздействия на его запорно-регулирующий элемент.

Клапаны в зависимости от воздействия потока жидкости на запорно-регулирующий элемент бывают прямого и непрямого действия. В клапанах прямого действия размеры проходного сечения меняются в результате

непосредственного воздействия потока жидкости на запорно-регулирующий элемент.

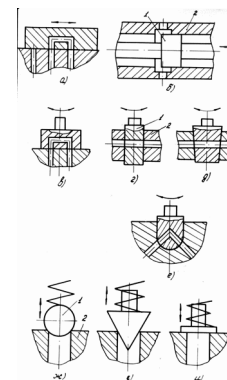


Рис. 3.1. Типы конструкций запорно-регулирующих элементов:

а, б) золотниковые; в, г, д, е) крановые; ж, з, и) клапанные сливом. При этом давление в управляющей полости падает, упругий элемент деформируется, а гидрелинии соединяются между собой.

В гидроаппаратах неклапанного действия (распределителях, дросселях) степень открытия проходного сечения изменяется при помощи внешнего управляющего воздействия на их запорно-регулирующие элементы, например, перемещением золотника, распределителя или поворотом крана вручную и т.д.

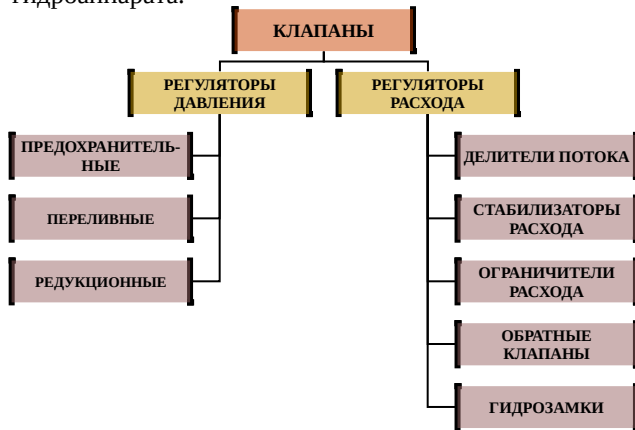
**Регулирующие гидроаппараты** управляют параметрами потока жидкости (давлением, расходом) и направлением потока, частично открывая рабочее проходное сечение и изменяя, таким образом, мощность потока. В таких гидроаппаратах запорно-регулирующие элементы при работе могут занимать бесчисленное множество промежуточных положений. К регулирующим гидроаппаратам относятся различные клапаны давления, дроссели, регуляторы потока, дросселирующие распределители и т.д.

**Направляющие гидроаппараты** управляют пуском, остановкой и направлением потока жидкости путём полного открытия или полного закрытия рабочего проходного сечения, практически не влияя на мощность потока. К этому типу гидроаппаратов относятся направляющие распределители, обратные клапаны, гидрозамки и т.д.

В регулируемых гидроаппаратах степень открытия рабочего проходного сечения или силовое воздействие на запорно-регулирующий элемент можно изменить в процессе работы воздействием извне с целью

получения заданного давления или расхода жидкости, например, путём регулирования силы пружины в клапанах.

В настраиваемом гидроаппарате проходное сечение или силовое воздействие могут быть изменены извне только в нерабочем состоянии гидроаппарата.



Условные графические обозначения гидроаппаратов на схемах устанавливает ГОСТ 2.782–96.

**Основными параметрами гидроаппаратов являются условный проход  $d_y$ , номинальное давление  $p_{ном}$  и расход  $Q_{ном}$  рабочей жидкости, площадь рабочего проходного сечения  $S$ . По этим параметрам и выбирается гидроаппаратура.**

Под условным проходом  $d_y$  понимается округлённый до ближайшего значения из установленного ряда диаметр круга, площадь которого равна площади характерного проходного сечения канала устройства или площади проходного сечения присоединяемого трубопровода.

Рекомендуемые значения условного прохода согласно ГОСТ 16516–80 следующие: 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80 мм и др.

Под **характеристикой гидроаппарата** понимается функциональная зависимость между определёнными параметрами. Так, основной гидравлической характеристикой дросселя является зависимость расхода от перепада давления, т.е.  $Q_{др} = f(\Delta p_{др})$ .

**Присоединительные отверстия гидроаппаратов** по ГОСТу 24242–80 должны иметь следующие буквенные обозначения:

- A, B, C, P, T – отверстия основного потока;
- X, Y – отверстия потока управления;
- M – отверстие для манометра;
- L – дренажное отверстие.

