

3. ГИДРОАППАРАТУРА

3.2. Гидравлические распределители

Гидравлическим распределителем (гидрораспределителем) называется гидроаппарат, предназначенный для управления пуском, остановкой и направлением движения потока жидкости в двух или более гидролиниях 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 гидролиний, 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.

Правила построения условных графических обозначений гидрораспределителей на схемах устанавливает ГОСТ 2.781–96. В обозначении распределителя (рис.3.4) указываются следующие элементы: позиции запорно-регулирующего элемента; внешние линии связи, подводимые к распределителю; проходы (каналы) и элементы управления.

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.

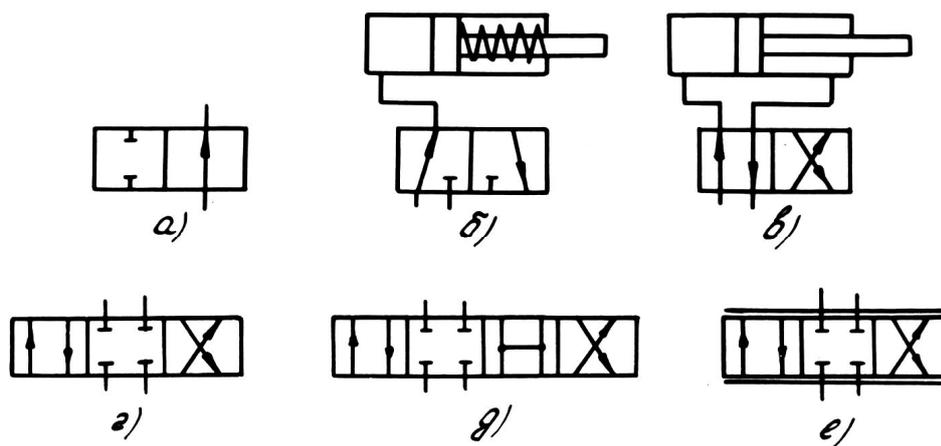


Рис. 3.4. Условное обозначение распределителей в схемах:
а) двухлинейный двухпозиционный; *б)* трехлинейный двухпозиционный;
в) четырехлинейный двухпозиционный; *г)* четырехлинейный трех-
 позиционный; *д)* четырехлинейный четырехпозиционный;
е) дросселирующий четырехлинейный трехпозиционный

Двухлинейные двухпозиционные гидрораспределители (см. рис.3.4, *а)* применяются для пропускания или перекрытия потока жидкости только в одной гидролинии и используются, например, для блокировки (запирания) потока жидкости в системах автоматики.

Трёхлинейные двухпозиционные гидрораспределители (см. рис.3.4, *б)* предназначены для управления гидроцилиндрами одностороннего действия. Четырёхлинейные гидрораспределители (см. рис.3.4. *в-д)*, соединённые с четырьмя внешними гидролиниями (напорной, сливной и двумя исполнительными), используются для управления потоком жидкости в двух полостях, например, у гидроцилиндра двухстороннего действия.

У двухпозиционных распределителей (*в)* только две фиксированные позиции, у трёхпозиционных (*г)* – три (одна исходная – нейтральная и две рабочие), у четырёхпозиционных (см. рис.3.3,*д)* – четыре (например, исходная, две рабочие и плавающая).

При плавающей позиции обе полости гидродвигателя соединены между собой и со сливной гидролинией. Направляющие распределители предназначены для изменения направления, пуска и остановки потока рабочей жидкости в зависимости от наличия внешнего дискретного управляющего воздействия. Запорно-регулирующий элемент в направляющем распределителе всегда занимает крайние рабочие позиции, а параметры потока жидкости не изменяются.

Дросселирующие распределители не только изменяют направление потока рабочей жидкости, но и регулируют расход и давление жидкости в соответствии с изменением внешнего управляющего воздействия.

Запорно-регулирующий элемент дросселирующего распределителя может занимать бесконечное множество промежуточных рабочих положений, образуя дросселирующие щели. Характер внешнего управляющего воздействия – непрерывный. Условное графическое обозначение дросселирующего распределителя приведено на рис.3.4,е.

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.

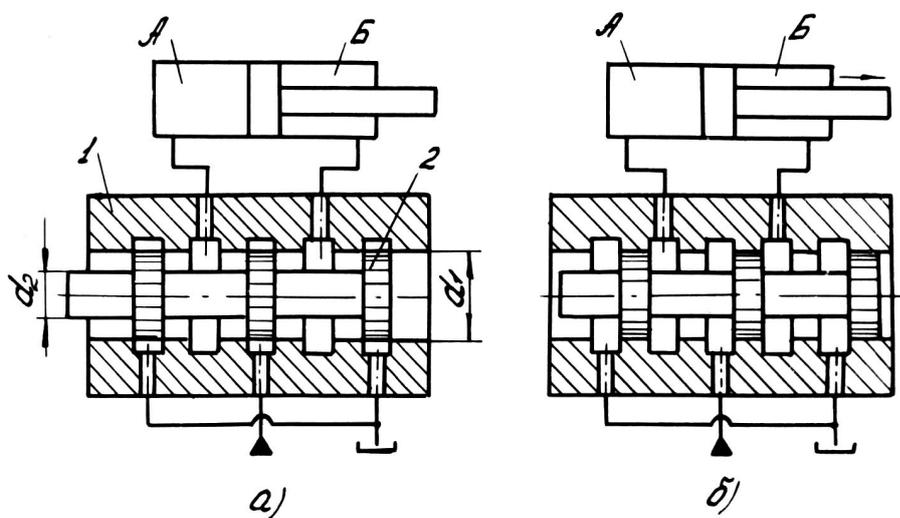


Рис. 3.5. Схема золотникового распределителя
1 – корпус; 2 – цилиндрический золотник

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,з.

