

**Министерство науки, высшей школы  
и технической политики Российской Федерации**

**Самарский государственный аэрокосмический  
университет имени академика С.П.Королева**

**В.С.Векшин**

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

**Учебное пособие**

**Самара 1993**

УДК 621.2.

Гидравлические системы: Учеб. пособие / В.С. В е к - ш и н, Самар. ун-т. Самара, 1993. 30 с.  
ISBN 5 - 230 - 16935 - 4.

В пособии приведены общие сведения о принципах построения гидравлических систем, сформулированы основные требования к гидротинам и к их основным функциональным элементам. Рассмотрены также общие правила построения гидравлических схем разного уровня. В приложениях приведены основные графические изображения элементов гидравлических систем.

Пособие предназначено для студентов I, 2, 3 и 4 - го факультетов.  
Ил. 4.

Печатается по решению редакционно - издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П.Королёва

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. В.Г.Ш а х о в ;  
канд. техн. наук, доц. К.А.Н а п а д о в ; канд.  
техн.наук, доц. В.Н.Б о р о д и н

ISBN 5-230-16935-4

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет  
1993

## ВВЕДЕНИЕ

Гидропневматические системы (объёмный гидропневмопривод) нашли широкое применение в различных областях машиностроения, в том числе в авиации и ракетостроении. Это связано, главным образом с малой удельной массой гидропневмосистем (под удельной массой понимают отношение массы к передаваемой мощности), высоким КПД и надёжностью, простотой управления, относительно невысокой стоимостью и возможностью бесступенчатого регулирования выходной скорости исполнительного механизма в очень широком диапазоне. В частности удельная масса гидравлических моторов в 5-10 раз ниже удельной массы электрических моторов равной мощности.

Гидравлические системы, используемые на самолётах и летательных аппаратах, имеют самое различное функциональное назначение. На современных самолётах при помощи гидросистем производится управление полётом за счёт отклонения рулей и элеронов, выпуск и уборка шасси, щитков - закрылков, предкрылков, тормозных щитков и интерцепторов, управление двигателем за счёт регулирования входных устройств, сопел и противопомпажных устройств, управление створками люков, трапов, передней стойкой шасси, вращением антенных устройств и другие операции.

Системы подачи топлива и окислителя к двигателям и маслосистемы представляют собой также гидравлические системы, содержащие общие узлы, агрегаты и трубопроводы.

Наконец, гидравлические и пневматические системы стационарных и передвижных заправочных средств наземного и бортового базирования, стыкующиеся с аналогичными системами самолётов и летательных аппаратов, по схеме своего построения и требованиям, предъявляемым к ним, аналогичны бортовым системам и используют единые принципы построения и расчёта.

К гидропневматическим системам относятся также жидкостные и газовые системы охлаждения. Несмотря на широкое разнообразие гидропневматических систем с точки зрения назначения, области применения и конструктивного исполнения, структура построения систем имеет много общих черт.

В настоящем учебном пособии изложены общие принципы построения гидропневматических систем, рассмотрено назначение основных структурных элементов, а также приведены условные графические изображения структурных элементов, утвержденные государственными стандартами СССР. Для простоты изложения различные гидропневматические системы будем именовать гидравлическими системами.

## 1. ТИПОВАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Гидравлическая система является сложным инженерно - техническим устройством, конструкция которого зависит от многих технических и эксплуатационных требований. Обычно эти требования подробно излагаются в технических заданиях на проектирование гидросистем. Одним из главных этапов проектирования является разработка структурных, функциональных и принципиальных схем, в которых назначаются все необходимые для нормального функционирования гидродвигатели, агрегаты и устройства управления и контроля.

Структурная схема устанавливает входимость агрегатов и устройств гидравлической системы в ту или иную гидромагистраль, не раскрывая принципиальных и функциональных связей.

Типовая структурная схема гидропневмосистемы представлена на рис. 1. Гидравлическая система состоит из ряда ( в общем случае четырёх ) гидромагистралей или гидролиний.

