

## **4 Рабочие жидкости, гидролинии, гидроемкости, фильтры и теплообменники**

### **4.1 Рабочие жидкости для гидросистем. Гидравлические линии**

В гидроприводе рабочая жидкость является энергоносителем, благодаря которому устанавливается связь между насосом и гидродвигателем. Кроме того, рабочая жидкость обеспечивает смазку подвижных частей элементов гидропривода.

### **4.2 Характеристика рабочих жидкостей**

В качестве рабочих жидкостей в гидравлическом приводе применяют минеральные масла, водомасляные эмульсии, смеси и синтетические жидкости. Выбор типа и марки рабочей жидкости определяется назначением, степенью надежности и условиями эксплуатации гидроприводов машин.

*Минеральные масла* получают в результате переработки высококачественных сортов нефти с введением в них присадок, улучшающих их физические свойства. Присадки добавляют в количестве 0,05...10%. Присадки могут быть многофункциональными, т.е. влиять на несколько физических свойств сразу. Различают присадки антиокислительные, вязкостные, противоизносные, снижающие температуру застывания жидкости, антипенные и т.д.

*Водомасляные эмульсии* представляют собой смеси воды и минерального масла в соотношениях 100:1, 50:1 и т.д. Минеральные масла в эмульсиях служат для уменьшения коррозионного воздействия рабочей жидкости и увеличения смазывающей способности. Эмульсии применяют в гидросистемах машин, работающих в пожароопасных условиях и в машинах, где требуется большое количество рабочей жидкости (например, в гидравлических прессах). Применение ограничено отрицательными и высокими (до 60 С) температурами.

*Смеси* различных сортов минеральных масел между собой, с керосином, глицерином и т.д. применяют в гидросистемах высокой точности, а также в гидросистемах, работающих в условиях низких температур.

*Синтетические жидкости* на основе силиконов, хлор- и фторуглеродистых соединениях, полифеноловых эфиров и т.д. негорючи, стойки к воздействию химических элементов, обладают стабильностью вязкостных характеристик в широком диапазоне температур. В последнее время, несмотря на высокую стоимость синтетических жидкостей, они находят все большее применение в гидроприводах машин общего назначения.

### 4.3 Выбор и эксплуатация рабочих жидкостей

Выбор рабочих жидкостей для гидросистемы машины определяется:

- диапазоном рабочих температур;
- давлением в гидросистеме;
- скоростями движения исполнительных механизмов;
- конструкционными материалами и материалами уплотнений;
- особенностями эксплуатации машины (на открытом воздухе или в помещении, условиями хранения машины, возможностями засорения и т.д.).

Диапазон рекомендуемых рабочих температур находят по вязкостным характеристикам рабочих жидкостей. Верхний температурный предел для выбранной рабочей жидкости определяется допустимым увеличением утечек и снижением объемного КПД, а также прочностью пленки рабочей жидкости.

Нижний температурный предел определяется работоспособностью насоса, характеризующейся полным заполнением его рабочих камер или пределом прокачиваемости жидкости насосом. При безгаражном хранении машин в зимнее время вязкость жидкостей становится настолько высокой, что в периоды пуска и разогрева гидросистемы насос некоторое время не прокачивает рабочую жидкость. В результате возникает "сухое" трение подвижных частей насоса, кавитация, интенсивный износ и выход насоса из строя. Таким образом, при применении рабочих жидкостей в условиях отрицательных температур пуску гидропривода в работу должен непременно предшествовать подогрев рабочей жидкости.

Максимальные и минимальные значения вязкости рабочих жидкостей в зависимости от типа насоса приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Значения вязкости при крайних температурных пределах

Тип насоса	Значение вязкости (сСт) при температурном пределе		
	нижнем		верхнем
	по условию прокачиваемости	по условию полного заполнения рабочих камер	по условию обеспечения смазывающей пленки и значению КПД = 0,80...0,85
Шестеренный	4500...5000	1380...1250	16...18
Пластинчатый	4000...4500	680...620	10...12
Аксиально-поршневой	1800...1600	570...530	6...8

Рабочее давление в гидросистеме и скорость движения исполнительного механизма также являются важными показателями, определяющими выбор рабочей жидкости. Утечки жидкости повышаются при увеличении давления, следовательно, было бы лучше применять рабочую жидкость с повышенной вязкостью. Но при этом будут увеличиваться гидравлические потери, и снижаться КПД гидропривода.

Аналогичное влияние оказывает на рабочую жидкость скорость движения исполнительных механизмов. В настоящее время нет научно обоснованных рекомендаций по выбору рабочих жидкостей в зависимости от давления и скорости движения исполнительного механизма. Однако отмечается стремление при больших давлениях применять рабочую жидкость повышенной, а при низких давлениях - пониженной вязкости.

При эксплуатации гидросистем необходимо создавать такие условия, при которых рабочая жидкость по возможности дольше сохраняла бы свои первоначальные свойства. Для этого необходимо: не смешивать в одной таре свежую и бывшую в эксплуатации рабочие жидкости; пользоваться чистым запорочным инвентарем; не допускать смешивания рабочей жидкости с водой; не допускать попадания в жидкость пыли, песка, стружки и других механических частиц. При этом необходимо: фильтровать жидкость перед ее заливкой; герметично закрывать резервуары, содержащие рабочую жидкость. При работе гидропривода в широком диапазоне температур рекомендуется применять летние и зимние сорта рабочих жидкостей. Необходимо также после первого периода работы гидропривода в течение 50...100 ч заменять рабочую жидкость для ее фильтрации и очистки от продуктов износа в начальный период эксплуатации.

Наиболее распространенными являются два сорта рабочих жидкостей - ВМГЗ и МГ-30. Они позволяют заменить более 30 сортов специальных масел - промышленных, турбинных, трансформаторных, дизельных, моторных, цилиндровых, веретенных и т.д.

#### **4.4 Гидравлические линии**

В гидросистемах машин отдельные элементы находятся на расстоянии друг от друга и соединяются между собой гидролиниями. Гидролинии должны обладать:

- достаточной прочностью;
- минимальными потерями давления на преодоление гидравлических сопротивлений;
- отсутствием утечек жидкости;
- отсутствием в трубах воздушных пузырей.

Трубопроводы в зависимости от своей конструкции делятся на жесткие и гибкие.

*Жесткие трубопроводы* изготавливают из стали, меди, алюминия и его сплавов. Стальные применяют при высоких давлениях (до 320 ат). Трубы из сплавов алюминия применяют при давлениях до 150 ат и главным образом в гидросистемах машин с ограниченной массой (авиация). Медные трубопроводы при меньших давлениях (до 50 ат), там, где требуется изгиб труб под большими углами, что обеспечивает компактность гидросистемы, и применяются для дренажных линий.

*Гибкие трубопроводы (рукава)* бывают двух видов: резиновые и металлические. Для изготовления *резиновых рукавов* применяют

натуральную и синтетическую резину. Рукав состоит из эластичной внутренней резиновой трубки, упрочненной наружной оплеткой или внутренним текстильным каркасом (рисунок 4.1). Их применяют тогда, когда соединяемые трубопроводом гидроагрегаты должны перемещаться относительно друг друга. При этом благодаря своей упругости резиновый рукав уменьшают пульсацию давления в гидросистеме. Они имеют следующие недостатки: подвижность при изменении давления; снижение общей жесткости гидросистемы; малая долговечность (1,5...3 года). Поэтому при проектировании гидросистем машин резиновых рукавов следует по возможности избегать.

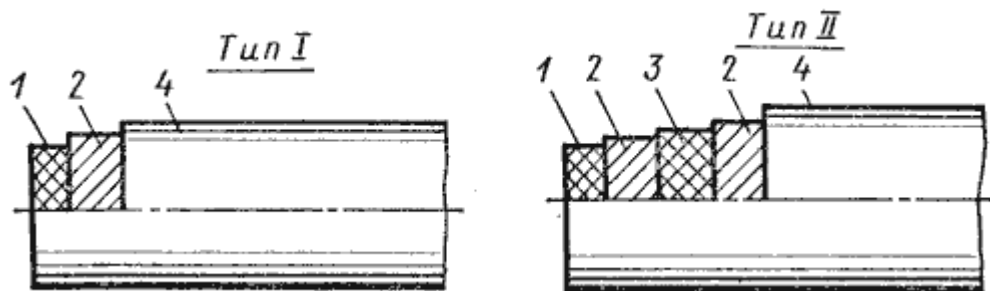


Рисунок 4.1 - Схемы конструкции рукавов с оплеткой: 1 - внутренний резиновый слой; 2 - металлическая оплетка; 3 - промежуточный резиновый слой; 4 - наружный резиновый слой

*Металлические рукава* имеют гофрированную внутреннюю трубу, выполненную из бронзовой или стальной ленты, и наружную проволочную оплетку. Между витками ленты находится уплотнитель. Рукава с хлопчатобумажным уплотнением предназначены для работы с температурой рабочей жидкости до 110 С, а с асбестовым уплотнением - до 300 С. Металлические рукава применяют в специфических условиях эксплуатации гидросистем, в контакте с агрессивными рабочими жидкостями.