Перемещение золотника в корпусе возможно лишь при наличии радиального зазора 4...10 мкм, по которому возможны утечки жидкости, определяемые по формуле:

$$Q_{\text{ут}} = 0,044 \frac{d_1 \delta^3 \Delta p \cdot 10^6}{\nu \ell}, \quad (3.3)$$

где $Q_{\text{ут}}$ – утечки жидкости через радиальный зазор, см³/мин;

d_1 – диаметр золотника, мм;

δ – радиальный зазор между золотником и отверстием в корпусе, мкм;

Δp – перепад давления на уплотняющем пояске, МПа;

ν – кинематический коэффициент вязкости жидкости, сСт;

ℓ – ширина уплотняющего пояска (вдоль оси золотника), мм.

Для уменьшения утечек, как видно из формулы (3.3), необходимо уменьшать радиальный зазор, однако обеспечить его размер менее 5 мкм технологически трудно.

Кроме того, при малых зазорах снижается надёжность работы распределителя, так как деформации корпуса могут вызвать заклинивание золотника. Для снижения утечек можно также уменьшить диаметр золотника, что, однако, ведёт к нежелательному уменьшению площади проходного сечения, росту потерь давления, или увеличивать ширину уплотняющего пояска, что приводит к увеличению хода золотника и его габаритов.

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;

ΔQ – приращение расхода жидкости через распределитель;

Δx – приращение перемещения золотника.

Коэффициент k_Q характеризует быстродействие распределительного устройства.

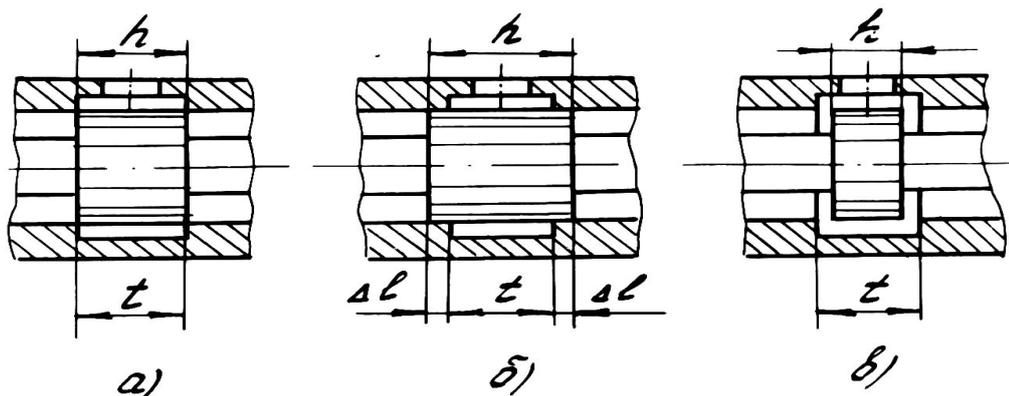


Рис. 3.6. Схемы перекрытий рабочих окон в золотниковых распределителях:
 а) с нулевым перекрытием; б) с положительным перекрытием;
 в) с отрицательным перекрытием

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.