Под гидролинией будем понимать часть гидросистемы, объединённой признаком назначения и величины давления и включающей в свой состав совокупность трубопроводов, агрегатов и устройств, соединенных в определенном порядке и предназначенных для прокачки рабочей жидкости ( газа ). В общем случае гидросистема состоит из всасывающей, напорной, исполнительной и сливной гидролиний, а также из системы контроля и регулирования. Благодаря системе контроля и регулирования, современные гидравлические

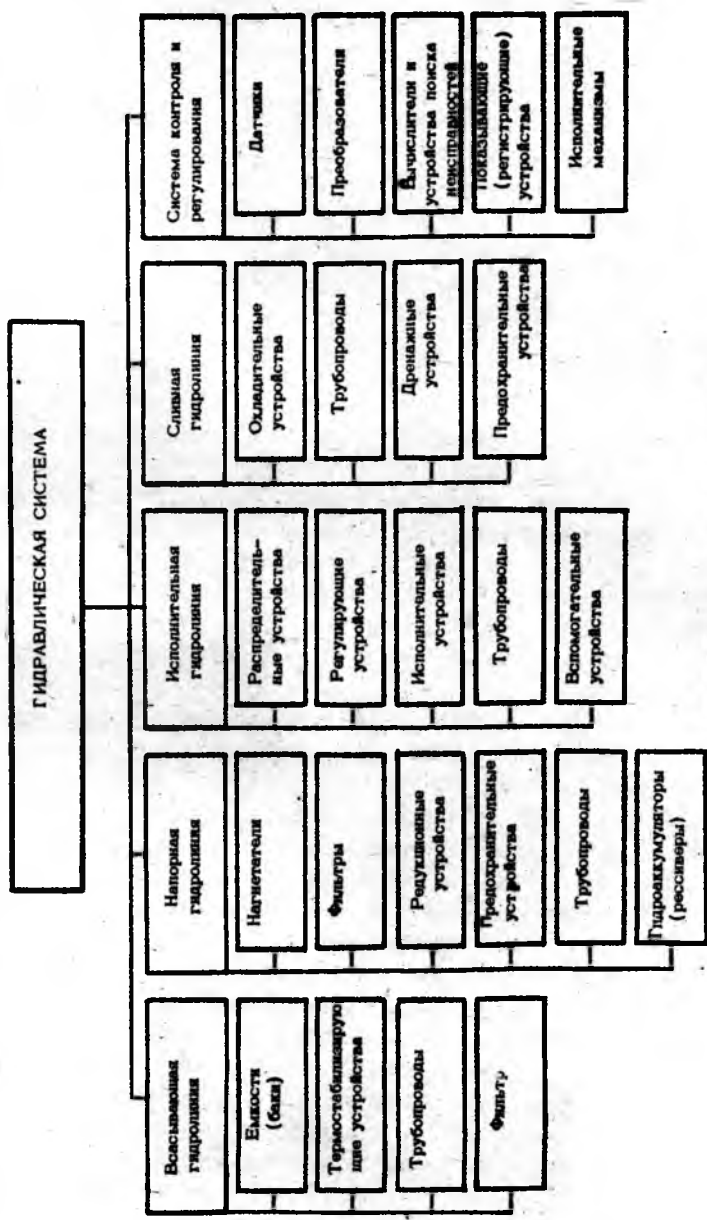


Рис. 1. Типовая структурная схема

системы можно назвать интегрированными гидропневмоэлектронными системами.

Всасывающая гидролиния предназначена для формирования потока рабочей жидкости с заданными физическими параметрами и подачи её в нагнетатель. Она представляет собой часть гидросистемы от ёмкости для хранения рабочей жидкости ( включительно ) до входа в нагнетатель, включая трубопроводы и все гидравлические агрегаты и устройства, находящиеся на этом участке гидросистемы и обеспечивающие её нормальное функционирование.

Напорная гидролиния предназначена для создания потока рабочей жидкости с заданным давлением и подачи её к исполнительным гидромагистралям. Она представляет собой часть гидросистемы от источника энергии ( нагнетателя ) до распределительных устройств, включая трубопроводы и все гидравлические агрегаты и устройства, находящиеся на этом участке гидросистемы и обеспечивающие её нормальное функционирование.