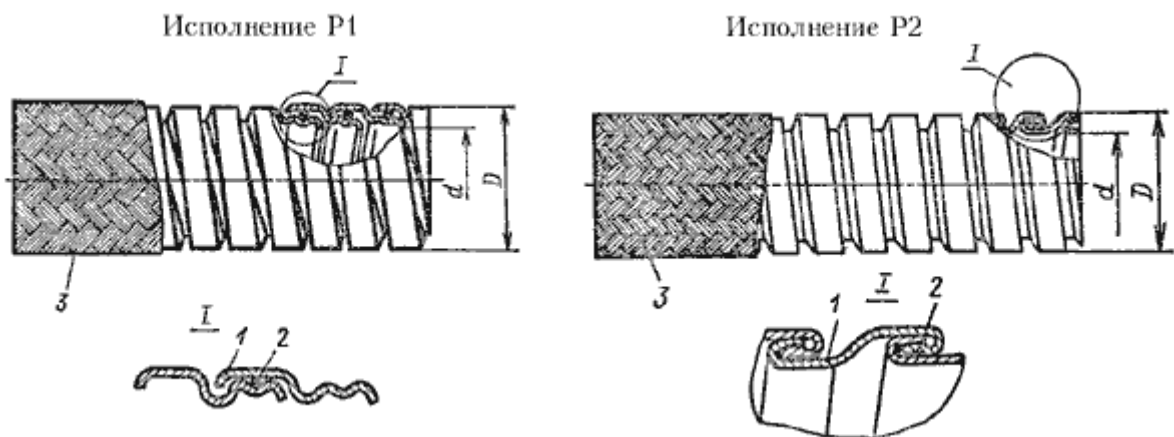


Рисунок 4.2 - Металлические рукава: 1 - профилированная лента; 2 - уплотнитель; 3 - проволочная оплетка.

## 4.5 Соединения

Соединениями отдельные трубы и гидроагрегаты монтируются в единую гидросистему. Кроме того, соединения применяют и тогда, когда в гидросистеме необходимо предусмотреть технологические разъемы. Соединения могут быть неразборными и разборными.

*Неразборные соединения* применяют в недемонтируемых гидросистемах. Для соединения труб применяют сварку и пайку встык или используют муфты (переходные втулки) с прямыми с скошенными под углом 30 концами. При применении неразборных соединений масса гидролиний может быть уменьшена на 25...30% по сравнению с применением разборных соединений.

*Разборные соединения* (неподвижные и подвижные) - это соединения при помощи фланцев, штуцеров, ниппелей и других соединительных элементов.

*Неподвижное разборное соединение* может быть выполнено по наружному и внутреннему конусу, с врезающимся кольцом и фланцевое.

Соединение по *наружному конусу* (рисунок 4.3) состоит из трубопровода 1 с развальцованным на конус концом, ниппеля 2, штуцера 3 и накидной гайки 4. Герметичность соединения обеспечивается плотным прилеганием развальцованного конца трубы к наружной поверхности штуцера и соответствующей затяжкой накидной гайки. Недостатками такого соединения являются: уменьшение прочности трубы в месте р?струба; возможность образования незаметных для глаза кольцевых трещин; сравнительно большой момент затяжки накидной гайки; небольшое количество переборок; применение специализированного инструмента для развальцовки.

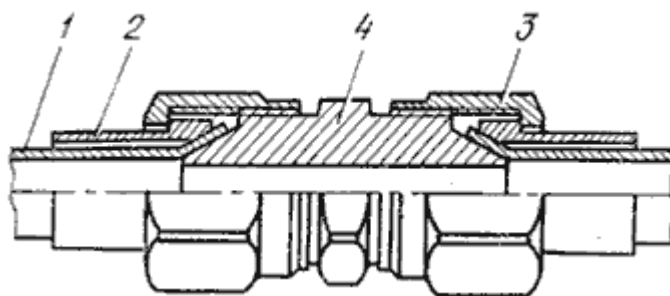


Рисунок 4.3 - Соединение по наружному конусу

Неподвижное разборное соединение по внутреннему конусу (рисунок 4.4) состоит из ниппеля 4, приваренного или припаянного к трубе 5, штуцера 2 и накидной гайки 1. Герметичность соединения обеспечивается плотным прилеганием наружной поверхности ниппеля к внутренней поверхности штуцера и затяжкой накидной гайки. Соединение по внутреннему конусу допускает большое количество переборок, а при его монтаже не происходит нежелательных деформаций в трубах и в соединительной арматуре.

Благодаря сферической поверхности ниппеля допускается небольшой перекос труб.

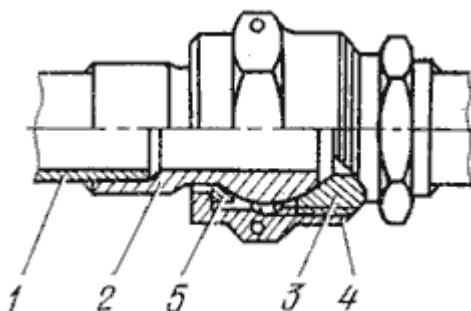


Рисунок 4.4 - Соединение по внутреннему конусу

Соединение с *врезающимся кольцом* (рисунок 4.5) состоит из штуцера 1 с внутренней конической поверхностью 2, накидной гайки 5 и врезающегося кольца 3. Кольцо изготовлено из стали с цементированной поверхностью, а его конец, обращенный к штуцеру, имеет режущую кромку. При затяжке соединения гайкой режущая кромка врезается в трубу 4, происходит деформация кольца, которое получает форму, соответствующую конической поверхности штуцера. В результате обеспечиваются требуемые прочность и герметичность соединения.

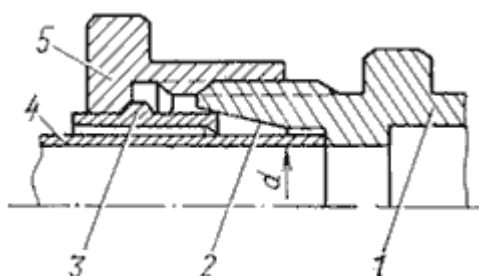


Рисунок 4.5 - Соединение с врезающимся кольцом

К неподвижным разборным соединениям относится и *фланцевое соединение* (рисунок 4.6), которое применяют при монтаже гидросистем с трубами, имеющими диаметр условного прохода более 32 мм при рабочих давлениях до 32 МПа. Герметичность обеспечивается установкой между фланцами уплотнительных колец.

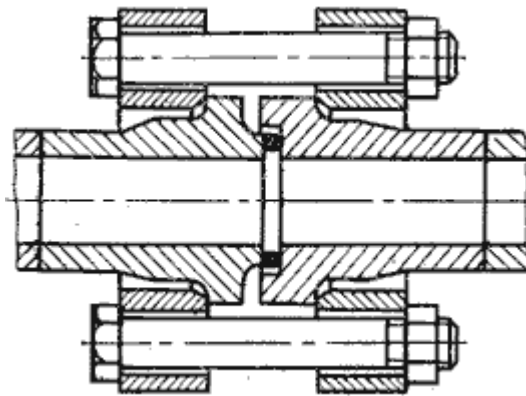


Рисунок 4.6 - Фланцевое соединение

*Подвижное разборное соединение* применяется в гидросистемах землеройных, строительных, лесных и других машин. Здесь нередко применяют гидроцилиндры, которые должны поворачиваться на небольшой угол относительно оси, проходящей через точку крепления гидроцилиндра. При монтаже таких гидросистем применяют подвижные соединения, имеющие одну, две и более степеней свободы. На рисунке 4.7, а приведено поворотное соединение с одной степенью свободы, которое состоит из штуцера 1 и закрепленного на нем поворотного угольника 2. От осевого перемещения угольник стопорится шайбой 3 и кольцом 4. Герметичность соединения обеспечивается резиновыми кольцами 5 с защитными шайбами 6. Другим примером подвижного соединения является свернутый в спираль трубопровод (рисунок 4.7, б). В этом случае спираль необходимо закрепить в двух точках (точки 1 и 2). Во время поворота гидроцилиндра спираль может растягиваться. Такой способ соединения может обеспечивать несколько степеней свободы.

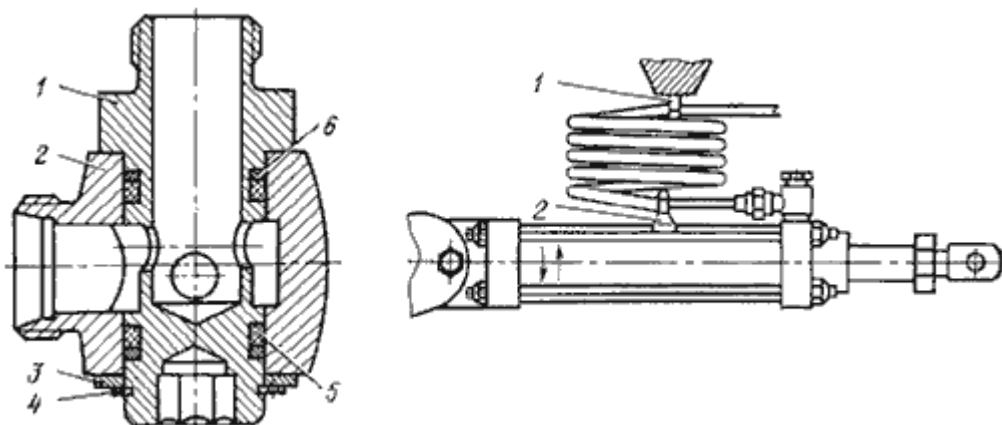


Рисунок 4.7 - Подвижное разборное соединение: а - шарнирное; б - в виде трубы, свернутой в спираль.

Способ заделки в концах гибких трубопроводов соединительной арматуры определяется давлением и конструкцией гибкого трубопровода. При давлении до 0,5 МПа (рисунок 4.8, а) конец рукава навинчивают на наконечник или на ниппель 1 с гребенчатой поверхностью и закрепляют

хомутом 2. При давлениях до 10 МПа соединение конца рукава происходит в результате зажатия его между ниппелем и зажимной муфтой (обоймой). При таком способе (рисунок 4.8, б) рукав 1 ввинчивают в зажимную муфту 2, имеющую резьбу с большим шагом. Далее в муфту ввинчивают ниппель 3, который своей конусной поверхностью вдавливает конец рукава в резьбу муфты и зажимает его. Для давлений более 10 МПа муфту 2 обжимают в специальном цанговом приспособлении. Накладной гайкой 4 производят соединение рукава с гидрооборудованием.