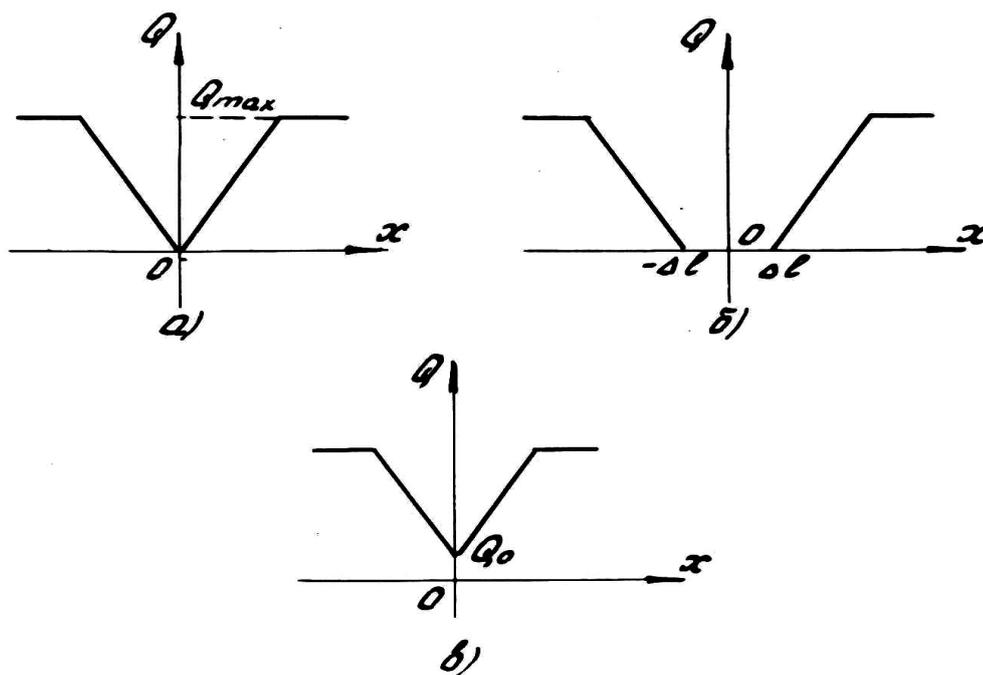


Рис. 3.7. Внешние характеристики золотниковых распределителей:
а) с нулевым перекрытием; б) с положительным перекрытием;
в) с отрицательным перекрытием

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.

Размеры золотника определяются в основном расходом и допустимой скоростью течения жидкости в его каналах, которая, в свою очередь, зависит от назначения золотника, рабочего давления в гидросистеме. Проходные каналы золотника выбираются с учётом обеспечения требуемого расхода жидкости при допустимом сопротивлении её потоку. Размеры цилиндрических золотников с кольцевыми проточками в корпусе находят из соотношения

$$S = \pi d_1 x = \frac{Q}{V}, \quad (3.5)$$

где S – площадь рабочего проходного сечения, м^2 ;

d_1 – диаметр золотника, м ;

x – смещение золотника (величина открытия щели), м , $x < t$, t – ширина цилиндрической расточки корпуса золотника;

Q – расход жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$;

V – скорость рабочей жидкости в каналах распределителя, принимается равной $10 \dots 15 \text{ м/с}$.

Диаметр d_2 шейки золотника (см. рис.3.5) должен быть таким, чтобы обеспечивалось требуемое проходное сечение из условия

$$\frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) \geq \pi d_1 t. \quad (3.6)$$

Гидравлическая характеристика золотника определяется его гидравлическим сопротивлением Δp по формуле

$$\Delta p = \xi \frac{\rho}{2} V^2 = \xi \frac{\rho}{2} \left(\frac{Q}{S} \right)^2, \quad (3.7)$$

где Δp – потери давления, Па , $\Delta p = p_1 - p_2$, здесь p_1 – давление на входе, p_2 – давление на выходе;

ξ – коэффициент местного сопротивления ($\xi = 2 \dots 4$ для гидравлических золотников);

ρ – плотность жидкости, кг/м^3 .

V – скорость рабочей жидкости в каналах распределителя, м/с ,
 $V = Q/S$.

Поток жидкости в золотниковых распределителях вследствие возмущающего действия поворотов, сужений и расширений является преимущественно турбулентным, причём критическое число $Re_{кр} = 100 \dots 200$.

С учётом формул (3.5) и (3.7) можно получить 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, ($\mu = 0,50 \dots 0,71$).

На золотник гидрораспределителя в процессе его работы действуют следующие осевые силы: гидродинамические, инерции, трения, давления жидкости и усилия пружины.

Наибольшую величину имеют гидродинамические силы, возникающие вследствие резкого изменения направления и скорости течения жидкости в каналах распределителя. Осевая гидродинамическая сила направлена в сторону, противоположную направлению скорости потока жидкости, т.е. гидродинамическая сила стремится сместить золотник к нулевому положению.

Осевая гидродинамическая сила $F_{гд}$ зависит от расхода жидкости Q , скорости жидкости V и угла β , под которым жидкость вытекает из окна распределителя и определяется по формуле

$$F_{гд} = QV\rho \cos \beta, \quad (3.9)$$

где $F_{гд}$ – осевая гидродинамическая сила, Н;

ρ – плотность рабочей жидкости, кг/м³;

V – скорость жидкости, м/с;

Q – расход, м³/с.

Для уменьшения гидродинамической силы выполняется профилирование каналов золотников, втулок и т.п.

Для управления гидродвигателями распределители могут иметь различные схемы соединения каналов: параллельную, последовательную и индивидуальную.

На рис.3.8 изображена принципиальная гидравлическая схема объемного гидропривода возвратно-поступательного движения с разомкнутой циркуляцией рабочей жидкости и параллельной схемой соединения золотников гидрораспределителей.

При параллельной схеме соединения золотников секций P1 и P2 гидрораспределителя (см. рис. 3.8) поток жидкости от насоса может быть подан одновременно на несколько гидродвигателей

(гидроцилиндры Ц1 и Ц2). При этом расход жидкости делится между гидродвигателями обратно пропорционально их внешним нагрузкам.

