

КОНДИЦИОНЕРЫ. ГИДРОЕМКОСТИ. ГИДРОЛИНИИ. УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА. РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ.

Кондиционеры рабочей жидкости.

Кондиционерами называют устройства, обеспечивающие качественные показатели и состояние рабочей жидкости в процессе эксплуатации. К числу кондиционеров, применяемых в гидравлической технике, относят отделители твердых частиц – фильтры и сепараторы, а также теплообменники – нагреватели и охладители.

Отделитель твердых частиц - это устройство для отделения от рабочей жидкости твердых загрязняющих примесей. Источником загрязнения могут быть продукты износа деталей гидромашин и гидроаппаратов, посторонние частицы, попадающие в рабочую жидкость извне, продукты окисления металлов и сплавов, применяющихся для изготовления гидромашин.

Гидравлическим фильтром (Ф) называют гидроустройство, предназначенное для очистки рабочей жидкости от твердых загрязняющих частиц методом задержания. В основе метода фильтрования лежит процесс, при котором жидкость преднамеренно пропускают через фильтрующую перегородку (сетку, пакет с щелями, пористую среду), которая задерживает взвешенные частицы загрязнений.

Для очистки рабочей жидкости от механических примесей в гидроприводе машин применяют различные фильтры.

По способу удаления механических примесей фильтры подразделяют на два класса – механического и силового действия.

По характеру задержания твердых частиц загрязнения фильтры механического действия подразделяют на поверхностные и глубинные (объемные).

К поверхностным фильтрам относятся сетчатые, проволочные, бумажные и тканевые, т. е. такие фильтры, у которых задержание примесей происходит на поверхности фильтрующего элемента (или фильтроэлемента).

К глубинным фильтрам относятся металлокерамические, многослойные сетчатые и тканевые, войлочные и пластинчатые, т. е. фильтры, в которых механические примеси задерживаются в объеме фильтроэлемента.

Основными параметрами фильтров являются:

- номинальные тонкость фильтрации δ (мкм);
- давление $P_{ном}$ и расход $Q_{ном}$ жидкости;
- условный проход D_y ;
- допустимый перепад давления Δp на фильтроэлементе;
- ресурс работы фильтроэлемента.

Под номинальной тонкостью δ фильтрации понимают минимальный размер частиц, задерживаемых фильтроэлементом, число которых составляет не менее 90 % от числа частиц загрязнителя такого же размера, находящегося в неотфильтрованной жидкости.

Установлен ряд номинальных тонкостей фильтрации: 1, 2, 5, 10, 16, 25, 40, 63 и 80 мкм (ГОСТ 14066–68). В зависимости от номинальной тонкости фильтрации условно выделяют фильтры грубой (свыше 15 мкм), нормальной (до 10 мкм), тонкой (до 1 мкм) очистки.

Под номинальным расходом фильтра понимают расход жидкости, проходящей через фильтр с чистым фильтроэлементом при определенной вязкости и заданном перепаде давления на фильтре. Перепад давления на фильтроэлементе зависит от степени загрязненности фильтрующей перегородки во время работы фильтра.

Фильтровальный материал фильтроэлемента при обеспечении необходимой тонкости фильтрации должен быть достаточно термостойким и не выделять в поток фильтруемой рабочей жидкости никаких компонентов (волокон, частиц порошка и т. п.), ухудшающих качество рабочей среды (жидкости), т. е. быть совместимым с рабочей жидкостью.

Фильтроэлементы должны быть прочными и выдерживать без разрушения пробный перепад давления, превышающий допустимый перепад давления не менее чем в 1,5 раза.

УГО и методы установки фильтров (Ф) показаны на рис. 7.24. Для предохранения фильтроэлементов от разрушения в некоторых конструкциях фильтров применяют встроенные перепускные гидроклапаны (рис. 7.24, а), которые при превышении допустимого перепада давления пропускают нефильтрованную жидкость в гидросистему в обход фильтроэлемента, или в корпус фильтра могут быть встроены индикаторы загрязненности, иногда с электрическим сигналом.

Основными составными частями фильтра являются корпус и фильтроэлемент. Корпус фильтра должен быть прочным и выдерживать без разрушения (испытательное) давление, равное 2,0 максимального в гидрوليнии, где установлен этот фильтр.

Конструкция фильтра должна обеспечивать легкую замену фильтроэлементов при минимальной потере рабочей жидкости в окружающую среду. С этой целью в отдельных случаях применяют фильтры со встроенными отсечными клапанными гидрораспределителями (Р) (рис. 7.24, б).

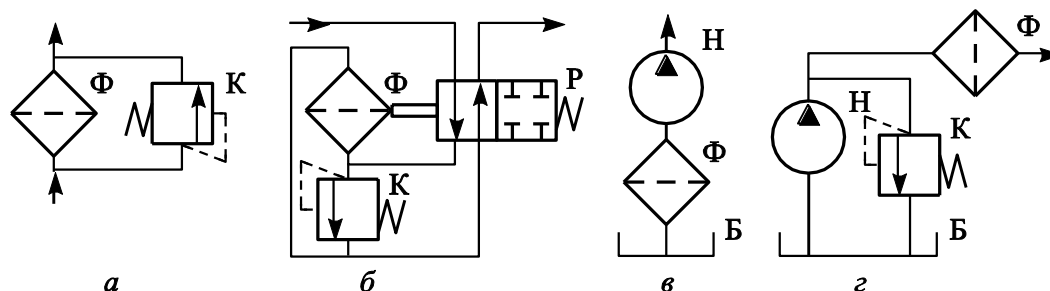


Рис. 7.24. Схемы выполнения и установки фильтров:

а – фильтр с перепускным гидроклапаном; б – фильтр с отсечным гидрораспределителем; в – фильтр во всасывающей гидрوليнии насоса; г – фильтр в напорной гидрوليнии после насоса

На корпусе фильтра должно быть указано направление потока рабочей жидкости, так как движение потока жидкости через фильтр в обратном направлении не допускается.

В зависимости от конструкции фильтрующих перегородок фильтры подразделяют на **щелевые, сетчатые и пористые**.