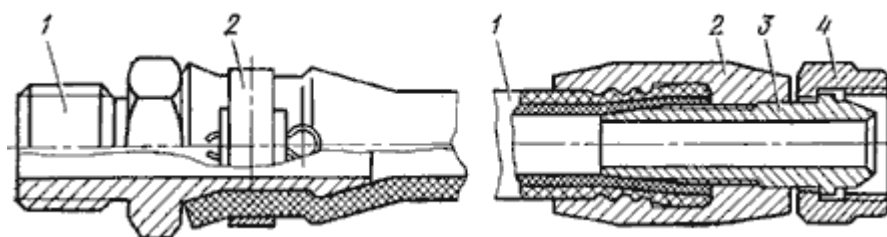


Рисунок 4.8 - Заделка концов рукавов: а - при давлении до 0,5 МПа; б - при давлении свыше 10 МПа

#### 4.6 Расчет гидролиний

Целью расчета гидролиний является определение внутреннего диаметра трубопроводов, потерь давления на преодоление гидравлических сопротивлений и толщины стенок труб.

*Внутренний диаметр (условный проход) трубопровода  $d$*  определяют по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}, \quad (4.1)$$

или

$$d = 4,6 \sqrt{\frac{Q}{v}}, \quad (4.2)$$

где  $Q$  - расход жидкости, м<sup>3</sup>/с для (4.1) и л/мин для (4.2);

$v$  - скорость движения жидкости, м/с;

$d$  - внутренний диаметр трубопровода, м для (4.1) и мм для (4.2).

Скорость течения жидкости в трубопроводах зависит в основном от давления в гидросистеме (таблица 4.2).

Таблица 4.2 - Рекомендуемые значения скорости рабочей жидкости

	Трубопроводы							
	Всасывающие	Сливные	Нагнетательные					
$P_H$ , МПа	—	—	2,5	6,3	16	32	63	100
$v_{РЖ}$ м/с	1,2	2	3	3,5	4	5	6,3	10

Потеря давления на преодоление гидравлических сопротивлений по длине каждого участка трубопровода определяется по формуле

$$\Delta P_{дл} = \rho \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v_{РЖ}^2}{2},$$

где  $\rho$  - плотность рабочей жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda$  - коэффициент гидравлического трения;  $l$  - длина трубопровода, м.

Если на пути движения рабочей жидкости встречаются местные сопротивления, то потеря давления в местных сопротивлениях определяется по формуле Вейсбаха

$$\Delta P_{м} = \rho \zeta \frac{v_{РЖ}^2}{2},$$

где  $\zeta$ - коэффициент местных сопротивлений.

Значения коэффициентов  $\zeta$  для наиболее распространенных видов местных сопротивлений принимают следующими: для штуцеров и переходников для труб  $\zeta = 0,1 \dots 0,15$ ; для угольников с поворотом под углом 90°  $\zeta = 1,5 \dots 2,0$ ; для прямоугольных тройников для разделения и объединения потоков  $\zeta = 0,9 \dots 2,5$ ; для плавных изгибов труб на угол 90° с радиусом изгиба, равным  $(3 \div 5)d$   $\zeta = 0,12 \dots 0,15$ ; для входа в трубу  $\zeta = 0,5$ ; для выхода из трубы в бак или в цилиндр  $\zeta = 1$ .

При ламинарном режиме для определения коэффициента гидравлического трения  $\lambda$  рекомендует при  $Re < 2300$  применять формулу

$$\lambda = \frac{75}{Re},$$

а при турбулентном режиме течения жидкости в диапазоне  $Re = 2300 \dots 100000$  коэффициент  $\lambda$  определяется по полуэмпирической формуле Блазиуса

$$\lambda_T = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}.$$

Если

$$Re > 10 \frac{d}{\Delta_s},$$

где  $\Delta_{\text{э}}$  - эквивалентная шероховатость труб (для новых бесшовных стальных труб  $\Delta_{\text{э}} = 0,05$  мм, для латунных -  $\Delta_{\text{э}} = 0,02$  мм, для медных - 0,01, для труб из сплавов из алюминия - 0,06, для резиновых шлангов - 0,03), то коэффициент гидравлического трения определяется по формуле А.Д. Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{\Delta_{\text{э}}}{d} \right)^{0,25}$$

Потери давления в гидроаппаратуре  $\Delta P_{\text{га}}$  принимают по ее технической характеристике после выбора гидроаппаратуры. После этого суммируют потери давления

$$\Delta P = \Delta P_{\text{дл}} + \Delta P_{\text{м}} + \Delta P_{\text{га}}$$

При выполнении гидравлического расчета *производят проверку бескавитационной работы насоса*. Вакуум у входа в насос определяют по формуле

$$P_{\text{в}} = \rho g \left( h_{\text{с}} + h_{\text{мп}} \frac{\alpha v^2}{2g} \right),$$

где  $h_{\text{с}}$  - расстояние от оси насоса до уровня рабочей жидкости в баке;  $h_{\text{мп}}$  - потери напора на преодоление всех гидравлических сопротивлений во всасывающей гидролинии;  $v$  - скорость движения жидкости во всасывающей гидролинии;  $\alpha$  - коэффициент Кориолиса.

Рекомендуемый (с запасом на бескавитационную работу насоса) вакуум  $P_{\text{в}}$  у входа в насос должен быть не более 0,04 МПа. Если  $P_{\text{в}} > 0,04$  МПа, то нужно увеличить диаметр всасывающего трубопровода или расположить бак выше оси насоса. При этом считается, что рабочая жидкость находится в баке с атмосферным давлением  $P_{\text{атм}} = 0,1$  МПа. Таким образом, разность давлений в баке  $P_{\text{б}}$  (с атмосферным или избыточным давлением) и на входе в насос  $P_{\text{в}}$  не должна быть меньше 0,06 МПа.

Определение толщины стенок является проверочным расчетом на прочность жестких труб, подобранных по ГОСТу. Толщину стенки трубы определяют по формуле

$$\delta = \frac{Pd}{2\sigma_{\text{в}}} n,$$

где  $P$  - максимальное статическое давление;  $\sigma_{\text{в}}$  - допускаемое напряжение на разрыв материала труб, принимаемое равным 30...35% от временного сопротивления;  $n$  - коэффициент запаса,  $n = 3...6$ , для гнутых труб принимается равным на 25 % ниже.

С учетом возможных механических повреждений толщина стенок стальных труб должна быть не менее 0,5 мм, а для медных - не менее 0,8...1,0 мм.

#### 4.7 Гидробаки и теплообменники

*Гидробаки* предназначены для питания гидропривода рабочей жидкостью. Кроме того, через гидробак осуществляется теплообмен между рабочей жидкостью и окружающим пространством; в нем происходит выделение из рабочей жидкости воздуха, пеногашение и оседание механических и других примесей.

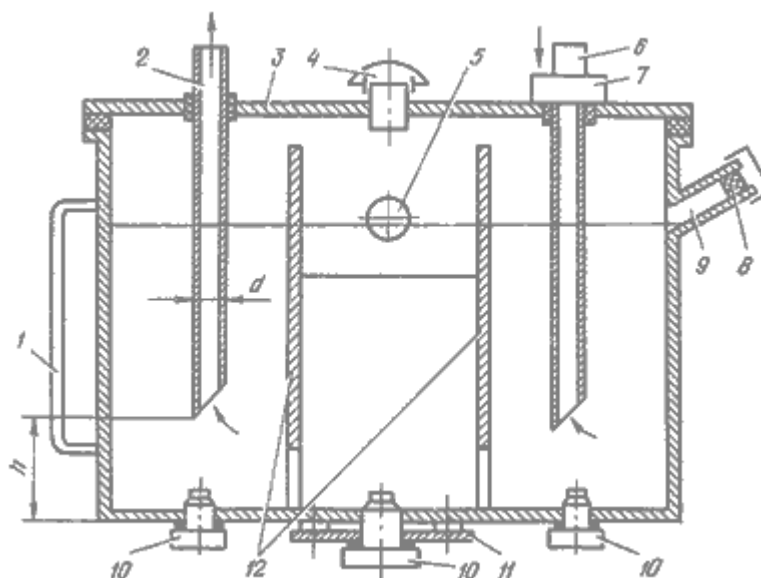


Рисунок 4.9 - Гидробак: 1 - указатель масла; 2- всасывающая труба; 3 - крышка; 4 - сапун; 5 - глазок; 6 - сливная труба; 7 - фильтр; 8 - сетчатый фильтр (ячейки 0,1 0,1 мм); 9 - заливное отверстие; 10 - магнитная пробка; 11 - крышка для слива РЖ; 12 - перегородки (успокоители)

Гидробаки изготавливают сварными из листовой стали толщиной 1-2 мм или литыми из чугуна. Форма гидробаков чаще всего прямоугольная. Внутри гидробака имеются перегородки 12, которыми всасывающая труба отделена от сливной 6. Кроме того, перегородки удлиняют путь циркуляции рабочей жидкости, благодаря чему улучшаются условия для пеногашения и оседания на дно гидробака примесей, содержащихся в рабочей жидкости. Лучшему выделению воздуха из рабочей жидкости способствует мелкая сетка, поставленная в гидробаке под углом. Для выравнивания уровня жидкости в гидробаке перегородки имеют отверстия на выоте 50...100 мм от дна. Заливку рабочей жидкости производят через отверстие 9 с сетчатым фильтром 8, имеющим ячейки размером не более 0,1 0,1 мм. Отверстие для заливки закрывают пробкой. Для контроля уровня рабочей жидкости в гидробаке служат указатель 1 или смотровой глазок 5.