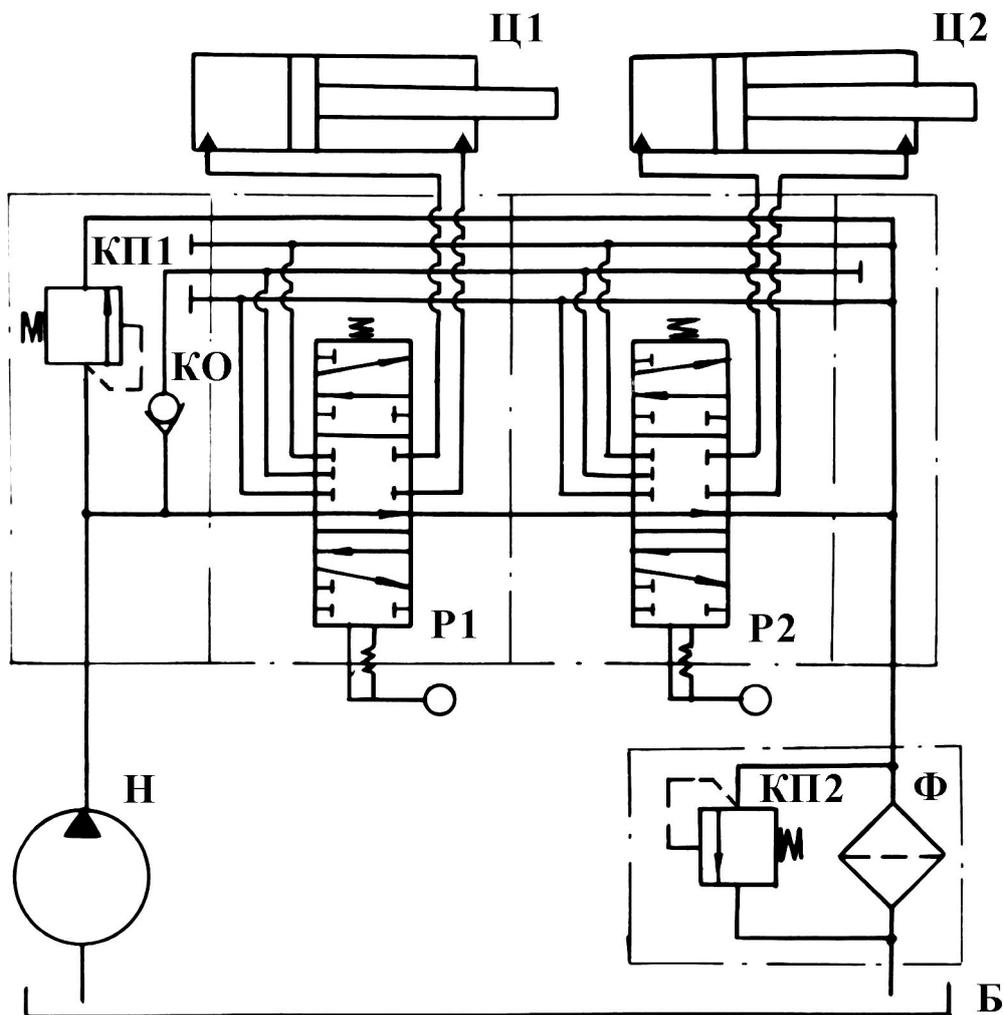


Рис.3.8. Принципиальная гидравлическая схема гидропривода возвратно-поступательного движения с разомкнутой циркуляцией рабочей жидкости и параллельной схемой соединения золотников гидрораспределителей

Рабочая жидкость из гидробака Б (см. рис. 3.8) по всасывающей гидролинии насосом Н подается в напорную гидролинию и поступает в трехпозиционные секции P1 и P2 гидрораспределителя с ручным управлением.

При нейтральном (исходном) положении золотников секций P1 и P2 распределителя (оно показано на схеме) напорная гидролиния соединяется со сливной гидролинией и рабочая жидкость через фильтр Ф возвращается обратно в гидробак Б. Параллельно фильтру Ф установлен переливной клапан КП2, направляющий жидкость мимо фильтра в случае загрязнения фильтрующего элемента.

Исполнительные гидролинии соединяют секции P1, P2 гидрораспределителя с гидроцилиндрами Ц1, Ц2 соответственно. В исходном положении золотников исполнительные гидролинии перекрыты, и штоки гидроцилиндров зафиксированы в определенном положении.

При установке, например, золотника секции P1 гидрораспределителя в верхнее рабочее положение (т.е. его необходимо сместить вниз от исходного положения на одну позицию) жидкость от насоса Н через обратный клапан КО будет поступать в поршневую (левую) полость гидроцилиндра Ц1, а из штоковой полости (правой) будет сливаться в гидробак. Шток гидроцилиндра Ц1 перемещается вправо, т.е. работает на выталкивание.

При включении золотника распределителя P1 в нижнюю рабочую позицию (т.е. его необходимо сместить вверх от исходного положения на одну позицию) жидкость от насоса Н через обратный клапан КО будет поступать в штоковую полость гидроцилиндра Ц1, и из поршневой полости будет сливаться в гидробак. В этом случае шток цилиндра Ц1 перемещается влево, т.е. работает на втягивание.

Управление перемещением штока гидроцилиндра Ц2 производится секцией P2 гидрораспределителя аналогично.