Рекомендуемые обозначения отверстий основного потока:

P – отверстие для входа рабочей жидкости под давлением;

A, B – отверстия для присоединения к другим гидроустройствам;

T – отверстие для выхода рабочей жидкости в гидробак;

C – отверстие проточного канала специального гидрораспределителя.

Примеры обозначений присоединительных отверстий гидроаппаратов приведены на рис. 3.3.

При наличии в гидроаппарате нескольких отверстий одинакового назначения их следует обозначать буквами с добавлением порядкового номера справа.

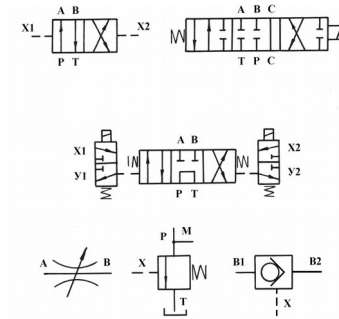


Рис. 3.3. Примеры обозначений присоединительных отверстий гидроаппаратов

### 3.2. Гидравлические распределители

**Гидравлическим распределителем** (гидрораспределителем) называется гидроаппарат, предназначенный для управления пуском, остановкой и направлением движения потока жидкости в двух или более гидрочастях в зависимости от наличия внешнего управляющего воздействия.

Управление движением потока жидкости осуществляется с целью обеспечения включения, реверса и остановки гидродвигателей. Основными конструктивными элементами гидрораспределителей являются корпус и запорно-регулирующий элемент.

Гидрораспределители подразделяются по следующим признакам:

- по конструкции запорно-регулирующего элемента – золотниковые, крановые, клапанные;
- по числу внешних гидрочастей, поток в которых управляется распределителем, – двух-, трёх-, четырёхлинейные и т.д.;
- по числу фиксированных или характерных позиций запорно-регулирующего элемента – двух-, трёхпозиционные и т.п.;

- по виду управления – распределители с ручным, механическим, электрическим, гидравлическим, пневматическим и комбинированным: электрогидравлическим, пневмогидравлическим и другим управлением;
- по способу открытия проходного сечения – направляющие и дросселирующие.

Число позиций изображают соответствующим числом квадратов (прямоугольников). Условные графические обозначения не отражают конструкцию запорно-регулирующего элемента, т.е. они одинаковы для золотниковых, крановых и клапанных распределителей.

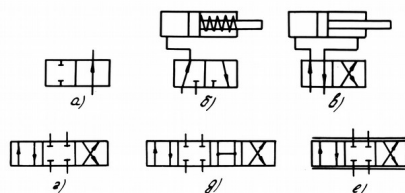


Рис. 3.4. Условное обозначение распределителей в схемах:

- а) двухлинейный двухпозиционный; б) трехлинейный двухпозиционный;
- в) четырехлинейный двухпозиционный; г) четырехлинейный трехпозиционный;
- д) четырехлинейный четырехпозиционный;
- е) дросселирующий четырехлинейный трехпозиционный

Широко применяются в гидроприводах гидрораспределители золотникового типа. Они обладают следующими достоинствами:

- простотой осуществления многопозиционности, т.е. способностью обеспечить все необходимые действия выходного звена гидродвигателя одним золотником;
- лёгкостью управления, что важно в системах с ручным управлением;
- высокой герметичностью;
- компактностью и сравнительной простотой конструкции;
- разгруженностью золотника от статических сил, создаваемых давлением рабочей жидкости.

Недостатки золотниковых распределителей:

- высокие требования к чистоте рабочей жидкости;
- сложность изготовления и ремонта;
- возможность заклинивания;
- возможность облитерации (заращивание) щелей золотников;
- необходимость квалифицированного обслуживания.

На рис.3.5. показана конструктивная схема распределителя золотникового типа. В корпус 1 распределителя вставлен цилиндрический золотник 2. Золотник имеет три цилиндрических пояска с острыми кромками, а в корпусе выполнены пять цилиндрических расточек.

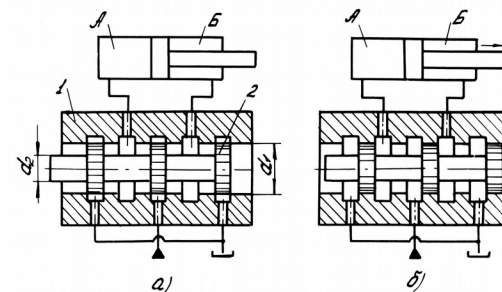


Рис. 3.5. Схема золотникового распределителя  
1 – корпус; 2 – цилиндрический золотник

При положении золотника в исходной позиции (а) напорная, сливная и исполнительные гидролинии перекрыты. При перемещении золотника из исходной позиции вправо (б) напорная гидролиния соединяется с поршневой полостью А гидроцилиндра и поршень перемещается вправо.