Для выравнивания давления над поверхностью жидкости в баке с атмосферным давлением служит сапун 4. Возможны случаи, когда давление в гидробаке отличается от атмосферного (избыточное давление или вакуум). Сливную и всасывающую трубы устанавливают на высоте  $h = (2...3) d$  от дна бака, а концы труб скашивают под углом  $45^\circ$ . При этом скос сливной трубы направлен к стенке, а всасывающей - от стенки. Такое расположение концов труб уменьшает смешивание жидкости с воздухом, взмучивание осадков и попадание примесей во всасывающую гидролинию. В верхней части сливной трубы может быть установлен фильтр.

Дно гидробака имеет отверстие с крышкой 11 для спуска рабочей жидкости, периодической очистки и промывки гидроемкости. На дне также могут быть установлены магнитные пробки 10 для задержания металлических примесей. Крышка 3 бывает съемной. С гидробаком она соединяется через уплотнитель из маслостойкой резины.

В процессе эксплуатации гидропривода температура рабочей жидкости не должна превышать  $55...60^\circ \text{C}$  и в отдельных случаях  $80^\circ \text{C}$ . Если поддержание температуры в пределах установленной не может быть обеспечено естественным охлаждением, в гидросистеме устанавливают теплообменники.

В гидроприводах применяют два типа теплообменников: с водяным и воздушным охлаждением.

Теплообменники с водяным охлаждением имеют небольшие размеры. В отличие от воздушных, они более эффективны, но требуют дополнительного оборудования для подачи охлаждающей жидкости. Конструктивно теплообменник представляет собой змеевик 2 из стальной трубы (рисунок 4.10, а), размещенной в гидробаке 1.

Теплообменники с водяным охлаждением целесообразно применять в гидроприводах стационарных машин, работающих в тяжелых условиях.

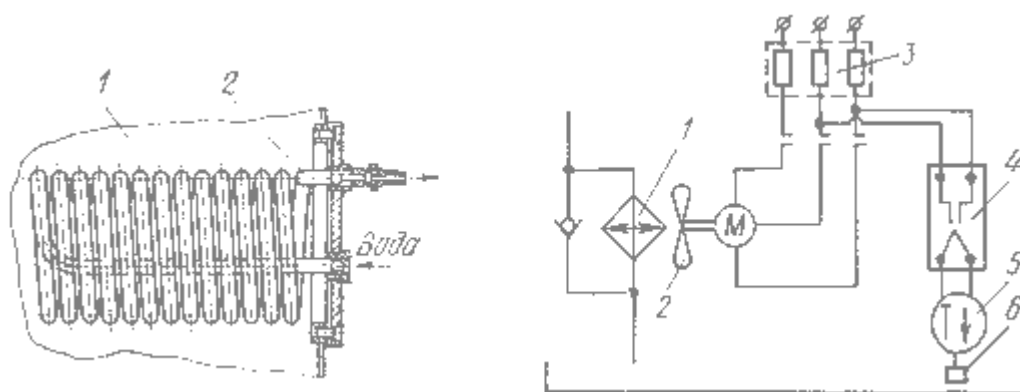


Рисунок 4.10 - Теплообменники: а - с водяным охлаждением; 1 - бак; 2 - змеевик; б - с воздушным охлаждением; 1 - радиатор; 2 - вентилятор; 3 - магнитный пускатель; 4 - реле; 5 - терморегулятор; 6 - датчик температуры

Теплообменники с воздушным охлаждением выполняют по типу автомобильных радиаторов или в виде труб, оребренных для увеличения

поверхности теплопередачи. Для увеличения эффективности теплопередачи поверхность теплообменника обдувается воздухом от вентилятора.

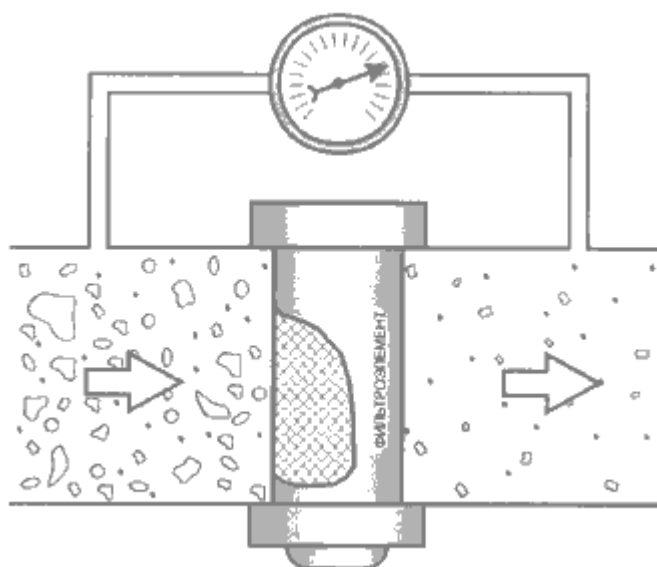
Для поддержания постоянной температуры рабочей жидкости может быть применен автоматический терморегулятор (рисунок 4.10, б). При повышении температуры рабочей жидкости реле 4 терморегулятора 5 замыкает цепь магнитного пускателя 3 электродвигателя, на валу которого установлен вентилятор 2. Поток воздуха обдувает теплообменник 1. При уменьшении температуры ниже заданного уровня электродвигатель вентилятора отключается. Терморегулятор работает от датчика температуры б.

## 4.8 Фильтры

*Фильтры* служат для очистки рабочей жидкости от содержащихся в ней примесей. Эти примеси состоят из посторонних частиц, попадающих в гидросистему извне (через зазоры в уплотнениях, при заливке и доливке рабочей жидкости в гидробак и т.д.), из продуктов износа гидроагрегата и продуктов окисления рабочей жидкости.

Механические примеси вызывают абразивный износ и приводят к заклиниванию подвижных пар, ухудшают смазку трущихся деталей гидропривода, снижают химическую стойкость рабочей жидкости, засоряют узкие каналы в регулирующей гидроаппаратуре.

Примеси задерживаются фильтрами (рисунок 4.11), принцип работы которых основан на пропуске жидкости через фильтрующие элементы (щелевые, сетчатые, пористые) или через силовые поля (сепараторы). В первом случае примеси задерживаются на поверхности или в глубине фильтрующих элементов, во втором рабочая жидкость проходит через искусственно создаваемое магнитное, электрическое, центробежное или гравитационное поле, где происходит оседание примесей.



#### Рисунок 4.11 - Схема фильтрации рабочей жидкости

По тонкости очистки, т.е. по размеру задерживаемых частиц фильтры делятся на фильтры грубой, нормальной и тонкой очистки.

*Фильтры грубой очистки* задерживают частицы размером до 0,1 мм (сетчатые, пластинчатые) и устанавливаются в отверстиях для заливки рабочей жидкости в гидробаки, во всасывающих и напорных гидролиниях и служат для предварительной очистки.

*Фильтры нормальной очистки* задерживают частицы от 0,1 до 0,05 мм (сетчатые, пластинчатые, магнитно-сетчатые) и устанавливаются на напорных и сливных гидролиниях.

*Фильтры тонкой очистки* задерживают частицы размером менее 0,05 мм (картонные, войлочные, керамические), рассчитаны на небольшой расход и устанавливаются в ответвлениях от гидромагистралей.

В зависимости от мест установки фильтров в гидросистеме различают фильтры *высокого* и *низкого* давления. Последние можно устанавливать только на всасывающих или сливных гидролиниях.

#### **Конструкции фильтров.**

*Сетчатые фильтры* устанавливают на всасывающих и сливных гидролиниях, а также в заливочных отверстиях гидробаков. Фильтрующим элементом является латунная сетка, размер ячеек которой определяет тонкость очистки рабочей жидкости. Сетка устанавливается в один и более слоев. Для уменьшения сопротивления фильтрующую поверхность делают как можно большей.

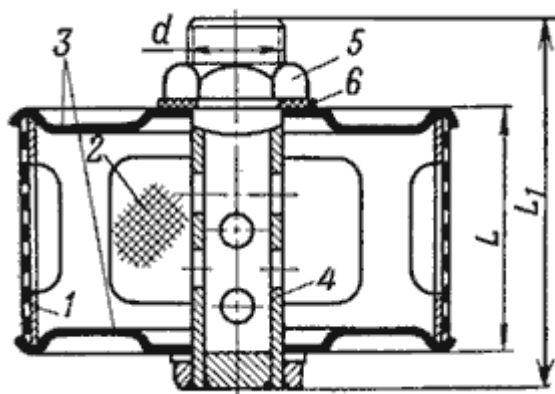


Рисунок 4.12 - Сетчатый фильтр: 1 - корпус; 2 - сетка; 3 - диски; 4 - перфорированная трубка; 5 - гайка; 6 - прокладки.

На рисунке 4.12 изображена конструкция сетчатого фильтра. Фильтр состоит из корпуса 1 с отверстиями для пропуска рабочей жидкости и обтянутого двумя слоями сетки 2. Торцевые поверхности фильтра закрыты двумя дисками 3. Через центральные отверстия дисков проходит стальная перфорированная труба 4, соединяемая с всасывающей трубой насосной установки.