Предохранительный клапан КП1 предохраняет гидросистему от давления рабочей жидкости, превышающего установленное, путем слива жидкости в гидробак Б. При установке в качестве гидродвигателей не гидроцилиндров, а гидромоторов будем иметь гидропривод вращательного движения, принцип действия которого аналогичен вышерассмотренному принципу действия гидропривода возвратно-поступательного движения.

При последовательной схеме соединения секций P1 и P2 золотников гидрораспределителя (рис. 3.9) несколько гидродвигателей (гидроцилиндры Ц1 и Ц2) также могут быть включены одновременно. Однако в этом случае весь поток жидкости от насоса поступает вначале в рабочую полость первого гидродвигателя, а из его сливной полости в напорную полость второго двигателя и т.д. Отводящая гидролиния последнего из включенных гидродвигателей соединяется со сливной гидролинией.

Расход жидкости при такой схеме для каждого гидродвигателя является одинаковым, что обеспечивает одновременную работу нескольких гидродвигателей с одинаковой скоростью. Но при такой схеме рабочее давление в каждом последующем гидродвигателе равно давлению на выходе из предыдущего, а давление на выходе из насоса определяется суммой перепадов давлений на гидродвигателях.

При индивидуальной схеме соединения золотников секций P1 и P2 гидрораспределителя (рис. 3.10) поток рабочей жидкости от насоса поступает только к одному гидродвигателю, а из сливной полости направляется в сливную гидролинию. Причем при одновременном включении золотников поток жидкости поступает к тому гидродвигателю, управляющий золотник которого находится ближе к напорной гидролинии насоса.

Подвод рабочей жидкости к следующим гидродвигателям перекрыт. Чтобы включить последующий гидродвигатель, необходимо отключить предыдущий гидродвигатель.