Щелевые фильтры – фильтры, в которых очистка происходит при прохождении жидкости через щели в фильтрующем пакете.

В зависимости от конструкции фильтрующего элемента или пакета различают пластинчатые и проволочные фильтры.

В сетчатых фильтрах фильтрование происходит при прохождении рабочей жидкости через ячейки сетки (металлической, никелевой) фильтрующего элемента.

В пористых фильтрах очистка рабочей жидкости осуществляется при прохождении рабочей жидкости через поры фильтроэлемента.

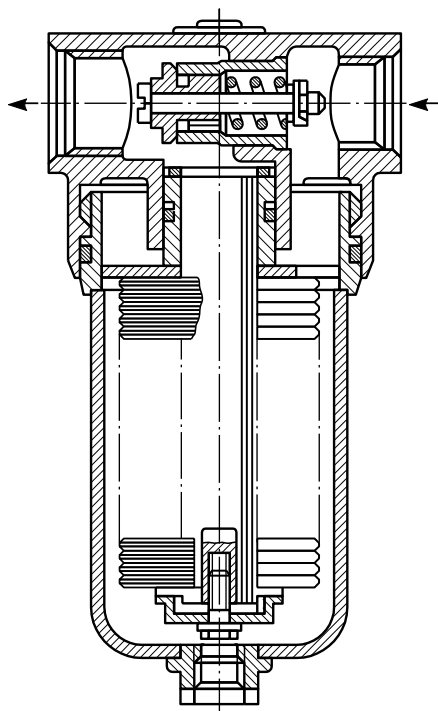


Рис. 7.25. Конструктивная схема фильтра типа ФС

Пористые фильтроэлементы подразделяют на поверхностные (частицы загрязнений задерживаются на поверхности фильтроэлемента) и глубинные (частицы задерживаются в капиллярах материала). В первом случае это бумага, картон, ткань, во втором – керамика, металлокерамика, пористые пластмассы. Прокаткой металлокерамики можно получить фильтрующий материал с меньшими размерами фильтрующих пор.

Схемы установки фильтров приведены на рис. 7.24: во всасывающую гидрوليнию насоса (рис. 7.24, в); в напорную гидрوليнию после насоса (рис. 7.24, г) и на гидрوليнии слива рабочей жидкости из гидропривода в бак (Б). В электрогидравлических следящих системах фильтры тонкой очистки часто размещают непосредственно перед дросселирующими гидроаппаратами.

Эффективным вариантом обеспечения чистоты рабочей жидкости в гидросистеме является применение вспомогательной фильтрационной установки, которая забором из бака гидросистемы осуществляет автономную фильтрацию рабочей жидкости, параллельно основному рабочему потоку системы.

Наибольшее распространение в связи с простотой конструкции, удобством эксплуатации и возможностью многократного использования получили фильтры механического действия с сетчатыми фильтроэлементами.

На рис. 7.25 показан фильтр типа ФС, выполненный по схеме рис. 7.24, а.

Процесс очистки рабочей жидкости в фильтрах силового действия основан на удалении механических примесей, имеющих бóльшую плотность, чем фильтруемая жидкость, воздействием одного из силовых полей.

Сепараторы – устройства, предназначенные для разделения жидких неоднородных смесей и отделения твердых загрязнителей под действием различных внешних силовых полей.

В зависимости от вида силового поля сепараторы делятся на гравитационные (отстойники), магнитные, электростатические, центробежные и вибрационные.

В центробежных сепараторах (центрифугах) рабочая жидкость очищается под действием центробежных сил и достигается номинальная тонкость фильтрации **10...30 мкм**.

В магнитных сепараторах рабочая жидкость очищается от стальных частиц под действием сил магнитного поля.

Теплообменные аппараты – устройства, предназначенные для обеспечения и поддержания заданной температуры рабочей жидкости гидропривода. По назначению их разделяют на охладители и нагреватели жидкости.

В гидроприводах, как правило, рабочую жидкость необходимо охлаждать, так как при нагреве ухудшаются ее характеристики, что приводит к снижению рабочих и эксплуатационных характеристик гидроприводов.

В зависимости от вида хладагента охладители гидроприводов подразделяют на воздушные и водяные, а в гидросистемах большой мощности источниками холода являются специальные хладоновые холодильные машины.

Поскольку именно температура рабочей жидкости существенно влияет на КПД гидросистемы, теплообменные аппараты, отбирая теплоту у рабочей жидкости, поддерживают ее постоянную температуру в диапазоне – (+50 ... +60°С).

Естественными теплообменниками являются собственно гидробаки и гидроаппараты, через стенки корпусов которых происходит естественный теплообмен с окружающей средой. Однако для обеспечения строго нормированного теплового режима применяются все же специальные теплообменные аппараты.

УГО теплообменного аппарата показано на рис. 7.26: *a* – охладитель без указания линий подвода и отвода охлаждающей среды; *б* – подогреватель.

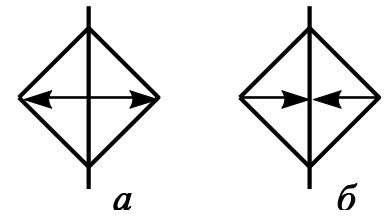


Рис. 7.26. УГО охладительного (*a*) и нагревательного (*б*) теплообменных аппаратов

Гидроемкости. Гидроемкостью называют гидроустройство, предназначенное для содержания рабочей среды в целях ее использования в процессе работы объемного гидропривода. Под емкостью понимают сосуды для хранения и транспортирования жидкости, газов или сыпучих веществ. Внутренний объем сосудов следует называть вместимостью. К числу гидроемкостей относят гидробаки и гидроаккумуляторы.