*Проволочные фильтры* имеют аналогичную конструкцию. Они состоят из трубы с большим количеством радиальных отверстий или пазов, на наружной поверхности которой навивается калибровочная проволока круглого или трапециевидного сечения. Зазор между рядами проволок определяет тонкость фильтрации рабочей жидкости (до 0,05 мм). Недостаток сетчатых и проволочных фильтров - трудность очистки фильтрующих элементов от скопившихся на их поверхности загрязнений.

*Пластинчатые (щелевые) фильтры* устанавливаются на напорных и сливных гидрелиниях гидросистем. Пластинчатый фильтр типа Г41 (рисунок 4.13) состоит из корпуса 1, крышки 2 и оси 3, на которой закреплен пакет фильтрующих элементов. Крышка, имеющая отверстия для подвода и отвода жидкости, крепится к корпусу болтами, а стык между ними уплотняется резиновым кольцом 4. Пакет фильтрующих элементов состоит из набора основных 5 и промежуточных пластин 6. Жидкость поступает в корпус фильтра и через щели между основными и промежуточными пластинами попадает во внутреннюю полость фильтра, образованную вырезами в основных пластинах. При протекании жидкости через щели содержащиеся в ней механические примеси задерживаются. Тонкость очистки зависит от толщины промежуточных пластин. В процессе эксплуатации фильтра щели засоряются. Для очистки служат скребки 7, укрепленные на шпильке 8. При повороте рукояткой оси 3 скребки, помещенные между основными и промежуточными пластинами, очищают слой загрязнений на входе в щели. При скапливании загрязнений на дне корпуса производится их удаление через отверстие в нижней части корпуса 9. Такой сравнительно простой способ очистки является достоинством пластинчатых фильтров.

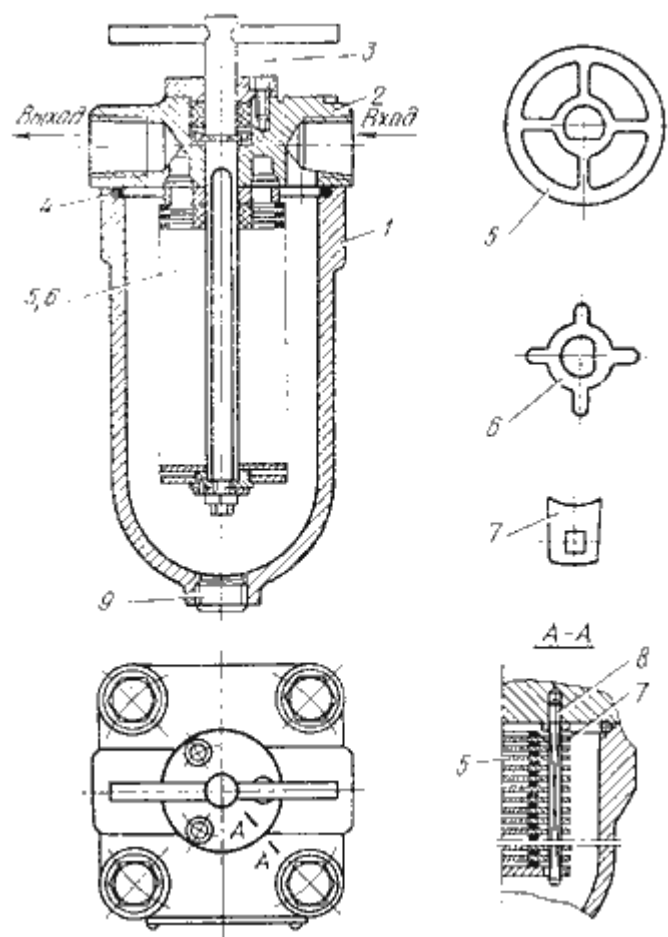


Рисунок 4.13 - Пластинчатый фильтр типа Г41: 1 - корпус; 2 - крышка; 3 - ось; 4 - резиновое кольцо; 5 - основные пластины; 6 - промежуточные пластины; 7 - скребки; 8 - шпилька; 9 - пробка.

Пластинчатые фильтры Г41 выпускают на расход до 70 л/мин при перепаде давлений 0,1 и 0,2 МПа. В зависимости от типоразмера фильтров наименьший размер задерживаемых частиц составляет 0,08, 0,12 и 0,2 мм. Сетчатые, проволочные и щелевые фильтры имеют небольшое сопротивление при протекании через них рабочей жидкости, но тонкость их очистки невелика.

Для улучшения очистки рабочей жидкости применяют фильтры тонкой очистки, которые имеют большое сопротивление и рассчитаны на небольшие расходы. Их устанавливают на ответвлениях от гидромагистралей. Во избежание быстрого засорения перед фильтрами тонкой очистки устанавливают фильтры грубой очистки.

В фильтрах тонкой очистки используют тканевые, картонные, войлочные и керамические фильтрующие элементы.

Фильтры с картонными и тканевыми элементами задерживают за один проход значительную (до 75%) часть твердых включений размером более 4-5 мкм. Схема такого фильтра с комбинированным элементом, состоящим из элементов тонкой 2 и грубой 1 очистки, представлена на рисунок 7.6. До открытия перепускного клапана 3 жидкость последовательно проходит через оба элемента (рисунок 4.14, а). При засорении элемента

тонкой очистки открывается перепускной клапан 3, и жидкость через элемент грубой очистки поступает к выходному штуцеру, минуя элемент тонкой очистки (рисунок 4.14, б).

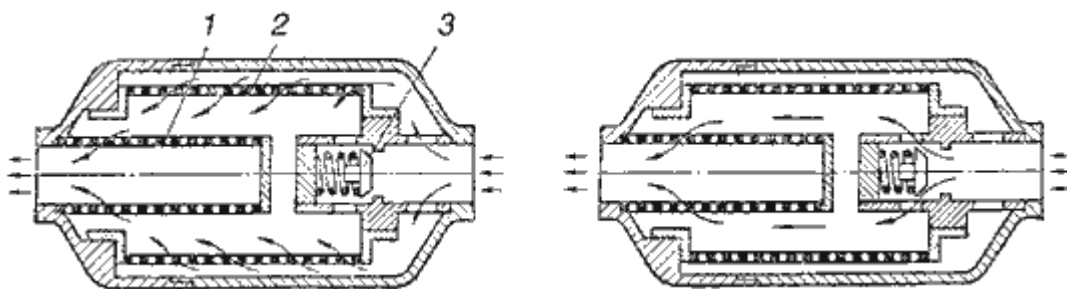


Рисунок 4.14 - Комбинированный фильтр из элементов грубой и тонкой очистки.

Бумажный элемент обычно выполняется в виде цилиндра, стенки которого для увеличения фильтрующей поверхности собирают в складки той или иной формы (рисунок 4.15).

*Войлочные и металлокерамические фильтры* относятся к фильтрам тонкой очистки. Их также называют глубинными, поскольку жидкость проходит через толщу пористого материала (наполнителя). Они имеют более высокую грязеемкость и сравнительно большой срок службы.

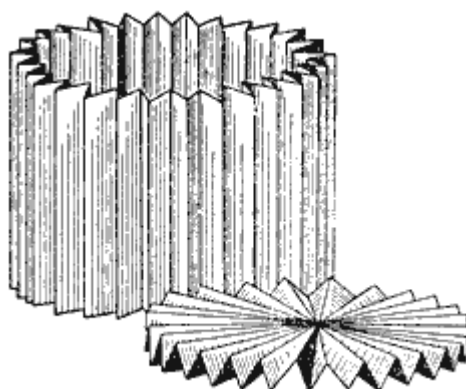


Рисунок 4.15 - Бумажный фильтроэлемент

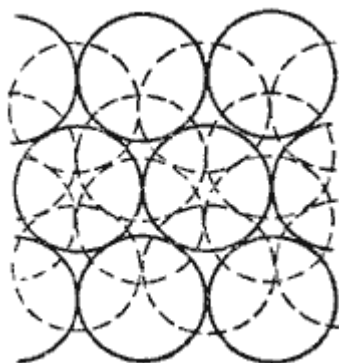


Рисунок 4.16 - Структура фильтроматериала из спеченных шариков

Широко распространены фильтры глубинного типа с наполнителями из пористых металлов и керамики, получаемые путем спекания металлических и неметаллических порошков. Схема пористой структуры металлокерамического фильтроматериала представлена на рисунок 4.16. Жидкость очищается, протекая по длинным и извилистым каналам между шариками.

Войлочные фильтры (рисунок 4.17) состоят из корпуса 1, крышки 2 с отверстиями для подвода и отвода рабочей жидкости, перфорированной трубы 3 с закрепленными на ней фильтрующими элементами в виде войлочных колец 4.

*Сепараторы* имеют неограниченную пропускную способность при малом сопротивлении. Принцип их работы основан на пропуске рабочей жидкости через силовые поля, которые задерживают примеси. В качестве примера на рисунок 4.18 приведена конструкция магнитного фильтра С43-3, предназначенного для улавливания ферромагнитных примесей. Фильтр состоит из корпуса 3, крышки 8 с ввернутой в нее латунной трубой 7 и магнитного уловителя. Уловитель включает круглую шайбу 4 с шестью отверстиями, в которые запрессованы постоянные магниты 9. От крышки фильтра магниты изолированы фибровой прокладкой 5. В нижней части трубы укреплен латунная шайба 2, предназначенная для экранирования магнитного поля, создаваемого постоянными магнитами, и исключения его замыкания на корпус фильтра.

Содержащиеся в жидкости ферромагнитные примеси задерживаются на поверхности магнитов, а по мере необходимости удаляются из корпуса через отверстие, закрываемое пробкой 1.