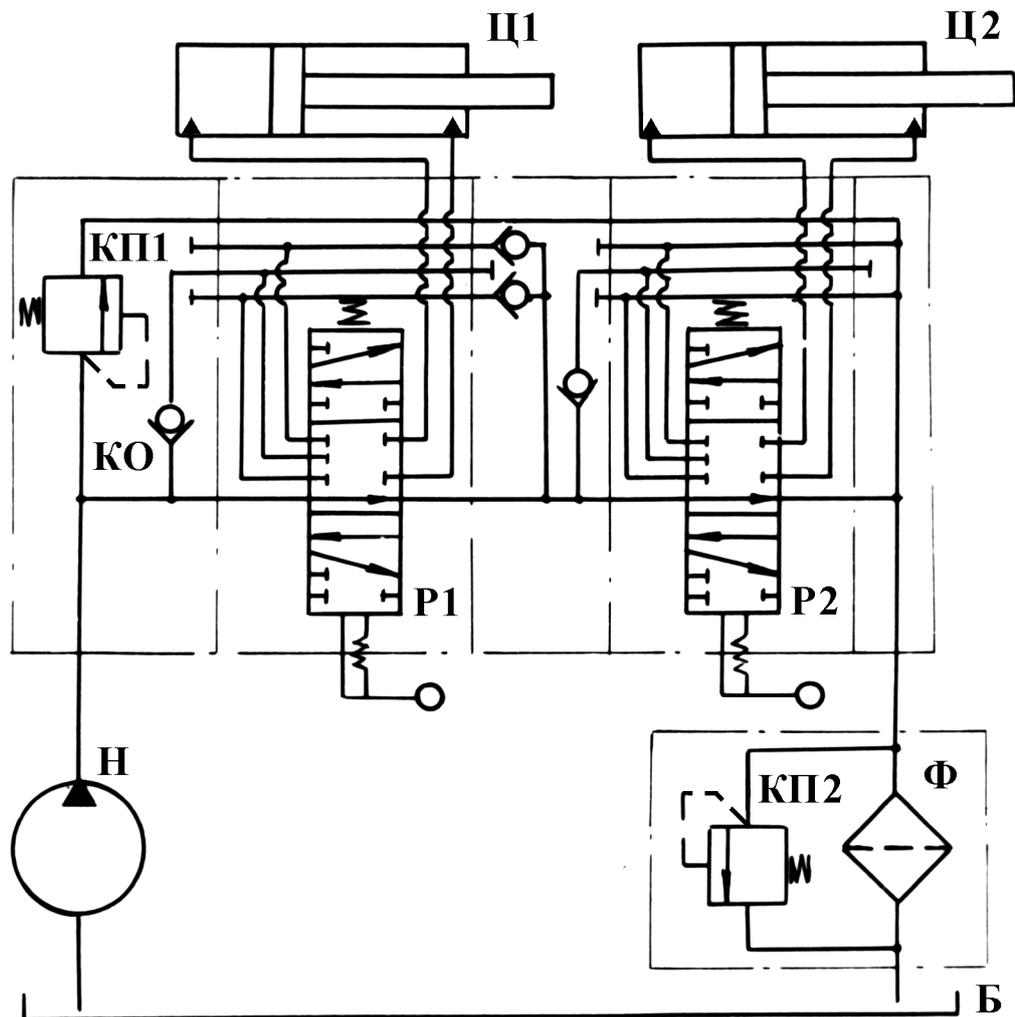


Рис.3.9. Последовательная схема соединения золотников гидрораспределителей

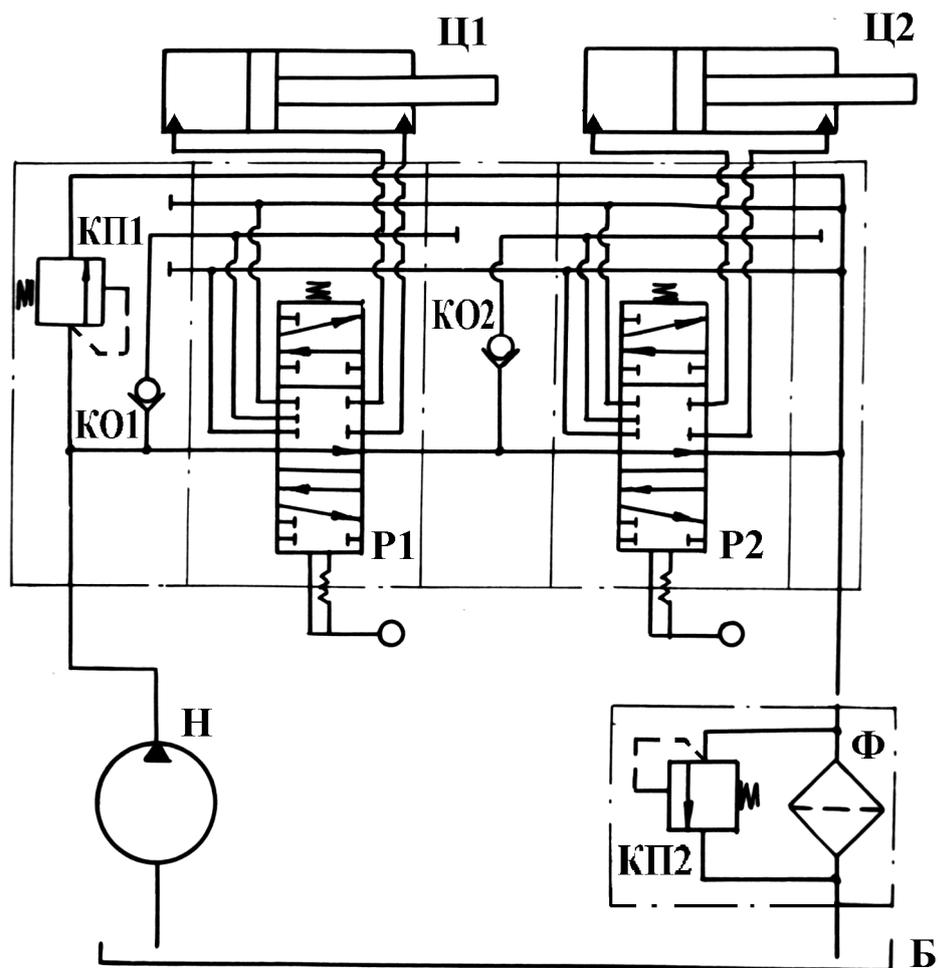


Рис. 3.10. Индивидуальная схема соединения золотников гидрораспределителей

Многозолотниковые гидрораспределители по конструктивному исполнению корпуса разделяют на секционные и моноблочные. При секционном исполнении гидрораспределителя золотники расположены в отдельных рабочих секциях, которые соединяют в единый блок с напорной и сливной секциями с помощью стяжных винтов или шпилек. Предохранительный и обратный клапаны обычно расположены в напорной секции. При моноблочном исполнении все золотники расположены в одном корпусе.

Примеры условных обозначений напорных, рабочих, промежуточных и сливных секций секционных гидрораспределителей приведены на рис. 3.11.

Здесь буквой Н обозначается напорная гидролиния, а буквами С1, С2 и С3 – проточные каналы. Отверстие для подвода рабочей жидкости под давлением обозначается буквой Р, а отверстие для выхода жидкости на слив – буквой Т. Отверстия для внешнего соединения с гидродвигателями обозначаются буквами А и В.