Гидробаком называется гидроемкость, предназначенная для питания объемного гидропривода рабочей жидкостью. Гидробаки должны также обеспечивать содержание необходимого для работы гидропривода объема рабочей жидкости, охлаждение рабочей жидкости, отстой с удалением из нее пузырьков воздуха и осаждения загрязнений, температурную компенсацию изменения объема рабочей жидкости и рабочее изменение объемов прихода и ухода рабочей жидкости (например, при работе одноштокового гидроцилиндра). Основным параметром гидробака является номинальная вместимость, равная наибольшему эксплуатационному объему рабочей жидкости, заключенному между максимальным и минимальным уровнями жидкости. Вместимость гидробака зависит от вида гидропривода и условий эксплуатации и определяется расчетным путем, исходя из условия теплового баланса гидропривода с учетом номинальной мощности, продолжительности работы гидропривода под нагрузкой, климатических условий эксплуатации и условий теплоемкости и теплоотдачи.

Различают гидробаки, предназначенные для работы под атмосферным (открытый гидробак) и избыточным давлением (закрытый гидробак).

УГО открытого гидробака (Б), связанного с атмосферой, показано на рис. 7.27, *a*; на рис. 7.27, *б* – обозначение закрытого гидробака с избыточным давлением, т. е. с давлением выше атмосферного, в котором конец первого (сливного) трубопровода расположен выше, а второго трубопровода (всасывания) ниже уровня рабочей жидкости.

Преимуществами гидробака, предназначенного для работы под атмосферным давлением, являются хорошие условия для естественного охлаждения и отстоя жидкости. Однако при соприкосновении с воздухом рабочая жидкость быстрее окисляется и засоряется.

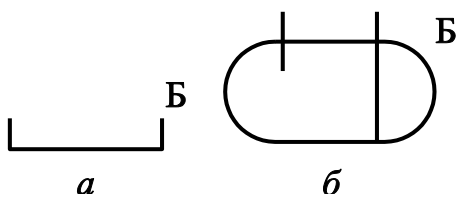


Рис. 7.27. УГО гидробаков открытого (*a*) и закрытого (*б*) типов

Конструктивная схема *гидробака открытого типа* приведена на рис. 7.28. Корпус выполняют сварным в основном из листовой стали толщиной **1...3 мм**, причем с увеличением вместимости гидробака увеличивается и толщина стенки. Толщина стенок корпуса *гидробака* должна обеспечивать жесткость конструкции и исключать вибрацию и шум при работе гидропривода. С этой целью применяют горизонтально-сквозные вертикальные перегородки, которые, кроме указанной функции, успокаивают жидкость и способствуют осаждению частиц твердых загрязнений и отстоя пузырьков смешанного с жидкостью воздуха.

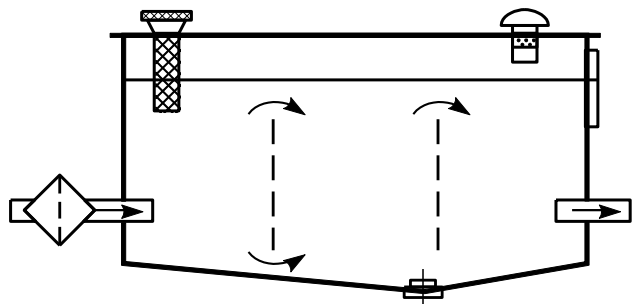


Рис. 7.28. Конструктивная схема гидробака открытого типа

Заливная горловина предназначена для заправки и дозирования рабочей жидкости. Она имеет крышку и стакан, выполненный из металлической сетки, в котором задерживаются наиболее крупные механические примеси при заправке.

Сапун с воздушным фильтром обеспечивает связь открытого *гидробака* с атмосферой, чтобы в *гидробаке* сохранялось атмосферное давление, так как в процессе работы гидропривода уровень рабочей жидкости в *гидробаке* колеблется например, вследствие различия объемов поршневых и штоковых полостей гидроцилиндров. Кроме того, уровень

жидкости изменяется под действием температуры, так как рабочие жидкости увеличивают свой объем примерно на 7...8 % при изменении температуры в диапазоне $(-40...+60\text{ }^{\circ}\text{C})$. Воздушный фильтр очищает от твердых загрязнений воздух, пропускаемый в *гидробак* в прямом направлении. Иногда в сапуне размещают некоторое количество силикагеля для улавливания влаги, содержащейся в поступающем в *гидробак* воздухе.

Для исключения попадания жидкости в воздушный фильтр при работе гидропривода вместимость бака должна быть на 10...15 % больше объема заливаемой в него жидкости.

На выходе сливного патрубка иногда устанавливают рассекатель, предназначенный для гашения кинетической составляющей энергии потока жидкости, поступающей из гидросистемы, а также для интенсификации выделения и коагуляции пузырьков нерастворенного воздуха. Если не погасить кинетическую составляющую энергии, то струя жидкости при выводе из сливного патрубка будет интенсивно перемешивать рабочую жидкость, что препятствует выпадению в осадок механических примесей и ухудшает процесс дегазации. Рассекатель представляет собой цилиндр с глухим дном. Он выполнен из стали с большим количеством отверстий диаметром 2...4 мм.

Всасывающий патрубок предназначен для забора жидкости во всасывающую гидролинию насоса. Очень важно разместить этот патрубок по глубине жидкости так, чтобы он, во-первых, не всасывал отстой и загрязнения жидкости со дна *гидробака*, а во-вторых, не захватывал воздух при образовании воронки на свободной поверхности. Таким образом, всасывающий патрубок должен быть расположен достаточно высоко от днища *гидробака* (не менее трех диаметров канала всасывания) и достаточно глубоко от свободной поверхности (не менее 0,4 м).

Для исключения вихревых явлений торец всасывающего патрубка необходимо выполнять скошенным под углом 30...45°. Но лучший эффект дают патрубки конической формы. Такой патрубок позволяет использовать кинетическую составляющую энергии потока жидкости, что улучшает всасывающую способность насосов повышением давления во всасывающей гидролинии насоса. Во всасывающей гидролинии не должно быть никаких гидроклапанов и других элементов, повышающих сопротивление потоку жидкости. Также с целью улучшения всасывающей способности насоса *гидробак* должен быть размещен выше всасывающей линии и желательно на высоте не менее 0,5 м.

Пробка слива отстоя часто выполняется заодно с магнитной пробкой, которая улавливает механические примеси на ферромагнитной основе, прочно удерживает их и тем самым защищает гидропривод от повышенного износа. В нижней части бака скапливаются относительно тяжелые механические примеси, абразив и вода, проникающая в гидросистему через уплотнения штоков гидроцилиндров и с воздухом через сапун.