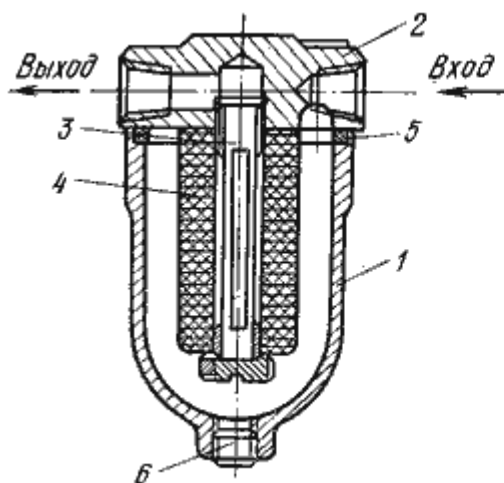


Рисунок 4.17 - Войлочный фильтр типа Г43: 1 - корпус; 2 - крышка; 3 - перфорированная труба; 4 - фильтрующие элементы

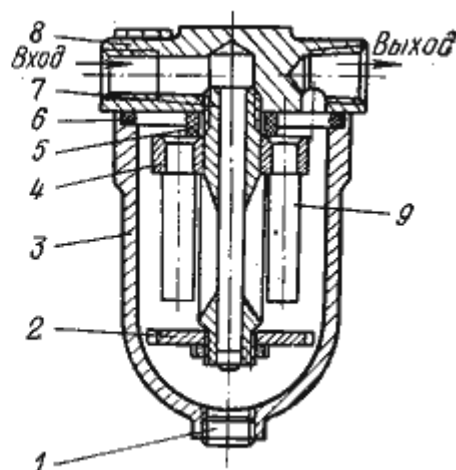


Рисунок 4.18 - Магнитный фильтр типа С43-3: 1 - пробка; 2 - латунная шайба; 3 - корпус; 4 - шайба; 5 - прокладка; 6 - уплотнение; 7 - латунная труба; 8 - крышка; 9 - магниты

#### Установка фильтров в гидросистему.

При выборе схемы установки необходимо учесть многие факторы:

- источник загрязнений;
- чувствительность элементов гидропривода к загрязнениям;
- режим работы машины;
- рабочее давление;
- регулярность и нерегулярность обслуживания;
- тип рабочей жидкости;
- условия эксплуатации.

Установка возможна на всасывающей, напорной и сливной гидролиниях (рисунок 4.19), а также в ответвлениях.

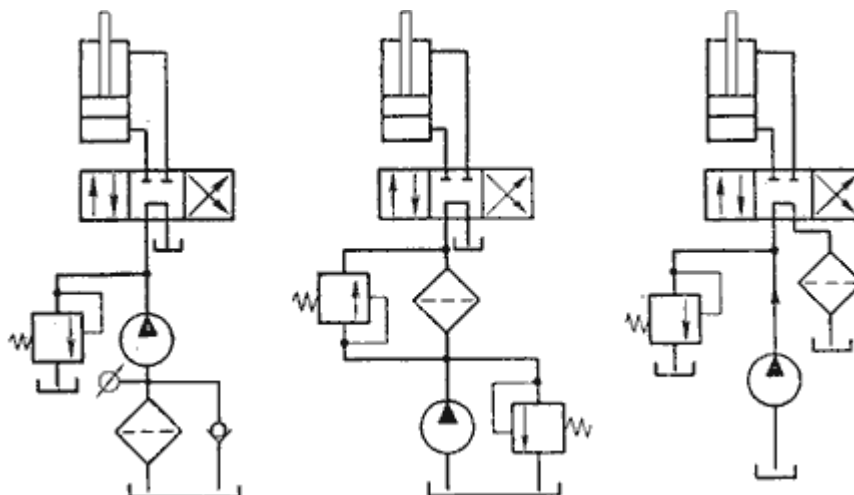


Рисунок 4.19 - Схемы включения фильтров: а - на всасывающей гидролинии; б - в напорной гидролинии; в - в сливной гидролинии.

*Установка фильтров на всасывающей гидролинии* обеспечивает защиту всех элементов гидросистемы. Недостатки: ухудшатся всасывающая способность насосов и возможно появление кавитации. Дополнительно устанавливают индикатор, выключающий привод насоса совместно с обратным клапаном, включающимся в работу при недопустимом засорении (рисунок 4.19, а).

*Установка фильтров в напорной гидролинии* обеспечивает защиту всех элементов, кроме насоса. Засорение может вызвать разрушение фильтрующих элементов. Для этого устанавливают предохранительные клапаны (рисунок 4.19, б).

*Установка фильтров на сливной гидролинии* наиболее распространена, так как фильтры не испытывают высокого давления, не создают дополнительного сопротивления на всасывающей и напорной гидролинии и задерживают все механические примеси, содержащиеся в рабочей жидкости, возвращающейся в гидробак. Недостаток такой схемы заключается в создании подпора в сливной гидролинии, что не всегда является желательным.

*Установка на ответвлениях* не обеспечивает полной защиты, но уменьшает общую загрязненность рабочей жидкости. Монтируется как дополнительная очистка к основной очистке. Наиболее выгодна схема установки фильтра тонкой очистки в ответвлениях от сливной гидролинии.

При установке фильтров гидролинию с реверсивными потоками рабочей жидкости обратные клапаны обеспечивают пропуск жидкости через фильтр только в одном направлении (рисунок 4.20).

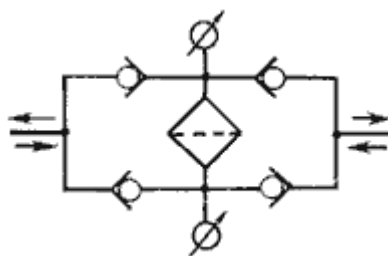


Рисунок 4.20 - Схема включения фильтра на участке с реверсивным движением.

Контроль за работой фильтров осуществляется по манометрам. Увеличение перепада давлений свидетельствует о засоренности фильтра и, следовательно, о необходимости замены или промывки фильтрующих элементов.

## 4.9 Уплотнительные устройства

Назначение уплотнительных устройств - устранение утечек и перетечек рабочей жидкости через зазоры между сопрягаемыми деталями элементов гидропривода, вызванных перепадом давлений.

К уплотнительным устройствам предъявляются следующие требования: износостойкость; совместимость с конструкционными материалами и рабочей жидкостью; устойчивость к температурным колебаниям; удобность монтажа-демонтажа; невысокая стоимость.

Уплотнительные устройства делятся на две группы: *уплотнения неподвижных соединений*, которые должны обеспечивать абсолютную герметичность при всех режимах работы гидропривода; *уплотнения подвижных соединений*, допускающие возможность регламентированных утечек и перетечек рабочей жидкости.

Уплотнение считается герметичным, если после длительной выдержки под давлением (для неподвижных соединений) или после установленного числа перемещений (для подвижных соединений) утечки рабочей жидкости не превышают предельно допустимые.

### *Уплотнение неподвижных соединений.*

В неразъемных соединениях герметичность достигается пайкой и сваркой деталей.

В разъемных соединениях утечки устраняются несколькими способами: путем деформации уплотняемых поверхностей внешней силой; взаимной приработкой уплотняемых поверхностей; заполнением микронеровностей на уплотняемых поверхностях различными заполнителями (прокладки из картона, кожи, резины и т.д.). При этом при всех способах между соединяемыми деталями должно быть создано контактное давление (путем затяжки крепежными элементами), превышающее максимальное рабочее давление. Некоторые способы уплотнения неподвижных соединений мягкими прокладками и кольцами представлены на рисунок 4.21.

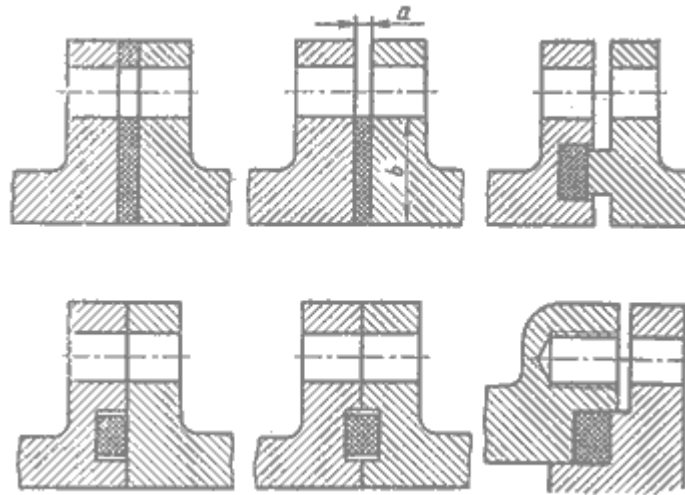


Рисунок 4.21 - Герметизация неподвижных соединений

Для изготовления прокладок применяют различные неметаллические и металлические эластичные материалы, способные компенсировать при затяжке соединения неровности и другие дефекты поверхностей уплотняемой пары.

#### **Уплотнение подвижных соединений.**

Уплотнение может быть бесконтактным (щелевым) или контактным (выполненным при помощи различных уплотнителей).

*Щелевое уплотнение* (рисунок 4.22, а) распространено во многих гидроагрегатах (насосы, распределители и т.д.). Снижение утечек достигается за счет уменьшения зазора  $s$  между подвижными деталями. Утечки неизбежны и заранее определяются для цилиндрических деталей по формуле:

$$Q_y = \pi d \left( \frac{\Delta p s^3}{12 \mu l} \pm \frac{v}{2} s \right)$$

где  $d$  - диаметр уплотняемого соединения;  $s$  - зазор между деталями соединения;  $l$  - длина уплотнения;  $v$  - относительная скорость перемещения деталей;  $\mu$  - динамический коэффициент вязкости жидкости.