При этом рабочая жидкость из штоковой полости Б вытесняется в сливную гидролинию. При перемещении золотника из исходной позиции влево рабочая жидкость из напорной гидролинии поступает в штоковую полость Б, а из поршневой полости А вытесняется в сливную гидролинию. Условное обозначение распределителя (см. рис.3.5.) представлено на рис.3.4,г.

По перекрытию рабочих окон золотником (рис.3.6) различают распределители:

- а) с нулевым перекрытием (ширина цилиндрического пояска золотника  $h$  равна ширине цилиндрической расточки корпуса распределителя  $t$ , т.е.  $h = t$ ),
- б) с положительным перекрытием ( $h > t$ );
- в) с отрицательным перекрытием ( $h < t$ ).

Внешняя расходная характеристика гидрораспределителя (рис.3.7) определяет зависимость расхода рабочей жидкости  $Q$  от перемещения золотника  $x$ . Обычно её строят для нескольких перепадов давления на кромках золотника, а крутизну внешней расходной характеристики оценивают коэффициентом усиления по расходу

$$k_Q = \frac{\Delta Q}{\Delta x}, \quad (3.4)$$

- где  $k_Q$  – коэффициент усиления по расходу;
- $\Delta Q$  – приращение расхода жидкости через распределитель;
- $\Delta x$  – приращение перемещения золотника.

Коэффициент  $K_Q$  характеризует быстродействие распределительного устройства.

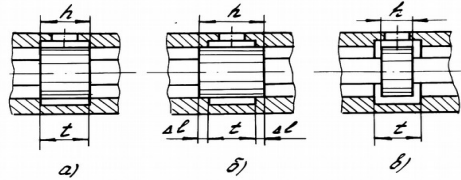


Рис. 3.6. Схемы перекрытий рабочих окон в золотниковых распределителях:

- а) с нулевым перекрытием; б) с положительным перекрытием;
- в) с отрицательным перекрытием

Распределители с положительным перекрытием имеют внешнюю характеристику (см. рис.3.7, б) с зоной нечувствительности, равной перекрытию  $2 \Delta \ell$ . На эту величину следует сдвинуть золотник и только тогда жидкость начнёт поступать к гидродвигателю.

Величину  $Q_{max}$  называют расходом насыщения гидрораспределителя. Такие гидрораспределители широко применяются в гидросистемах мобильных машин, особенно в тех случаях, когда утечки в нейтральной позиции или в начале хода золотника должны быть минимальными, а жесткость (чувствительность к нагрузке) – высокой.

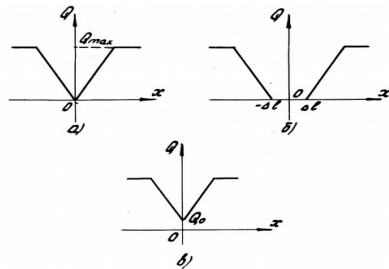


Рис. 3.7. Внешние характеристики золотниковых распределителей:

- а) с нулевым перекрытием; б) с положительным перекрытием;
- в) с отрицательным перекрытием

Распределители с отрицательным перекрытием (см. рис.3.7, в) имеют повышенные утечки рабочей жидкости. Их рекомендуется применять в гидросистемах, для которых утечки не являются определяющими факторами, например, для обеспечения разгрузки насоса и свободного ("плавающего") перемещения исполнительного механизма под действием внешней нагрузки и в других случаях. Недостатком этих распределителей являются потеря расхода и дросселирование рабочей жидкости при нейтральной позиции золотника.

Распределители с нулевым перекрытием рабочего окна (см.рис.3.7, а) не имеют зоны нечувствительности, обладают высоким быстродействием, имеют линейную зависимость расхода жидкости от перемещения золотника. Они широко применяются в следящих гидроприводах и средствах гидроавтоматики.

Выражение для расхода рабочей жидкости через золотниковый распределитель:

$$Q = \mu S \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} = \mu \pi d_1 x \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}, \quad (3.8)$$

где  $\mu = \frac{1}{\sqrt{\xi}}$  - коэффициент расхода гидрораспределителя, ( $\mu = 0,50...0,71$ ).