Исполнительная гидролиния предназначена для создания потока рабочей жидкости с заданными параметрами и подачи её к исполнительным агрегатам. Она представляет собой часть гидросистемы от распределительных устройств до исполнительных агрегатов, включая трубопроводы и все гидравлические агрегаты и устройства, находящиеся на этом участке системы и обеспечивающие её нормальное функционирование.

Сливная гидролиния предназначена для сбора рабочей жидкости после её выхода из исполнительных агрегатов и доставки в ёмкости для хранения рабочей жидкости или отвода рабочей жидкости в определённые места. Она представляет собой часть гидросистемы от исполнительных агрегатов до ёмкости для хранения или места слива рабочей жидкости, включая трубопроводы и все гидравлические агрегаты и устройства, находящиеся на этом участке системы и обеспечивающие её нормальное функционирование.

Система контроля и регулирования предназначена для сбора и обработки информации о параметрах рабочей жидкости в гидролиниях и состоянии отдельных устройств и агрегатов, выработки обобщенного сигнала состояния гидравлической системы в целом, а также выработки и подачи управляющих сигналов на включение или отключение отдельных гидролиний или отдельных агрегатов и устройств. Система контроля и регулирования включает в себя набор датчиков,

устройств обработки сигналов и линий связи с исполнительными механизмами.

В зависимости от конкретного назначения технических и эксплуатационных требований состав гидросистемы может существенно отличаться от приведенной на рис. 1 структурной схемы. Отдельные гидролинии, гидроагрегаты и устройства могут быть объединены или исключены. В частности, всасывающая гидролиния для погружных гидронасосов или вытеснительных систем подачи рабочей жидкости вырождается и практически интегрируется с напорной гидролинией. У тупиковых гидромагистралей отсутствует сливная гидролиния и т.д. Напорная гидролиния может быть объединена с исполнительной. От одной напорной линии может питаться несколько исполнительных или работа исполнительной линии может обеспечиваться двумя или более напорными линиями. При всём многообразии гидравлические системы любой степени сложности комплектуются из набора гидролиний, приведенных в структурной схеме, число которых может изменяться в широких пределах. Общим признаком гидролиний являются трубопроводы. Однако трубопроводы различных гидролиний могут существенно отличаться друг от друга. В частности, трубопроводы всасывающих линий характеризуются малыми длинами и большими проходными сечениями. Трубопроводы сливных линий имеют также большие проходные сечения, чем трубопроводы напорных и исполнительных гидролиний. Давление рабочей жидкости во всасывающих и сливных гидролиниях имеет существенно меньшие значения, чем в напорных и исполнительных.

Приведенная структурная схема гидравлической системы позволяет выделить, несмотря на разнообразие, общие признаки отдельных участков гидравлических систем и существенно упростить работу инженера — проектировщика на стадии выбора функциональной и принципиальной схемы, исходя из общих принципов построения гидравлических систем.

На основании изложенного подхода к построению структуры гидросистем далее рассмотрена структура и основные требования к отдельным гидролиниям, а также назначение отдельных агрегатов, входящих в состав гидролиний.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГИДРОЛИНИЯМ

Рассмотрим некоторые основные требования к гидролиниям, не останавливаясь на конструктивных подробностях, присущих конкретным исполнениям. При этом будем основываться на назначении и составе гидромагистралей, рассмотренных в предыдущем параграфе.

В с а с ы в а в щ а я г и д р о л и н и я, включающая ёмкость для хранения рабочих жидкостей и подводящие (всасывающие) трубопроводы, в отдельных случаях может содержать фильтры и нагревательные или термостабилизирующие устройства. В силу того, что на выходе из всасывающей гидролинии могут возникнуть условия кавитации, трубопроводы этой линии выполняются предельно короткими, максимально возможного диаметра. Скорость движения жидкости во всасывающих магистральных выбирается 0,5...1,5 м/с, причём меньшие скорости принимаются для трубопроводов малого сечения. Для маловязких жидкостей в условиях эксплуатации при положительных температурах окружающей среды скорость движения жидкости может быть увеличена до 2...3 м/с.