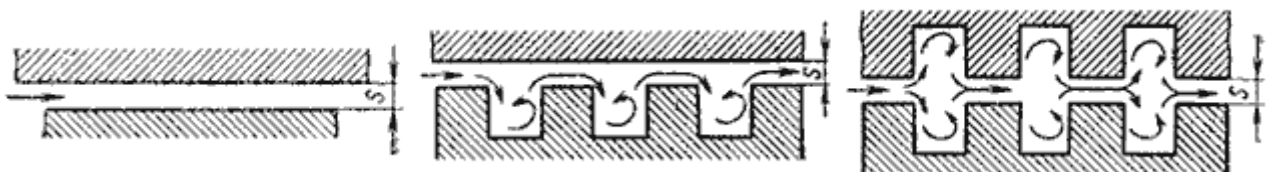


Рисунок 4.22 - Схемы уплотнений: а - щелевого; б, в - лабиринтного

Для повышения сопротивления щели при высоких  $Re$ , соответствующих турбулентному режиму течения на одной (рисунок 4.22, б)

или обеих (рисунок 4.22, в) поверхностях, образующих щель, выполняют лабиринтные канавки, которые вследствие чередующегося изменения сечения щели повышают ее сопротивление.

Недостаток щелевого уплотнения - высокая стоимость изготовления сопрягаемых деталей и возможность облитерации щели.

Контактные уплотнения выполняются при помощи металлических и резиновых колец, набивочных уплотнений и манжет.

*Уплотнение металлическими кольцами* - одно из самых простых и долговечных уплотнений. Материал колец - серый чугун, бронза, текстолит, графит и металлографитовая масса. Стыки колец (рисунок 4.23) могут быть прямыми (при  $P \leq 5$  МПа), косыми (при  $P \geq 20$  МПа) и ступенчатыми (при  $P > 20$  МПа). В ступенчатом замке (см. рисунок 4.23, г) часто одну из сопряженных поверхностей выполняют плоской, а вторую - несколько выпуклой, благодаря чему повышается удельное давление в стыке колец, способствующее повышению герметичности. Форма поперечного сечения прямоугольная. Число колец в уплотнении колеблется от 2 до 9, в зависимости от перепада давлений. Расстояние между кольцами на качество уплотнения не влияет.

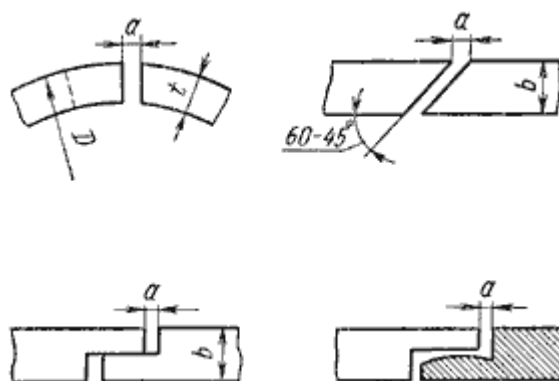


Рисунок 4.23 - Типы стыковых замков металлических колец: а - прямой; б - косой; в, г - ступенчатый

К недостаткам уплотнения металлическими кольцами относится необходимость точного изготовления деталей соединения, т.к. кольца не компенсируют микронеровности, овальность, конусность и т.п. Уплотнение из колец создает дополнительную силу трения. Уплотнение не является абсолютно герметичным и определяется как и при щелевом уплотнении.

*Уплотнение резиновыми кольцами* является простым, компактным и достаточно надежным. Уплотнение применяется при неподвижных (при  $P \geq 30$  МПа) и подвижных соединениях (при  $P \geq 20$  МПа). Диапазон температур -  $50 \dots +100$  С. Герметичность достигается за счет монтажного сжатия резины и ее плотного прилегания к поверхности деталей (рисунок 4.24). Материал - маслостойкая резина. Форма поперечного сечения круглая (предпочтительно) или прямоугольная (может скручиваться и вдавливаться в зазор). При уплотнении резиновыми кольцами утечки практически отсутствуют. На

рисунок 4.24 показана схема уплотнений резиновым кольцом круглого сечения. Размеры колец и канавок подбирают таким образом, чтобы при монтаже кольца в канавке (при нулевом обжатии) был сохранен боковой зазор  $(a - d) = 0,2 \dots 0,25$  мм (рисунок 4.24, а). При монтажном сжатии кольцо поджимается на величину  $k = d - b$  (рисунок 4.24, б). Таким предварительным сжатием кольца создается герметичность соединений при нулевом и малом давлении жидкости. При наличии же давления кольцо под его действием деформируясь у внешней стороны канавки, создает плотный контакт с уплотняемыми поверхностями (рисунок 4.24, в).

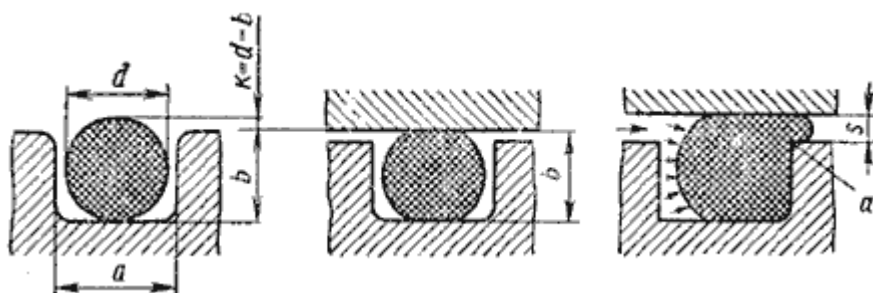


Рисунок 4.24 - Схемы уплотнений резиновым кольцом круглого сечения

*Набивочные уплотнения* (рисунок 4.25) применяют в гидравлических прессах, гидроцилиндрах, насосах и некоторой гидроаппаратуре. Материал - мягкие (хлопчато-бумажные, пеньковые, асбестовые) набивки пропитанные коллоидным графитом, церезином, суспензией фторопласта или жиром, и твердые (металлические, пластмассовые) набивки. При сдавливании набивки 1 нажимной буксой 2 набивочный материал течет в радиальном направлении, образуя плотный контакт между камерой сальника и набивкой с одной стороны и подвижной деталью (штоком или валом) - с другой. Для компенсации износа набивочные сальники требуют периодической подтяжки. Сдавливание набивки происходит при помощи болтов (рисунок 4.25, а) или пружины (рисунок 4.25, б).

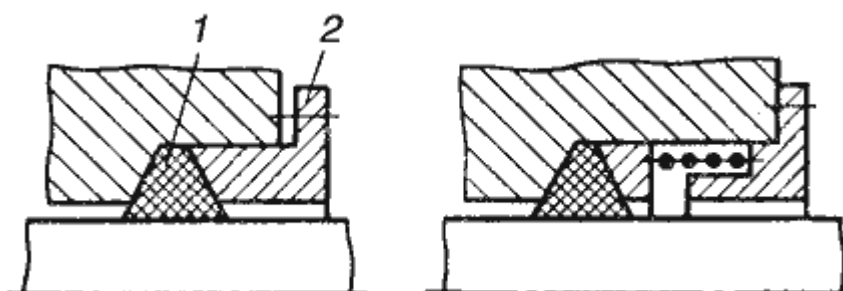


Рисунок 4.25 - Герметизация набивками и сдавливание набивки: а - болтами; б - пружиной.

Набивочные уплотнения используют при небольших давлениях (при  $P \leq 5$  МПа). Срок службы мягких набивок до 800 часов.

*Манжетное уплотнение* применяют при  $P$  до 50 МПа, скоростях перемещения уплотняемых деталей до 20 м/с. Диапазон температур -

50...+100 С. Манжеты имеют шевронную и V-образную форму. Герметичность обеспечивается за счет деформации при монтаже и от давления рабочей жидкости (рисунок 4.26). Количество манжет зависит от диаметра и давления.

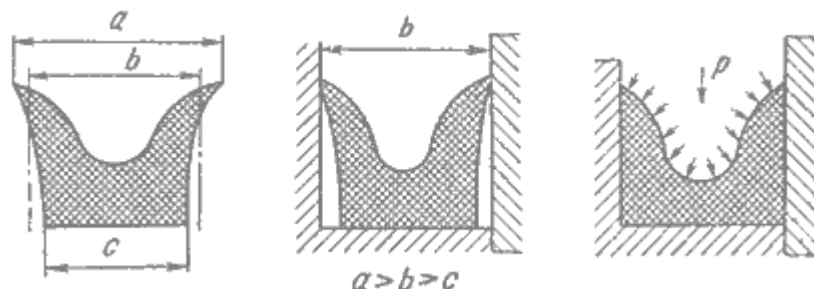


Рисунок 4.26 - Схема действия манжетного уплотнения: а - манжета до монтажа; б - манжета в смонтированном виде без давления жидкости; в - манжета под давлением.

Наиболее распространены U образные (рисунок 4.27, а, в) и V образные (шеvronные) манжеты (рисунок 4.27, г). Для уплотнения при давлении рабочей среды до 35 МПа применяют U образные манжеты и при давлении до 50 МПа и выше - шевронные. Для сохранения формы манжету помещают при монтаже уплотнительного пакета между фасонными опорными 1 и распорными 2 кольцами (манжетодержателями) из металла или текстолита (рисунок 4.27, б).