### 3.3. Гидравлические клапаны давления

**Гидравлические клапаны (гидроклапаны) давления – регулирующие гидроаппараты – предназначены для управления давлением рабочей жидкости в гидроприводе.**

К гидравлическим клапанам давления относятся напорные (предохранительные и переливные), редуционные клапаны, клапаны разности давления и другие.

Гидроклапаны давления, предназначенные для регулирования давления рабочей жидкости, подразделяют по следующим признакам:

- по назначению – напорные, редуционные, разности давлений и соотношения давлений;
- по воздействию потока на запорно-регулирующий элемент – клапаны прямого и непрямого действия.

В клапанах прямого действия рабочее проходное сечение изменяется в результате непосредственного воздействия потока рабочей жидкости на запорно-регулирующий элемент. И увеличение номинального давления приводит к значительному увеличению размеров пружин клапанов прямого действия, а, следовательно, габаритных размеров самих клапанов.

Поэтому в гидроприводах с высоким давлением (более 25 МПа) применяют клапаны непрямого действия (двухкаскадные), представляющие собой совокупность двух клапанов: основного и вспомогательного. В этих клапанах рабочее проходное сечение основного

клапана изменяется в результате воздействия потока рабочей жидкости на запорно-регулирующий элемент вспомогательного клапана.

Напорным клапаном называют гидроклапан давления, предназначенный для ограничения давления в подводимом к нему потоке рабочей жидкости.

### 3.3.1. Предохранительные и переливные клапаны

Напорные клапаны предназначены для ограничения или поддержания давления в гидролиниях путем непрерывного или эпизодического слива рабочей жидкости. В зависимости от функционального назначения их принято делить на предохранительные и переливные клапаны, несмотря на идентичность конструкций.

**Предохранительные клапаны** предназначены для предохранения гидропривода от давления рабочей жидкости, превышающего установленное, путем слива жидкости в моменты увеличения этого давления. Предохранительные клапаны являются клапанами эпизодического действия, т.е. при нормальных давлениях они закрыты и открываются лишь при давлении рабочей жидкости в гидросистеме, превышающем установленное.

**Переливные клапаны** предназначены для поддержания заданного давления путем непрерывного слива жидкости во время работы. Переливные клапаны широко применяются в гидроприводах с дроссельным регулированием.

Напорные клапаны различают по следующим признакам:  
по конструкции запорно-регулирующего элемента – шарикового, конического и золотникового типа;  
по воздействию на запорно-регулирующий элемент – прямого и непрямого действия.

Шариковые и конические переливные клапаны отличаются от предохранительных лишь характеристикой пружин.

В напорной камере моноблочного гидрораспределителя устанавливается первичный предохранительный клапан непрямого действия в виде легко заменяемого патрона.

На корпусе гидрораспределителя устанавливают дополнительные (вторичные) предохранительные клапаны. Эти клапаны предназначены для ограничения максимального давления в гидроцилиндрах, возникающего от реактивных или инерционных нагрузок при закрытых рабочих отводах гидрораспределителя. Вторичные предохранительные клапаны, устанавливаемые на корпусе гидрораспределителя, могут быть прямого и непрямого действия.

Схема напорного клапана прямого действия приведена на рис. 3.14, а, б. В корпусе 2 (см. рис. 3.14,а) имеются каналы для подсоединения

клапана к гидролинии, в которой требуется обеспечить ограничение давления, а также канал для подсоединения к сливной гидролинии. В корпусе размещены запорно-регулирующий элемент 1 шарикового типа, пружина 3 и регулировочный винт 4.

Запорно-регулирующий элемент (шарик) 1 под действием усилия пружины 3 прижимается к седлу и закрывает рабочее окно клапана. При повышении давления в защищаемой клапаном гидролинии на шарик будет действовать сила давления жидкости, превышающая усилие пружины. Шарик отойдет от седла и пропустит часть жидкости на слив, ограничивая давление в гидролинии. Давление настройки клапана регулируется изменением усилия пружины 3 с помощью винта 4.

Такая конструкция проста и надежна в работе, она не требует точной подгонки шарика к седлу, малочувствительна к загрязнению рабочей жидкости. Однако шариковые напорные клапаны применимы лишь при относительно небольших давлениях и кратковременном действии, так как при длительной работе шарик вследствие вибрации неравномерно выработывает (разбивает) седло клапана. Поэтому такие напорные клапаны применяются в качестве предохранительных в гидросистемах низкого давления, так как в этом случае клапан работает эпизодически.