Периодически обязательно следует открывать пробку и сливать отстой, что существенно повышает долговечность гидропривода и обеспечивает стабильность многих его параметров.

Указатель уровня предназначен для визуального осмотра жидкости. Чаще всего его выполняют в виде смотрового окна, на котором нанесены риски максимального и минимального уровней. С помощью этого смотрового окна можно оценить наличие пенообразования. *Иногда в гидробаке устанавливают датчик температуры и уровня жидкости.*

Для уменьшения шума в гидросистеме и исключения резонанса корпус гидробака следует выполнять достаточно жестким, закреплять на амортизирующих прокладках, соединять с насосом и гидрораспределителем эластичными гидролиниями.

Гидроаккумулятором называют гидроемкость, предназначенную для аккумулирования и возврата энергии рабочей жидкости, находящейся под давлением. Аккумулирование энергии происходит во время зарядки аккумулятора, а возврат энергии – во время его разрядки.

При накоплении и сохранении энергии потока рабочей жидкости в гидроаккумуляторе осуществляется ее преобразование в механическую энергию другой среды, поэтому гидроаккумуляторы относятся к преобразователям.

Основное назначение гидроаккумуляторов – накопление энергии потока рабочей жидкости в периоды пауз или ее малого потребления гидроагрегатами гидросистемы и возврат этой энергии в периоды интенсивной работы гидросистемы.

В этом случае **гидроаккумулятор** подключается к напорной гидролинии и работает параллельно с насосом. Кроме того, гидроаккумулятор может применяться для поддержания постоянного давления в сливной или всасывающей гидролинии. В последнем случае гидроаккумуляторы называют подпорными гидроаккумуляторами низкого давления. В аккумуляторных гидроприводах гидроаккумуляторы являются основными источниками энергии потока рабочей жидкости, в насосных – дополнительными.

Гидроаккумуляторы также применяют для уменьшения пульсации давления в напорных гидролиниях, защиты гидросистем от возможных гидравлических ударов.

В зависимости от типа среды, которая накапливает механическую энергию, различают:

грузовые гидроаккумуляторы (рис. 7.29, а), в которых аккумулирование и возврат энергии происходит за счет изменения потенциальной энергии груза. Важным свойством грузового гидроаккумулятора является независимость давления жидкости в нем от степени заполнения жидкостью (давление зависит от массы груза). Они имеют низкую энергоемкость, высокую инерционность, большие габариты и, как следствие, используются очень редко;

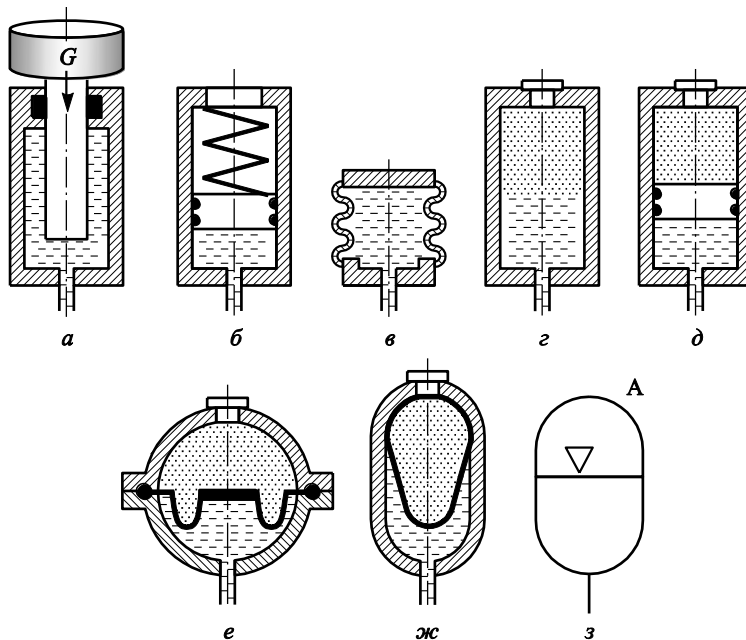


Рис. 7.29. Конструктивные схемы аккумуляторов (а–ж) и УГО пневмогидроаккумулятора (з)

пружинные гидроаккумуляторы (рис. 7.29, б), в которых аккумулирование и возврат энергии происходит за счет изменения энергии упругости деформируемой пружины. Они могут накапливать небольшие объемы жидкости при низком давлении, что обусловлено ограниченными возможностями механических пружин;

гидроаккумуляторы с упругим корпусом (рис. 7.29, в), в которых аккумулирование и возврат энергии происходит за счет изменения энергии упругости деформируемого корпуса, например **сильфона**. Они имеют те же недостатки, что и пружинные;

пневмогидроаккумуляторы (рис. 7.29, г–ж), в которых аккумулирование и возврат энергии происходит за счет изменения энергии сжатого газа. Благодаря наибольшей энергоемкости при малых габаритах, они получили широкое распространение. УГО пневмогидроаккумулятора показано на рис. 7.29, з.

Пневмогидроаккумуляторы без разделителя сред (см. рис. 7.29, з) имеют следующие параметры рабочей среды - давление $p = 0,35... 35,0 \text{ МПа}$ и вместимость $V = 3,5...5 \text{ 700 л}$.

Пневмогидроаккумуляторы выполняют с разделителем сред в виде:

- поршня (рис. 7.29, д) с рабочими параметрами - $p = 21... 35 \text{ МПа}$ и $V = 2,5...200 \text{ л}$;
- мембраны (рис. 7.29, е) с рабочими параметрами - $p = 5...35 \text{ МПа}$ и $V = 0,1...4 \text{ л}$;
- эластичного баллона (резинового) (рис.7.29,ж) с рабочими параметрами - $p = 3,5...55 \text{ МПа}$ и $V=0,2...200 \text{ л}$.

Наибольшее распространение получили сферические пневмогидроаккумуляторы (см. рис. 7.29, е), которые отличаются компактностью и имеют меньшую массу. Это обусловлено особенностями сферических форм: поверхность сферы при том же объеме меньше, чем у других форм, а напряжения в стенках под действием давления в 2 раза меньше, чем в стенках цилиндра того же диаметра.