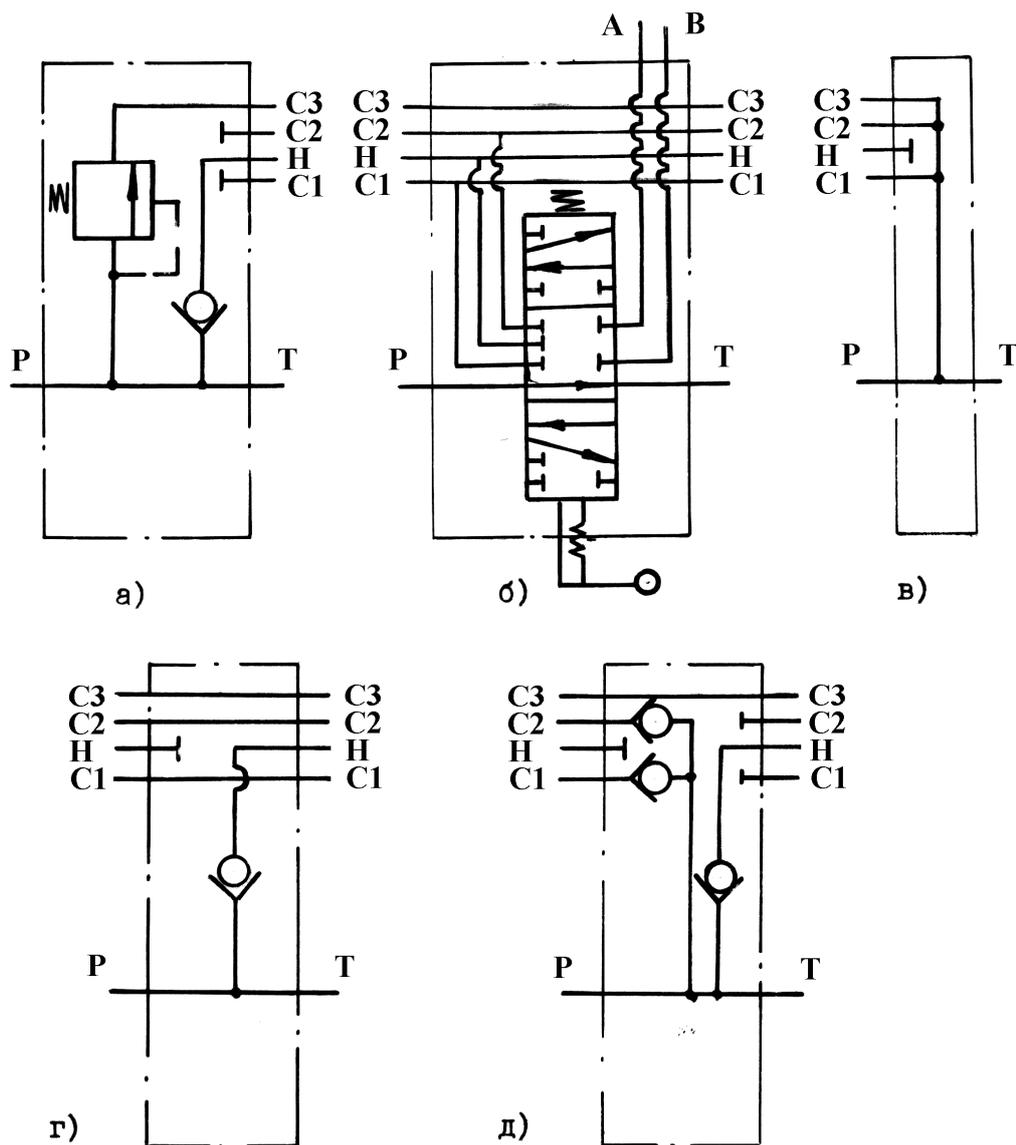


Рис. 3.11. Условные обозначения секций гидрораспределителя:
а – напорная; *б* – рабочая трехпозиционная; *в* – сливная;
г, д – промежуточные

Напорная секция (см. рис. 3.11,*а*) включает обратный клапан и предохранительный клапан прямого действия. Такая секция (обозначается цифрами 20) применяется для гидравлических систем, не требующих расположения предохранительного клапана непосредственно около насоса.

Рабочая трехпозиционная секция (см. рис. 3.11,*б*) применяется для управления гидроцилиндрами двустороннего действия и реверсивными гидромоторами. Рабочая секция (обозначается цифрами 01.1) имеет фиксацию золотника во всех трех позициях.

Сливная секция (см. рис. 3.11,*в*) используется для слива рабочей жидкости в гидробак (обозначается цифрами 30).

Промежуточная секция (см. рис. 3.11,з) включает обратный клапан и применяется для поочередного выполнения двух операций (обозначается секция цифрами 10.2).

Промежуточная секция (см. рис. 3.11,д) имеет три обратных клапана и применяется для совмещения двух технологических операций от одного потока рабочей жидкости при последовательном соединении гидродвигателей (обозначается цифрами 10.4).

Гидрораспределитель состоит из унифицированных секций: напорной, рабочих (в соответствии с количеством гидродвигателей), промежуточных и сливной.

Общий вид секционного гидрораспределителя ПУМ-500... представлен на рис. 3.12.

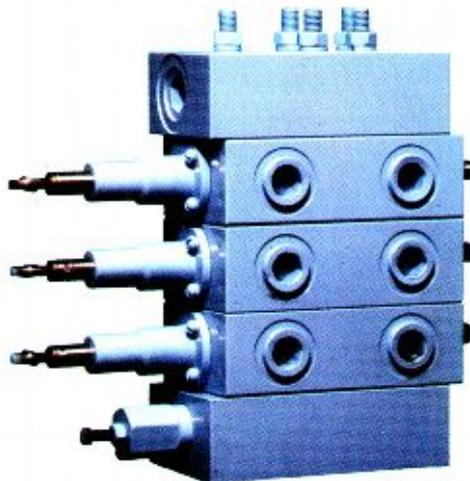


Рис. 3.12. Общий вид секционного гидрораспределителя ПУМ-500...

Гидрораспределитель моноблочный типа ГГ432Б (рис. 3.13) состоит из литого монолитного корпуса с рабочими отводами и подводами напора (Д) и слива (Т).