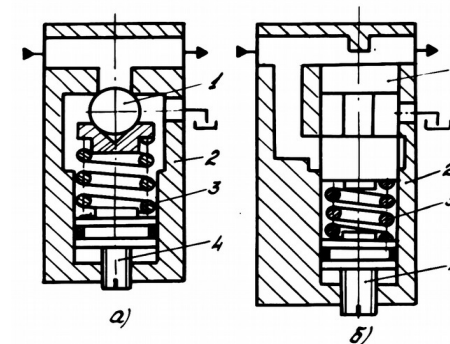


Рис. 3.14. Схема напорного клапана прямого действия:  
а) шарикового типа: 1 – шарик; 2 – корпус; 3 – пружина;  
4 – регулировочный винт; б) золотникового типа: 1 – золотник;  
2 – корпус; 3 – пружина; 4 – регулировочный винт

В качестве переливных клапанов по этой причине применяются, как правило, клапаны с запорно-регулирующим элементом золотникового типа, схема одного из которых приведена на рис. 3.14, б.

На рис. 3.15, а показана одна из схем напорного клапана непрямого действия. В корпусе 1 размещен основной клапан конического типа 7, выполненный вместе с поршнем 6.

Вспомогательный клапан, управляющий основным, содержит шарик 2, пружину 3 и регулировочный винт 4. напорная полость А с помощью дросселя 8 соединяется с рабочей полостью Б вспомогательного клапана и с полостью Г основного клапана для уменьшения усилия пружины 5. Полость В с помощью канала Д соединяется со сливной гидролинией.

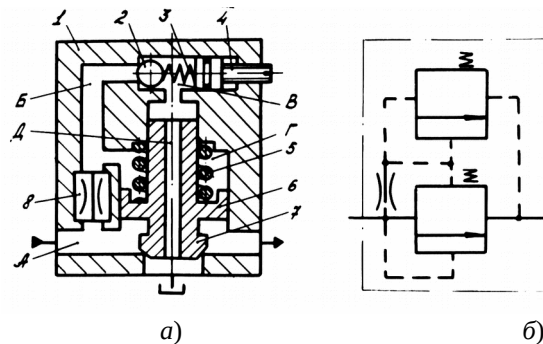


Рис. 3.15. Напорный клапан непрямого действия  
а) схема: 1 – корпус; 2 – шарик; 3, 5 – пружина;  
4 – регулировочный винт; 6 – поршень; 7 – клапан;  
8 – дроссель; б) условное обозначение

При давлении в напорной гидролинии и полости А, меньшем давления настройки, шарик 2 усилием пружины 3 закрывает рабочее проходное сечение вспомогательного клапана. При этом давление в полости Г основного клапана равно давлению в полости А, а так как эффективные площади поршня 6 со сторон полостей А и Г выбираются равными, то суммарное усилие на клапан, создаваемое давлением жидкости, будет равно нулю. Рабочее проходное сечение основного клапана 7 под действием пружины 5 будет закрыто.

При давлении рабочей жидкости в полости А больше допустимого увеличивается давление в полости Б. При этом открывается шариковый клапан 2 и рабочая жидкость через дроссель 8 и рабочее сечение клапана 2 поступает в полость В и по каналу Д в сливную гидролинию.

Появление расхода жидкости через дроссель и вспомогательный клапан приведет к уменьшению давления в полости Г основного клапана. Под действием давления в полости А поршень 6 сместится вверх и откроет рабочее окно основного клапана. При этом давление в напорной гидролинии и полости А упадет, поршень 6 смещается вниз и клапан 7 закрывается.

Величина давления настройки клапана непрямого действия определяется усилием пружины 3, которое изменяется с помощью регулировочного винта 4.

Условное обозначение напорного клапана непрямого действия показано на рис. 3.15, б.

К техническим характеристикам, определяющим эксплуатационные свойства напорного клапана, относятся также следующие:

- диапазон регулирования давления настройки, представляющий разность максимального и минимального давлений настройки;
- номинальный, максимальный и минимальный расходы жидкости через клапан;
- номинальное, максимальное и минимальное давление на входе в клапан;
- внутренняя герметичность;
- показатели надежности (ресурс, вероятность безотказной работы);
- диапазон кинематической вязкости рабочей жидкости, используемой в гидроприводе с клапанами;
- масса, габаритные размеры и др.

В зависимости от последовательности установки и срабатывания предохранительные клапаны условно разделяются на первичные и вторичные.

Первичные клапаны обычно устанавливают в напорной гидролинии или в напорной секции гидрораспределителя. Они предохраняют насос от сверхустановленных давлений, обеспечивают разгрузку насоса.