При зарядке пневмогидроаккумулятора газ в его объеме нагревается, а после разрядки температура падает, что ведет к снижению давления. Однако обратные процессы при разрядке (охлаждение газа вследствие падения давления и последующее выравнивание температуры) обеспечивают некоторую компенсацию потерь энергии при зарядке. Потери энергии при зарядке в основном зависят от характеристики этого процесса и времени выдержки пневмогидроаккумулятора в спокойном состоянии. Рекуперация энергии зависит от степени заполнения аккумулятора и времени выдержки. КПД рекуперации падает с ростом степени повышения давления и времени выдержки. Так, при выдержке до 20 с КПД рекуперации составляет не менее 90 %, а при выдержке 2 мин – 75 %.

К основным параметрам гидроаккумулятора относятся номинальные вместимость и давление. Под номинальной вместимостью пружинного гидроаккумулятора понимают наибольшую вместимость гидравлической полости, а для пневмогидроаккумуляторов – наибольшее изменение вместимости пневматической полости.

Применение гидроаккумуляторов позволяет в гидросистемах существенно уменьшить рабочий объем (подачу) используемого насоса.

Особенно целесообразно применять аккумуляторы в гидросистемах с эпизодическими пиками потребляемого расхода, которые, возможно, значительно превышают средний расход жидкости в гидросистеме.

Расчет пневмогидроаккумулятора включает определение его конструктивной вместимости V_k , давления $P_{зар}$ зарядки газом и расчет на прочность его корпуса. Под давлением зарядки газом понимают давление газа внутри пневмогидроаккумулятора, когда в нем отсутствует жидкость (всю полость занимает сжатый газ).

Под конструктивным объемом V_k пневмогидроаккумулятора понимают вместимость его внутренней полости. Для полностью заряженного жидкостью аккумулятора

$$V_k = V_{г \text{ min}} + V_{пол} + V_{зап},$$

где $V_{г \text{ min}}$ – минимальный объем, занимаемый газом, при максимальном давлении p_{max} внутри аккумулятора; $V_{пол}$ – полезный объем пневмогидроаккумулятора – объем жидкости, который поступает в гидросистему из аккумулятора в процессе разрядки, а именно: при изменении в нем давления от максимального p_{max} до минимального p_{min} ; $V_{зап}$ – объем запаса, который на основании практического опыта обычно выбирают в диапазоне **3...5 %** от полезного объема.

Рассмотрим использование пневмогидроаккумулятора в составе гидропривода суппорта металлорежущего станка, рабочий цикл которого включает в себя следующие процессы:

- быстрый подвод инструмента – Δt_1 ;
- рабочая подача – Δt_2 ;
- быстрый отвод инструмента Δt_3 ;
- время ожидания Δt_4 .

Время рабочего цикла $T = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4$.

Изменение расхода рабочей жидкости в течение рабочего цикла приведено ниже:

Расход	$Q_1 (Q_{max})$	Q_2	$Q_3 = Q_{max}$	Q_4
Время процесса	Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_4

Пусть этот цикл постоянно повторяется. Если в таком гидроприводе не используется пневмогидроаккумулятор, то насос должен выбираться по максимальному потребляемому расходу Q_1 . Использование пневмогидроаккумулятора позволяет выбрать насос по среднему потребляемому гидросистемой расходу

$$Q_{cp} = (Q_1 \Delta t_1 + Q_2 \Delta t_2 + Q_3 \Delta t_3 + Q_4 \Delta t_4) / T.$$

На первом этапе расчета определяют полезный объем пневмогидроаккумулятора $V_{пол}$. При $Q_1 > Q_{cp}$ и $Q_3 > Q_{cp}$ полезный объем пневмогидроаккумулятора определяют как $V_{пол} = (Q_1 - Q_{cp}) \Delta t_1 + (Q_3 - Q_{cp}) \Delta t_3$.

Далее при известном диапазоне рабочих давлений $p_{max} \dots p_{min}$ в пневмогидроаккумуляторе, принимая закон изменения газового состояния политропическим ($pV^n = const$), из системы двух уравнений рассчитываются неизвестные величины $p_{зар}$ и V_k :

$$V_k = V_{Г min} + V_{пол} + V_{зар};$$

$$p_{зар} V_k^n = p_{max} V_{Г min}^n = p_{min} (V_{Г min} + V_{пол})^n,$$

где n – показатель политропы газа.

На основании полученных расчетных величин из каталога изготовителя выбирают пневмогидроаккумулятор, предназначенный для работы в требуемом диапазоне рабочего давления и имеющий ближайший больший конструктивный объем.

Затем, используя систему уравнений, уточняют максимальное рабочее давление p_{max} и давление $p_{зар}$ зарядки газом.

Следует помнить, что *пневмогидроаккумулятор при транспортировке, хранении и монтаже должен быть разряженным*.

Зарядка осуществляется после монтажа в схему и проведения проверки герметичности с помощью рабочей жидкости.

Гидролинии. *Гидролинией* называют гидроустройство, предназначенное для движения потока рабочей жидкости или передачи энергии потока рабочей жидкости от одного гидроустройства к другому.

В зависимости от назначения *гидролинии* подразделяют:

- на всасывающие (скорость жидкости ≤ 1 м/с);
- напорные ($\leq 5 \dots 7$ м/с);
- сливные (≤ 2 м/с);
- дренажные ($\leq 2,5$ м/с);
- управления ($\leq 7 \dots 8$ м/с).

При выборе средней скорости потока рабочей жидкости в гидролиниях необходимо помнить, что повышение скорости потока приводит к увеличению гидравлических потерь и соответственно к потере мощности, а снижение – к увеличению диаметров гидролиний и, следовательно, к увеличению массы всего гидропривода.

Конструктивно гидролинии могут быть выполнены в виде **жестких трубопроводов, гибких рукавов, каналов в корпусах гидроустройств и соединений**.