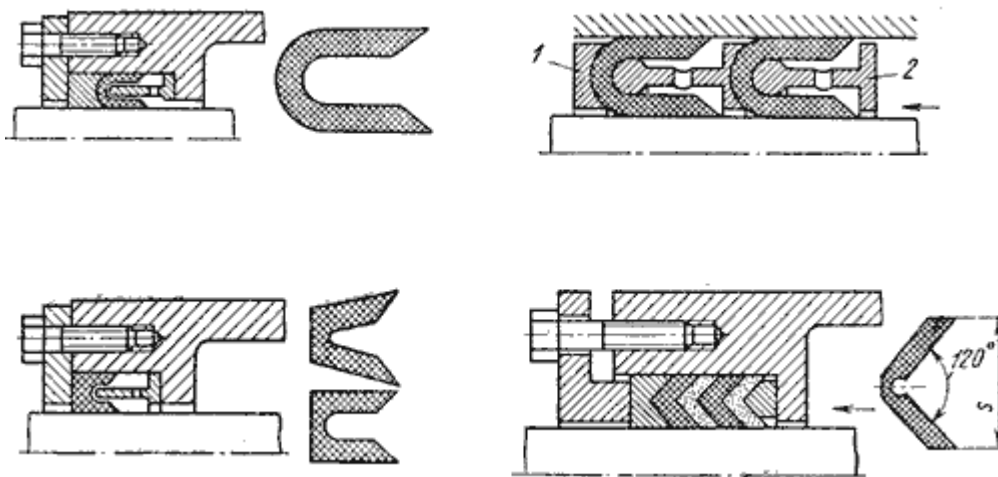


Рисунок 4.27 - Типовые формы манжет: а, в - U-образные; б - монтаж манжет; г – шевронные.

Уплотнение (герметизация) вращающихся валов осуществляется при помощи армированных манжет (рисунок 4.28), состоящих из металлического каркаса 1, манжеты 2 и спиральной пружины 3, обеспечивающей дополнительное прижатие манжеты к валу.

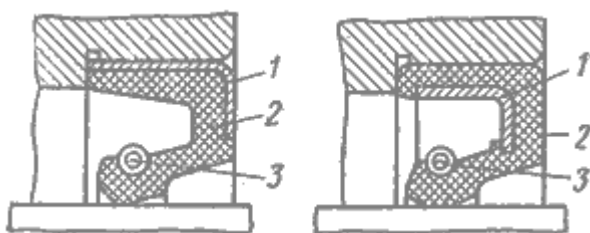


Рисунок 4.28 - Манжеты для уплотнения вращающихся валов: а - с наружным каркасом; б - с внутренним каркасом; 1 - металлический каркас; 2 - манжета; 3 - пружина

При выборе типа и материала уплотнений учитывают: давление в гидросистеме; диапазон рабочих температур; характер движения соединяемых деталей; скорость движения; тип рабочей жидкости.

#### 4.10 Гидравлические аккумуляторы

Гидравлическим аккумулятором называется гидроемкость, предназначенная для аккумуляции энергии рабочей жидкости, находящейся под давлением, с целью последующего использования этой энергии в гидроприводе. В зависимости от носителя потенциальной энергии гидроаккумуляторы подразделяют на грузовые, пружинные и пневматические.

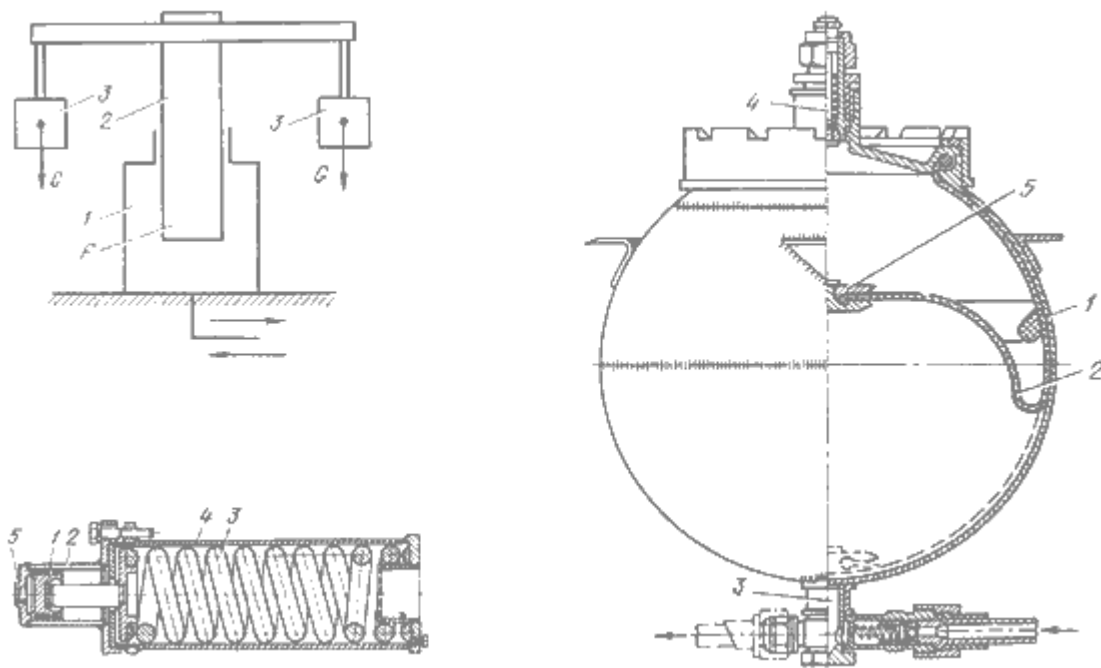


Рисунок 4.29 - Гидроаккумуляторы: а - грузовой; б - пружинный; в - пневмогидравлический с упругим разделителем.

Грузовой аккумулятор (рисунок 4.29, а) состоит из цилиндра 1, плунжера 2 и груза 3 весом  $2G$ . При зарядке плунжер поднимается

(происходит увеличение потенциальной энергии), при разрядке - опускается. Давление разрядки постоянно, но громоздкость ограничивает их применение. Пружинный аккумулятор (рисунок 4.29, б) состоит из цилиндра 2, поршня 1, пружины 3, помещенной в корпусе 4. Зарядка и разрядка происходит через отверстие 5. Они компактны, но есть недостаток - неравномерность давления в начале и в конце цикла разрядки, малый полезный объем.

Пневмогидравлический аккумулятор (рисунок 4.29, в) с упругим разделителем состоит из баллона 1 и эластичной диафрагмы 2, закрепленной в верхней части аккумулятора. Зарядку газом производят через отверстие 4, а рабочей жидкостью через отверстие 3. Верхняя часть заполняется газом до начального давления  $P_H$ , соответствующего минимальному рабочему  $P_{min}$  в гидросистеме. Рабочая жидкость заполняет нижнюю часть до давления  $P_{max}$ , равного максимальному давлению в гидросистеме. Газ сжимается также до давления  $P_{max}$ . Когда давление в гидросистеме станет меньше  $P_{max}$ , рабочая жидкость вытесняется из гидроаккумулятора. Кольцо 5 предохраняет диафрагму от продавливания и повреждения. Достоинства: не требует частой подзарядки газом; безынерционен; пригоден к эксплуатации после длительного перерыва в работе и устанавливается в любом положении.

Гидроаккумуляторы поддерживают на заданном уровне давление, компенсируют утечки, сглаживают пульсацию давления, создаваемую насосами, выполняют функцию демпфера, предохраняют систему от забросов давления вызванных наездом машин на дорожные препятствия. Так же используются для достижения большей скорости холостого хода при совместной работе с насосами.

В схеме на рисунке 4.30 гидроаккумулятор 5 выполняет функцию компенсатора утечек и поддерживает постоянным давление в гидроприводе машины для удержания груза. При наложении грузозахватного органа на груз насос клапаном 2 разгружен, а требуемое давление в рабочей полости гидроцилиндра 6 поддерживается гидроаккумулятором. Обратный клапан 8 в этой схеме блокирует аккумулятор от линии слива при разгруженном насосе. Распределитель 1 управления клапаном 2 включается от реле давления 7, которое настраивают на рабочее давление. Дроссель 3 служит для регулирования расхода при разрядке аккумулятора. Зарядка аккумулятора происходит через обратный клапан 4 в конце сжатия груза.

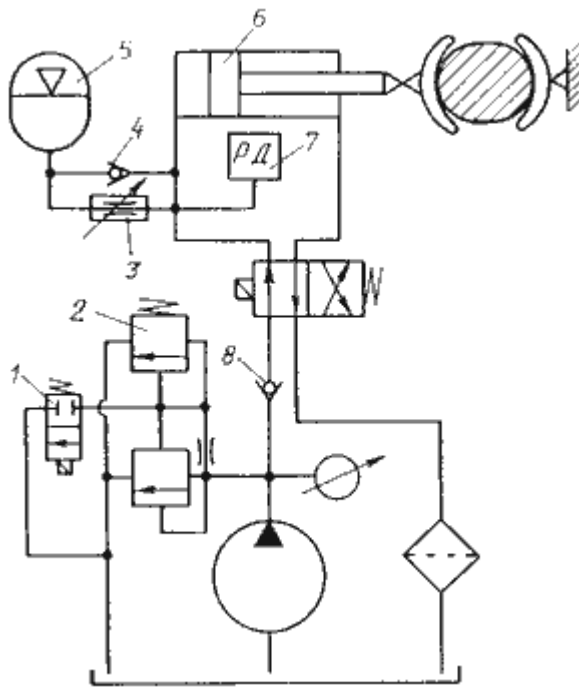


Рисунок 4.30 - Схема включения гидроаккумулятора для компенсации утечек: 1 - распределитель; 2 - предохранительный клапан непрямого действия; 3 - дроссель; 4, 8 - обратный клапан; 5 - гидроаккумулятор; 6 - гидроцилиндр; 7 - реле давления

По сравнению с безаккумуляторным рассмотренный гидропривод имеет меньшие габарит, массу и может быть более экономичным, так как потребляемая насосом мощность будет меньше за счет уменьшения времени работы насоса под нагрузкой.