Вторичные клапаны устанавливают в гидролинии после гидрораспределителя на корпусе гидрораспределителя к его рабочим отводам. Эти клапаны предохраняют гидродвигатели и другие гидроагрегаты (при закрытых рабочих отводах гидрораспределителя) от сверхустановленных давлений, возникающих от реактивных или инерционных нагрузок в гидродвигателях. Конструкции гидроклапанов давления отличаются большим разнообразием.

### 3.3.2. Редукционные гидроклапаны

Редукционный гидроклапан предназначен для поддержания в отводимом от него потоке рабочей жидкости более низкого давления, чем давление в подводимом потоке.

Редукционные клапаны используются в случаях, когда к гидролинии, давление в которой выше, чем требуется потребителю, подключается один или несколько потребителей, работающих при разных давлениях. Редукционные клапаны применяются также для обеспечения постоянного перепада давления на регулируемых дросселях регулятора потока и в других случаях.

Схема редукционного клапана прямого действия показана на рис. 3.18, а. В корпусе 2 размещены запорно-регулирующий элемент 1

золотникового типа, пружина 3 и регулировочный винт 4. Клапан подключается в гидросеть последовательно.

Рабочая жидкость под давлением  $P_H$  подводится в полость А, затем дросселируется через рабочее проходное сечение клапана и через окно Б отводится под редуцированным давлением  $P_{ред} < P_H$ . Понижение давления с входного  $P_H$  до выходного  $P_{ред}$  и поддержание последнего на постоянном уровне обусловлено динамическим равновесием сил, действующих на подвижный золотник 1, из которых усилие пружины 3 действует в сторону увеличения открытия рабочего проходного сечения, соединяющего полость А и окно Б, а давление  $P_{ред}$  действует в сторону уменьшения рабочего проходного сечения.

При повышении редуцированного давления выше заданного золотник 1 клапана смещается вниз, сжимая пружину 3. При этом рабочее проходное сечение (дросселирующая щель) уменьшается, гидравлическое сопротивление увеличивается и давление снижается до заданного значения.

При понижении редуцированного давления ниже заданного значения золотник 1 переместится вверх под действием пружины 3. При этом рабочее проходное сечение увеличивается, гидравлическое сопротивление уменьшается и давление увеличивается до заданного значения.

Для обеспечения стабильности редуцированного давления следует устанавливать пружину с малой жесткостью. Для этих же целей применяются редуцирующие клапаны непрямого действия (рис. 3.18, б). В корпусе размещены основной клапан 5, вспомогательный шариковый клапан 1, пружина 2, регулировочный винт 3, дроссель 6. Полость Г соединена с полостью В, в которой расположена пружина 4, открывающая рабочее проходное сечение клапана 5 при давлениях на выходе редуцирующего клапана ниже заданных.

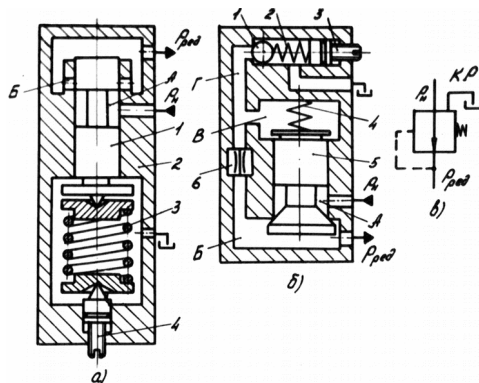


Рис. 3.18. Схема редуцирующего клапана:

- а) прямого действия: 1 – золотник; 2 – корпус; 3 – пружина; 4 – регулировочный винт; б) непрямого действия: 1 – шарик; 2, 4 – пружины; 3 – регулировочный винт; 5 – клапан; 6 – дроссель; в) условное обозначение

Рабочая жидкость под давлением  $P_H$  поступает в полость А и через рабочее проходное сечение поступает в полость Б. При этом происходит дросселирование жидкости и понижение давления до редуцированного  $P_{ред} < P_H$ . При повышении редуцированного давления выше заданного давление в полости Г также увеличивается, шариковый клапан 1 открывается и часть жидкости сливается в бак.

Под действием давления  $P_{ред}$  клапан 5 перемещается вверх, уменьшая рабочее проходное сечение и увеличивая гидравлическое сопротивление. Вследствие этого давление в полости Б снижается до заданного значения. При понижении редуцированного давления клапан 5 под действием пружины 4 опускается, рабочее проходное сечение увеличивается, гидравлическое сопротивление уменьшается и давление в полости Б увеличивается до заданного значения.

Таким образом, давление  $P_{ред}$  автоматически поддерживается постоянным независимо от изменения нагрузки на выходе клапана.