Жесткие трубопроводы. В гидроприводах применяют в основном стальные бесшовные холоднодеформированные трубы из коррозионно-стойкой стали. Безопасность разрушения, проверяемая предприятием-изготовителем на образцах-свидетелях из партии трубопроводов, должна обеспечиваться при давлении не менее $2 p_{max}$. На наружных и внутренних поверхностях труб не допускаются забоины, вмятины и риски.

Гибкие рукава и их соединения. Рукава применяют в гидроприводах для соединения гидроустройств, элементы которых имеют значительные относительные перемещения. Рукава должны быть прочными, герметичными и иметь высокую надежность. Поэтому при высоких давлениях используют в теле рукава металлические или кордовые упрочняющие оплетки навивочной конструкции.

Наибольшее применение нашли резиновые и пластмассовые (в основном фторопластовые) рукава с упрочняющими оплетками (рис. 7.30).

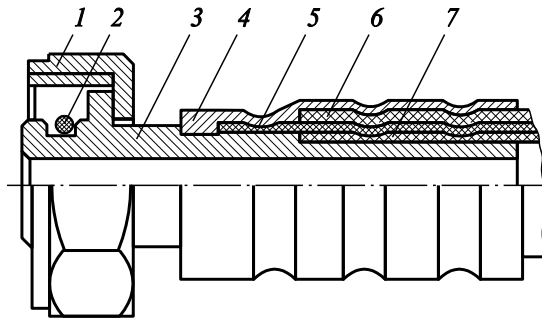


Рис. 7.30. Заделка резинового рукава с металлической оплеткой ниппельного соединения:
 1 – накидная гайка; 2 – кольцо уплотнительное; 3 – ниппель; 4 – муфта; 5 – металлическая оплетка;
 6 – наружный резиновый слой; 7 – внутренний резиновый слой

Ниппельное соединение рукавов состоит из накидной гайки **1**, ниппеля **3** с уплотнительным кольцом **2** и обжимной муфты **4**. Все детали арматуры стальные. Ниппель имеет профильную наружную поверхность. Заделку рукавов осуществляют путем зажима тела рукава между муфтой и ниппелем и дальнейшим обжатием (деформацией) муфты специальным приспособлением. Перед обжатием конец рукава должен быть подготовлен: освобождена металлическая (упрочняющая) оплетка **5** на определенной длине от наружного **6** и внутреннего **7** слоев резины. Нарушения нитей металлической оплетки при подрезке резинового слоя не допускается.

Рукава должны быть прочными, герметичными и иметь высокую надежность. Особое внимание следует обращать на монтаж рукавов: не допускается их перекручивание, радиус изгиба рукавов должен быть не менее $(12...18) d_{\text{вн}}$ (где $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр рукава).

В процессе эксплуатации рукава ремонту не подлежат.

В гидроприводах применяют следующие виды соединений гидролиний:

- резьбовые (штуцерные – с развальцовкой труб, контактные соединения, с врезающимся кольцом);
- фланцевые;
- замковые быстроразъемные соединения (цангового типа) и др.

Фланцевые соединения трубопроводов применяют, как правило, для труб с диаметрами более **40 мм**.

Широко распространенные штуцерные соединения трубопроводов с гидроустройствами показаны на рис. 7.31.

На этапах сборки гидропривода трубопроводы подвергают гидравлическим испытаниям на прочность сборки и монтажа пробным давлением жидкости не менее $1,25p_{\text{ном}}$ и на герметичность при давлении $1,0p_{\text{ном}}$ согласно ГОСТ Р 52543–2006.

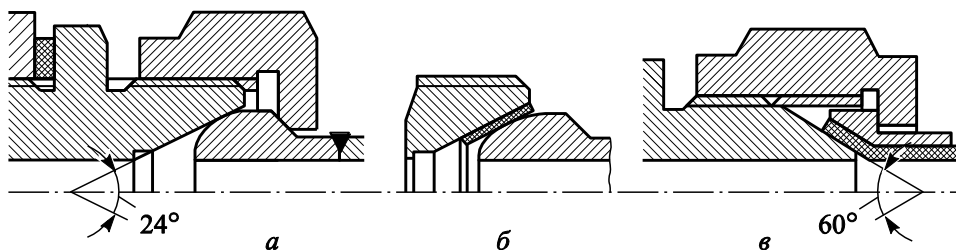


Рис. 7.31. Штуцерные соединения гидролиний:
 а – шаровой ниппель с приваренной трубой; б – шаровой ниппель и коническая прокладка;
 в – конический штуцер и ниппель с развальцованной трубой

Уплотнительные устройства. Эти устройства предназначены для обеспечения герметичности соединений гидроустройств с целью предотвращения или уменьшения утечек жидкости через зазоры в соединениях, а также защиты внутренних полостей и гидроустройств от проникновения загрязняющих частиц, влаги и воздуха из внешней среды.

Уплотнителем называют деталь уплотнительного устройства, находящуюся в контакте с сопрягаемыми деталями и препятствующую перетеканию рабочей жидкости по зазорам между этими деталями.

Уплотнители подразделяют:

- по виду относительного перемещения – на уплотнители неподвижных и подвижных соединений;
- по направлению действия упругой деформации – на аксиальные (торцевые) и радиальные;

- по конструкции – на уплотнительные кольца, манжеты и прокладки;
- по используемому материалу – на неметаллические (например, резиновые) и металлические.

Уплотнители подвижных соединений классифицируют на уплотнители вращательного, возвратно-поступательного и контактного соединений.

К показателям назначения уплотнителей, определяющим герметичность соединения, относятся степень герметичности и контактное напряжение. Выбор степени герметичности гидроустройства определяется его назначением в гидроприводе и важностью задач, выполняемых гидроприводом. Контактное механическое напряжение в уплотнительном устройстве с повышением давления рабочей жидкости увеличивается, однако при этом из-за наличия уплотнителей в подвижных соединениях увеличиваются силы трения, а в неподвижных соединениях возникает возможность выдавливания уплотнителей в зазор.

Качество резиновых упругих уплотнителей зависит от физико-механических показателей выбранной резины (относительное удлинение при разрыве, твердость, истираемость, относительная остаточная деформация сжатия и др.).