Очень часто трубопроводы исключаются, а нагнетатель (насос) устанавливается на баке. Чтобы повысить давление жидкости на входе в насос, и тем самым исключить условия возникновения кавитации, особенно при пониженном давлении окружающей среды, применяют наддув баков. В случае вытеснительной подачи наддув может быть значительным. Баки представляют собой сложную конструкцию и в зависимости от назначения гидросистемы могут быть разделены на два типа, а именно: баки постоянного уровня и расходные баки.

Баки постоянного уровня используются в гидравлических системах со сливными гидролиниями, в которых происходит циркуляция гидрожидкости. Расходные баки — это ёмкости, из которых в процессе работы гидросистемы происходит подача гидрожидкости. В качестве примера таких гидробаков служат баки топливных систем летательных аппаратов и самолётов.

Объём баков выбирается, в первую очередь, исходя из назначения гидросистемы. При этом обеспечивается вместимость всего объёма рабочей жидкости, рассчитанного исходя из заданного или максимального времени работы, включая необходимые запасы.

В отдельных случаях в циркулярных гидросистемах с целью



уменьшения их массы и габаритов объём бака делают меньше, чем объём рабочей жидкости, а при заполнении гидросистемы производят её прокачку, чтобы вместить объём рабочей жидкости. Кроме этого баки выполняют функции расширительных ёмкостей, которые компенсируют увеличение объёма жидкости при её нагреве.

Конструкция баков должна обеспечивать отстой жидкости (твёрдые частицы при этом не должны попадать в гидромагистраль), не приводить к пенообразованию при эволюциях летательного аппарата, препятствовать попаданию пыли и посторонних предметов в процессе работы гидросистемы. Для этого сливные патрубки, по которым производится ввод жидкости в бак, должны находиться ниже уровня жидкости. Система надува или система дренажа баков для предотвращения попадания пыли и посторонних предметов должны снабжаться фильтрами. Сливные магистрали следует удалять от всасывающих, при этом в качестве успокоителей колебаний жидкости необходимо использовать разделительные перегородки. Для предотвращения воронкообразования в местах подключения всасывающих трубопроводов при понижении уровня жидкости применяются специальные устройства в виде крестообразных перегородок.

Напорная гидрoлиния содержит нагнетательное устройство, гидроагрегаты и устройства, обеспечивающие нормальное функционирование гидрoлинии.

Нагнетательное устройство определяется способом создания напора, использованным в данной гидравлической системе. Теоретически существуют три метода создания напора в гидросистеме. Эти методы вытекают из уравнения Бернулли:

$$H = z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g},$$

воздействие на каждый член которого приводит к изменению напора в системе.

Итак, напор в гидравлической системе может создаваться путём увеличения геометрического напора  $z$ , путём создания пьезометрического напора (напора давления)  $\frac{P}{\gamma}$  и путём превращения скоростного напора  $\frac{V^2}{2g}$  в другие виды напоров.

Первый метод реализуется путём создания гидронапорных баков или использования естественного рельефа местности при строительстве гидростанций и водопроводов.

Второй метод - создание пьезометрического напора - реализуется путём использования насосов, а также вытеснителей. В качестве вытеснителей применяются системы надува гидробаков, гидроаккумуляторы, пороховые аккумуляторы давления и т.д.

Третий метод - создание напора путём использования скоростного напора - реализуется в таких устройствах как гидротараны, в которых вызывается серия гидравлических ударов и возникающее ударное давление создает дополнительный напор.

В гидравлических системах самолётов и летательных аппаратов применяется второй метод создания напоров. Широкое распространение получила как насосная, так и вытеснительная подача. Во многих случаях применяется комбинированная насосно-вытеснительная подача. В частности, в топливных системах летательных аппаратов применяют одновременно и надув баков, и насосную подачу.

Напорная гидролиния, как правило, снабжается фильтрами, которые производят очистку гидравлической жидкости от твёрдых и вязких загрязняющих примесей и обеспечивают заданную чистоту жидкости. Критерием тонкости очистки служит правило, что размеры капиллярных каналов фильтрующих материалов не должны превышать наименьший зазор в скользящих парах гидроагрегатов.

Под тонкостью очистки понимают минимальный размер частиц, улавливаемых фильтровальным элементом.