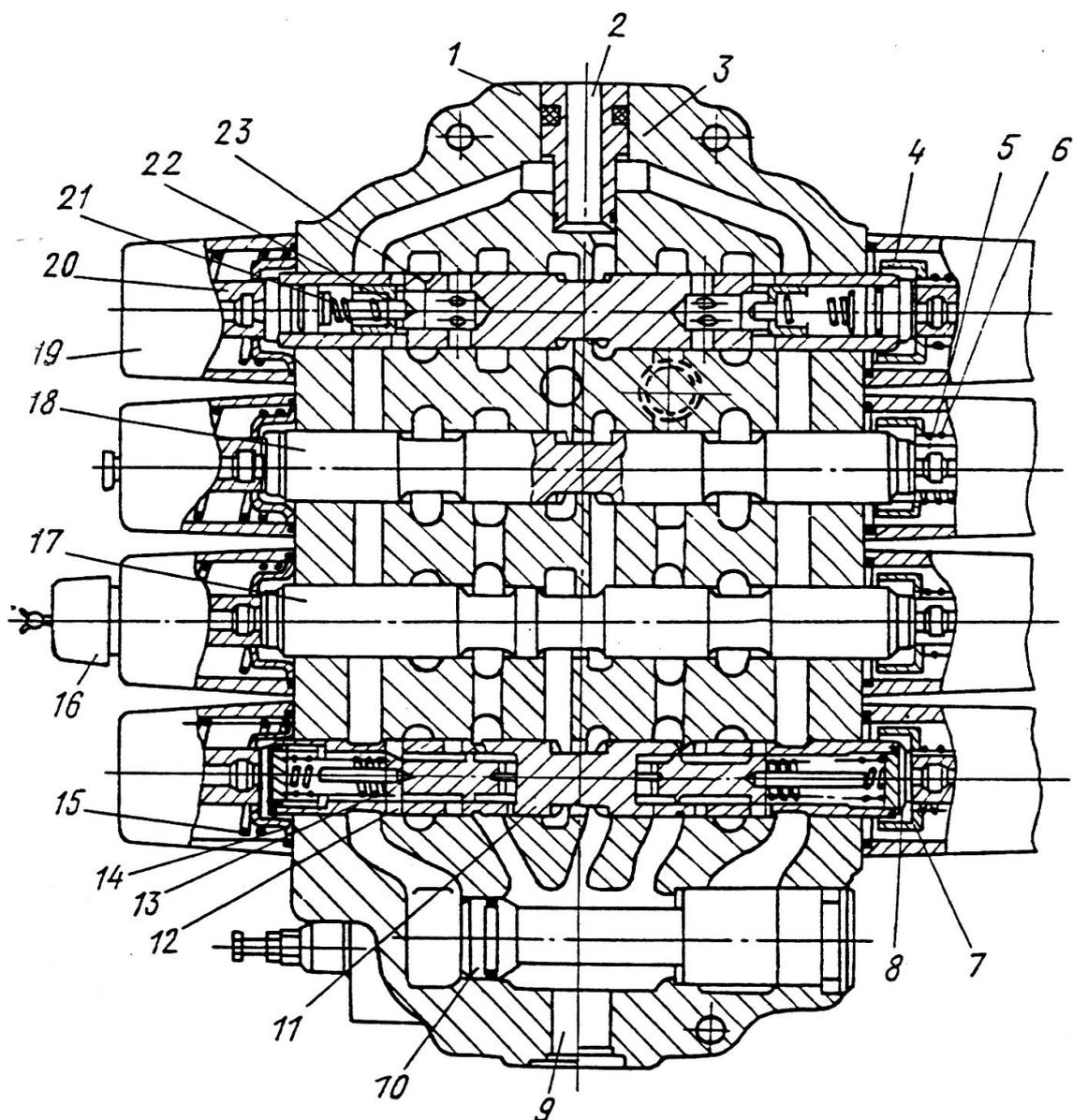


Рис. 3.13. Гидрораспределитель моноблочный ГГ432Б:

- 1 – корпус; 2 – сливной клапан (для переливного потока);
- 3 – сливной патрон (фланцевый); 4 – опора пружины (с проточкой);
- 5 – хвостовик пропорциональной пружины; 6 – пружина пропорциональная;
- 7 – опора пружины; 8 – палец; 9 – подвод от насоса; 10 – заглушка;
- 11 – золотник схемы; 7, 12 – поршень; 13, 21 – пружина;
- 14 – опора возвратной пружины; 15 – пружина возвратная;
- 16 – ограничитель хода; 17 – золотник схемы 9; 18 – золотник схемы 5;
- 19 – крышка; 20 – хвостовик; 22 – клапан; 23 – золотник схемы 1

В корпусе размещены золотники, предохранительный клапан, сливной патрон. На хвостовике золотника установлены пропорциональные и возвратные пружины, удерживающие золотник в нейтральной позиции. Из нейтральной в рабочую позицию золотник перемещается под давлением управления, подводимом к крышкам золотника.

При перемещении золотника рабочие отводы поочередно соединяются с напорным или сливным каналом; переливной канал перекрывается, при этом площадь открытия переливного канала, определяющая величину потока, поступающего на слив, зависит от величины перемещения золотника, что в свою очередь определяется величиной давления управления.