Герметичность гидроустройств в основном обеспечивается с помощью устанавливаемых в замкнутые канавки уплотнительных эластомерных колец, для которых вследствие их поджатия характерна способность к самоуплотнению.

Уплотнительное кольцо – радиальный или осевой (торцовый) уплотнитель в виде кольца, применяемый в подвижных и неподвижных соединениях, герметизирующий эффект которого создается в результате сжатия. При сжатии материал уплотнителя заполняет канавку и все пространства между микронеровностями сопрягаемых уплотняемых поверхностей, в результате чего перекрываются возможные каналы течения рабочей среды (жидкости).

В гидроустройствах используют резиновые уплотнительные кольца круглого, прямоугольного, овального и П-образного сечений.

В объемных гидроприводах наиболее широко распространены уплотнительные кольца круглого сечения, которые предназначены для работы при давлении до **50 МПа** в неподвижных соединениях.

Для размещения уплотнительного кольца в изделии предусматривают место установки – кольцевую канавку определенных размеров. Глубину h канавки (рис. 7.32) выбирают такой, чтобы кольцо **1** было обжато по поперечному сечению до определенного размера. Обжатие оценивают коэффициентом предварительного сжатия $\varepsilon = (d - h)100/d$, где d – диаметр сечения круглого кольца в свободном состоянии. Обычно коэффициент предварительного сжатия $\varepsilon = 10...35\%$. Канавку под установку кольца выполняют шириной b , приблизительно на **30...35%** большей диаметра d и соотношения $(1,2...1,3)\pi d^2/4 \geq bh$. Параметры шероховатости поверхностей сопрягаемых деталей выбирают, исходя из назначения соединения: для неподвижного – $Ra \leq 1,6$ мкм, для подвижного – $Ra \leq 0,20$ мкм.



Рис. 7.32. Схема установки защитного и уплотнительного колец и профиль канавки

Для предотвращения выдавливания уплотнительного кольца при давлении выше **16 МПа** устанавливают протектор **2** (защитное кольцо из фторопласта), для чего на его толщину увеличивают ширину канавки во внешнюю сторону уплотнения.

Для исключения срезания колец при вставной сборке уплотняемых деталей в конструкции изделий предусматривают заходные фаски под углом **20...30°**, обеспечивающие постепенно обжатие кольца при установке. При установке рекомендуется смазывать трущиеся поверхности уплотнений тонким слоем смазочного материала.

Уплотнительная манжета – радиальный уплотнитель в виде кольца, имеющий выступающие рабочие элементы, в результате изгиба и прижатия которых к сопрягаемой поверхности обеспечивается необходимый контакт с ней. Уплотнительные манжеты применяют для герметизации вращательных и возвратно-поступательных соединений – предотвращения утечки рабочей жидкости из внутренней полости **ВП** гидроустройства наружу в окружающую среду **А** (рис. 7.33).

Обычная конструкция манжетного уплотнения (см. рис. 7.33) состоит из трех основных элементов:

- каркас 3;
- корпус манжеты 5 с губкой;
- пружины 4 (браслетной).

Штампованный металлический каркас предназначен для придания манжете определенной формы и жесткости. Манжета устанавливается в корпус **1** гидроустройства и является уплотняющим эластичным элементом, создающим своей внутренней частью (губкой) контакт с валом **2**. Пружина обеспечивает дополнитель-

ную радиальную силу, действующую на манжету, которая должна равномерно обжать вал по всей окружности. Удельная сила прижатия манжеты к валу в месте ее контакта зависит от окружной скорости на валу и уменьшается с ее увеличением.

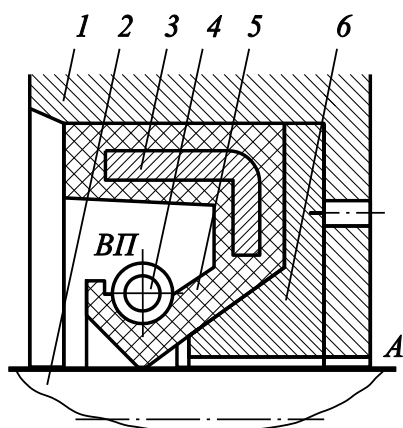


Рис. 7.33. Конструктивная схема стандартной манжеты с опорным конусом: 1 – корпус гидроустройства; 2 – вал; 3 – каркас; 4 – пружина; 5 – корпус манжеты; 6 – опорный конус

МПа) следует применять опорный конус **6** под соединительную планку губки с корпусом манжеты (рис. 7.33).

Типовые манжеты предназначены для работы в гидроприводах при избыточном давлении до **0,05 МПа**, окружной скорости рабочей кромки манжеты до **20 м/с** и температуре (**-50...+90 °С**) в зависимости от группы резины. Работоспособность манжеты зависит от шероховатости сопрягаемой поверхности вала.

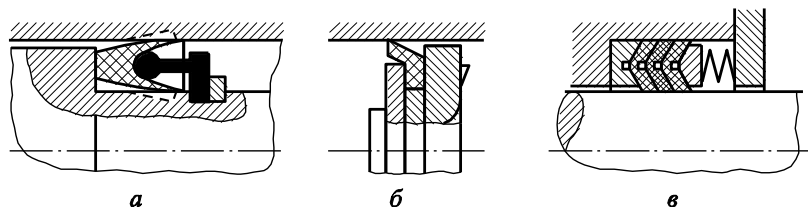


Рис. 7.34. Схема уплотнения поршня U-образной (а), чашечной или воротниковой (б), шевронными (в) манжетами

в сочетании с защитным кольцом для предотвращения выворачивания при обратном ходе.

Чашечные резиновые манжеты предназначены для уплотнения по цилиндрическим поверхностям гидроцилиндров, а воротниковые – для уплотнения поршней и штоков, когда возможно фланцевое крепление манжет (рис. 7.34, б).

Шевронные манжеты (рис. 7.34, в) изготовляют из армированной тканью резины и применяют обычно в пакетных уплотнениях при высоком давлении (**до 50,0 МПа**) среды (вода, эмульсии, масла).