Условное изображение редуцирующего клапана показано на рис. 3.18, в.

Клапаны разности давлений предназначены для поддержания заданной разности давлений в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости. Клапаны разности давлений можно считать разновидностью редуцирующих клапанов. Клапаны разности давлений получили применение в гидроприводах с объемным регулированием как подпиточные клапаны.

### 3.4. Гидравлические дроссели и регуляторы потока

Гидродроссель – регулирующий аппарат, устанавливающий определенную связь между перепадом давления на самом дросселе и расходом жидкости через него. Дроссели, представляющие собой гидравлические сопротивления, разделяют на регулируемые и нерегулируемые.

Регулируемые дроссели применяются, например, в гидроприводах для регулирования скорости движения выходных звеньев гидродвигателей.

По принципу действия различают следующие типы дросселей: дроссель вязкостного сопротивления, потери давления в котором определяется сопротивлением потоку жидкости в канале большой длины;

дроссель вихревого сопротивления, потери давления в котором определяется в основном деформацией потока жидкости и вихреобразованием в канале малой длины.

Расход жидкости через квадратичный дроссель определяется по формуле

$$Q_{др} = \mu S_{др} \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_{др}}, \quad (3.10)$$

где  $Q_{др}$  – расход жидкости, м<sup>3</sup>/с;

$\mu$  – коэффициент расхода,  $\mu = 0,6 \dots 0,7$ ;

$S_{др}$  – площадь рабочего проходного сечения дросселя м<sup>2</sup>;

$\Delta p_{др}$  – перепад давления, Па,  $\Delta p = p_1 - p_2$ , здесь  $p_1$  – давление на входе в дроссель,  $p_2$  – давление на выходе из дросселя;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

**Регулятором потока называется регулирующий аппарат, предназначенный для поддержания заданного значения расхода вне зависимости от перепада давлений в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости.**

Конструктивно регулятор потока представляет собой модуль, состоящий из регулируемого дросселя и редуционного клапана. На рис. 3.21. в условных изображениях показана схема регулятора потока. Независимость расхода от давления в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости обеспечивается за счет стабилизации перепада давления  $\Delta p_{др} = p_1 - p_2$  на регулируемом дросселе с помощью редуционного клапана, т.е. за счет  $\Delta p_{др} = \text{const}$ .

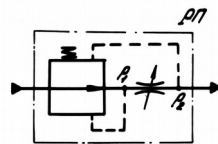


Рис. 3.21. Условное обозначение регулятора потока

### 3.5. Гидравлические клапаны соотношения расходов

Во многих случаях требуется обеспечить синхронизацию движения выходных звеньев гидродвигателей, питающихся от одного насоса.

**Клапаны соотношения расходов предназначены для поддержания заданного соотношения расходов рабочей жидкости в двух или нескольких параллельных потоках. Клапаны соотношения**

**расходов в зависимости от назначения подразделяются на делители и сумматоры потоков.**

Делители потоков предназначены для разделения одного потока рабочей жидкости на два или более потоков. Сумматоры потоков устанавливаются в гидросистемах для соединения двух или более потоков рабочей жидкости в один поток.

Наиболее распространенными являются делители потока, построенные на объемном или дроссельном принципе работы. Простыми делителями потока объемного типа являются спаренные (связанные валами) гидромоторы, преимущественно аксиально-поршневых типов. Гидромоторы в такой схеме являются расходомерными устройствами (дозаторами), пропускающими через себя за один оборот вала жидкость в объеме, равном рабочему объему гидромотора (без учета утечек жидкости в гидромоторе).

При равных рабочих объемах гидромоторов деление расхода жидкости, поступающего от насоса, между гидродвигателями будет произведено на две равные части.

### 3.6. Гидравлические обратные клапаны и гидрозамки

Обратные клапаны относятся к направляющим гидроаппаратам и предназначены для свободного пропускания рабочей жидкости только в одном направлении и запирания в обратном направлении.

Применяются обратные клапаны с различными запорно-регулирующими элементами, например, в виде шарика или конуса (рис. 3.23, а, б). Обратный клапан (см. рис. 3.23, а) состоит из корпуса 1, шарика 3 и пружины 2. При движении жидкости в прямом направлении запорно-регулирующий элемент отжимается от седла и поток с минимальными потерями проходит через рабочее окно клапана.

При обратном направлении потока жидкость прижимает запорно-регулирующий элемент к седлу. Движение жидкости в этом направлении прекращается. Пружины предназначены лишь для преодоления сил трения при посадке запорного элемента на седло.