Обеспечение герметичности гидроустройств без упругих уплотнителей. Герметичность внутренних соединений типа клапан – седло (в гидроклапанах и клапанных гидрораспределителях), корпус – боковые крышки (в шестеренных и пластинчатых насосах) обеспечивается тщательной механической обработкой сопрягаемых поверхностей и созданием их силового контакта.

Наружные каналы в корпусах гидроустройств герметизируют с помощью запрессовки в них гладких цилиндрических стальных заглушек с последующей зачеканкой по диаметру заглушек. Высокая степень герметичности обеспечивается сваркой и пайкой неразъемных соединений.

Герметичность подвижных внутренних соединений гидроустройств обеспечивают двумя способами:

- уменьшением зазоров в подвижных соединениях до минимума (**3...5 мкм**), например герметизация соединений таких пар, как золотник – корпус в распределителях с цилиндрическим золотником;
- силовым контактом тщательно обработанных сопрягаемых поверхностей.

При неподвижном вале материал манжеты под воздействием силы деформации на кромке заполняет все поверхностные микронеровности вала и препятствует утечкам рабочей жидкости. При вращении вала каждая точка уплотняющей поверхности кромки совершает радиальные перемещения, восстанавливая свой контакт с валом, нарушаемый из-за биения поверхности и наличия микронеровностей, а точки уплотняющей кромки совершают сложные движения, траектории которых близки к эллипсам. Движение от центра происходит вследствие возмущающего воздействия поверхности вала со скоростью набегания неровностей поверхности вала. Движение к центру и против вращения происходит под действием упругих и высокоэластичных напряжений со скоростью восстановления формы материала и силы поджатия браслетной пружины.

Стандартные манжеты (согласно ГОСТ 8752–72) рекомендуется использовать при значениях давления $p < 0,05$ МПа. При повышенных значениях давления (**до 0,3**

Уплотнительные манжеты для герметизации пар возвратно-поступательного движения (рис. 7.34) имеют ряд преимуществ по сравнению с уплотнительными кольцами: меньшая ширина рабочей кромки обуславливает меньшую силу трения.

Манжеты по форме и назначению подразделяют на **U-образные, чашечные, воротниковые, шевронные.**

Резиновые U-образные манжеты (рис. 7.34, а) и кожаные манжеты устанавливают в

Рабочая жидкость.

Жидкую рабочую среду, с помощью которой энергия передается от насоса к гидродвигателю с выполнением ряда других функций в гидросистеме, называют **рабочей жидкостью**, к важным функциям которой можно отнести:

- используется для смазывания трущихся поверхностей деталей гидромашин и других гидроустройств, в результате чего между двумя поверхностями уменьшается сила трения и интенсивность их износа;
- служит для отвода тепловой энергии от нагретых поверхностей гидромашин и других гидроустройств;
- уносит продукты изнашивания и прочие частицы загрязнения;
- защищает внутренние поверхности полостей гидромашин и других гидроустройств от коррозии.

Рабочие жидкости, применяемые в гидроприводах, подразделяют на четыре типа:

- на нефтяной основе – масла с присадками;
- синтетические;
- водосодержащие (водные растворы полимеров и эмульсии);
- биологически разлагаемые.

Масла – рабочие жидкости на нефтяной основе, нашедшие самое широкое применение в гидроприводах, получают из нефти обычными методами переработки с добавлением различного вида присадок. Они имеют сравнительно низкую верхнюю границу температурного диапазона, а поэтому пожароопасны.

В гидроприводах применяют следующие **нефтяные рабочие жидкости**:

- масло МГЕ-10А;
- авиационное масло АМГ-10;
- всесезонное масло ВМГЗ (зимний сорт) и др.

Синтетические рабочие жидкости – жидкости, основу которых составляют продукты химического синтеза (диэфиры, силоксаны, фосфаты и др.). Как правило, они негорючи, стойки к окислению, имеют низкую температуру застывания, обладают стабильностью вязкостных характеристик в течение длительного срока работы и в широком диапазоне температур. Однако каждая из синтетических жидкостей обладает тем или иным недостатком (несовместимостью с резиновыми уплотнителями, высокой текучестью, плохой смазывающей способностью, токсичностью и т. д.).

Водосодержащие жидкости – рабочие жидкости, представляющие собой **водные растворы различных полимеров** (водно-гликолевые, водно-глицериновые) и **эмульсии** (масловодяные и водомасляные).

Например, жидкость ПГВ (ГОСТ 25821–83) – водный раствор глицерина и полиэтиленгликоля с различными присадками (массовая доля воды около 32 %). Жидкость ПГВ относится к негорючим жидкостям. Она нетоксична, инертна к некоторым конструкционным материалам (в том числе к резиновым уплотнителям).

Водомасляные эмульсии – эмульсии типа «масло в воде», представляют собой смеси воды и нефтяных жидкостей (**не более 20 %**). Их применяют в гидроприводах, работающих в пожароопасных условиях, например в гидроприводах шахтных крепей и т. п.

Недостаток водомасляной эмульсии – плохая смазывающая способность, сравнительно узкий диапазон рабочих температур (**+5...+55 °С**). **Масловодяные эмульсии** – эмульсии типа «вода в масле», представляют собой смеси нефтяной жидкости и воды (не более 40 %).

Биологически разлагаемые рабочие жидкости – растительные масла (рапсовое) – используют в целях защиты окружающей среды вследствие того, что жидкость на основе рапсового масла способна к естественной утилизации за счет ее разложения природными микроорганизмами, а попадание воды в растительное масло может привести к его распаду.

Свойства рабочих жидкостей неравноценны, поэтому в каждом конкретном случае при выборе жидкости исходят из наиболее важных из них.

При выборе рабочей жидкости **весьма существенное значение имеет вязкость**, которая зависит от температуры. При применении рабочей жидкости с малой вязкостью увеличиваются внешние и внутренние утечки и перетечки в гидромашинах и других гидроустройствах. Чем выше вязкость выбранной жидкости, тем выше потери энергии при работе гидропривода.

Для рабочих жидкостей, применяемых в гидроприводах, характерна малая токсичность (малое воздействие жидкости и ее паров на организм человека).