Условное изображение обратных клапанов показано на рис. 3.23, в.

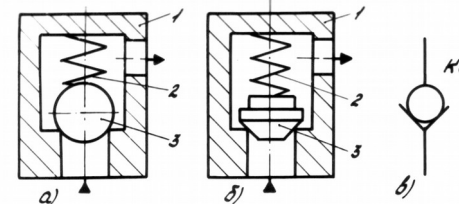


Рис. 3.23. Схемы обратных гидроклапанов:  
а) шарикового типа: 1 – корпус; 2 – пружина; 3 – шарик;



- б) конусного типа: 1 – корпус; 2 – пружина; 3 – конус;  
 в) условное обозначение

Обратные клапаны используются в следующих случаях:

- в гидроприводах с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости как подпиточные клапаны;
- в гидроприводах, состоящих из нескольких насосов, для исключения взаимного влияния при их одновременной работе;
- в блоках фильтрации, устанавливаемых в реверсивных гидролиниях, для обеспечения движения жидкости через фильтр только в одном направлении;
- в гидролиниях, где требуется однонаправленное движение жидкости.

**Гидравлическим замком называют направляющий гидроаппарат, предназначенный для пропускания потока рабочей жидкости в одном направлении и запираания потока жидкости в обратном направлении при отсутствии управляющего воздействия, а при наличии управляющего воздействия – для пропускания жидкости в обоих направлениях.**

Гидрозамки широко применяются в гидроприводах для автоматического запираания рабочей жидкости в полостях гидродвигателей с целью стопорения их выходных звеньев в заданных положениях.

Гидрозамки подразделяются по следующим признакам:

- по числу запорно-регулирующих элементов – односторонние и двухсторонние;
- по конструкции запорно-регулирующих элементов – шариковые, конические;
- по виду управляющего воздействия – с гидравлическим, пневматическим, электромагнитным и механическим управлением.

Обычно гидрозамки устанавливают между гидрораспределителем и гидроцилиндром для надежной фиксации и предотвращения самопроизвольного движения рабочих органов машины из-за перетечек рабочей жидкости в гидрораспределителе.

Имеются два конструктивных исполнения гидрозамков: односторонний гидрозамок – с одним запорно-регулирующим элементом и двухсторонний гидрозамок – с двумя запорно-регулирующими элементами. Гидрозамки включают в себя обратные клапаны и цилиндры управления для принудительного открытия гидрозамков.

Односторонние гидрозамки перекрывают одну гидролинию, а двухсторонние – обе гидролинии, идущие от гидрораспределителя к гидроцилиндру.

В гидросистемах мобильных машин наибольшее применение получили односторонние гидрозамки с условным проходом 16, 20, 25 и 32 мм.

Типовые схемы применения гидрозамков приведены на рис. 3.30. Односторонние гидрозамки перекрывают одну гидролинию, например, гидролинию поршневой полости гидроцилиндра Ц (см. рис. 3.30,а), или гидролинии штоковых полостей гидроцилиндров Ц1 и Ц2 (см. рис. 3.30,б).

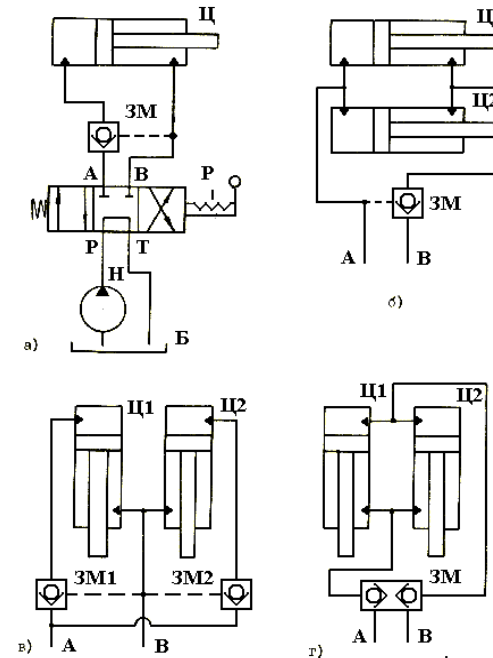


Рис. 3.30. Типовые схемы применения гидрозамков:  
 а, б, в – одностороннего; г – двухстороннего

Гидрозамки 3M1 и 3M2 (см. рис 3.30,в) установлены на поршневых полостях гидроцилиндров Ц1 и Ц2. Двухсторонние гидрозамки защищают две гидролинии (см. рис. 3.30,г).