Фильтрация рабочей жидкости в гидросистемах может выполняться многоступенчато. В частности, в напорных гидролиниях обеспечивается чистота гидрожидкости, достаточная для работы большинства исполнительных гидролиний, а в отдельных исполнительных гидролиниях непосредственно перед исполнительными устройствами, имеющими минимальные зазоры движущихся частей, устанавливаются дополнительные фильтры более тонкой очистки, чем в напорной гидролинии. Проходные сечения фильтров рассчитывают исходя из максимального расхода в гидролинии.

В состав напорной гидролинии могут включаться редуцирующие и предохранительные устройства. Если предохранительные устройства функционально выполняют роль защиты гидролинии от повышенного давления сверх заданного путём периодического или неоднократного отвода жидкости в сливную гидролинию, то редуцирующие устройства обеспечивают автоматическое поддержание постоянного значения давления в гидролинии. Функции редуцирующего и предохранительного клапанов могут быть совмещены в одном агрегате. Очень часто

редукционные клапаны в напорных гидродлиниях отсутствуют, а устанавливаются в исполнительных гидродлиниях.

В напорные гидродлинии могут включать гидроаккумуляторы, которые выполняют ряд функций:

гасителей пульсаций, возникающих в системе при работе насосов; резервуаров, в которые отводится часть рабочей жидкости при уменьшении расхода в исполнительных гидродлиниях и накапливается при сохранении высокого давления;

дополнительных источников рабочей жидкости в моменты пикового потребления;

гасителей ударных волн, возможность появления которых в системе имеет место при резких закрытиях кранов.

Применение гидроаккумуляторов позволяет снизить мощность насосов до средней мощности потреблений и обеспечить в системах с эпизодической нагрузкой паузы в работе насоса.

Гидроаккумуляторы могут быть использованы и как самостоятельные источники энергии в системах одноразового использования. При этом зарядка системы производится путём закачки рабочей жидкости под давлением перед её применением. В частности, такие системы с гидроаккумуляторами в качестве источников энергии используются в ракетных системах для исполнения различных разовых операций, например, раскрытие обтекателей, разделение ступеней и т.д.

Гидроаккумуляторы могут выполнять роль источников аварийного питания отдельных ветвей гидросистем в случае отказа основного источника питания, в частности, в тормозных системах самолётов и других транспортных машин. Гидроаккумуляторы применяются также в том случае, когда какой-либо участок гидродлиния или агрегат нужно выдержать длительное время под давлением при отсутствии в нем расхода жидкости.

Трубопроводы напорных гидродлиний выбираются из условий работы в условиях больших давлений рабочей жидкости. При этом, чтобы максимально уменьшить массу гидросистемы стремятся максимально уменьшить диаметр, а значит и массу трубопроводов.

Расчёт трубопроводов проводят из условия обеспечения максимального расхода рабочей жидкости. Скорости движения рабочих жидкостей в напорных трубопроводах выбирают до 30 м/с.

Исполнительная гидродлиния является участком гидравлической системы, доставляющим рабочую жидкость непосредственно до исполнительного устройства. Исполнительные

гидролинии отличаются исключительным многообразием и во многих практических случаях интегрируются с напорной гидролинией.

Многообразие исполнительных гидролиний влечёт за собой и исключительное многообразие их конструктивного содержания. Однако в состав исполнительной гидролинии должна входить обязательная номенклатура устройств и агрегатов, которые обеспечивают нормальное функционирование гидросистем.

Для управления потоком рабочей жидкости и направления его к соответствующему исполнительному механизму применяются распределительные устройства. В тех гидравлических системах, где требуется выполнить ряд логических операций по осуществлению заданной последовательности ( программы ) действия исполнительных механизмов, в исполнительной гидролинии могут устанавливаться несколько распределительных устройств.

По конструктивному исполнению распределители разделяют в основном на золотниковые, крановые и клапанные типы. В первом типе распределение жидкости осуществляется с помощью осевого смещения цилиндрического или плоского распределительного элемента, во втором — путём поворота пробки крана и в третьем — путём последовательного открытия или закрытия рабочих окон с помощью клапанов.

Одним из важнейших элементов исполнительной гидролинии являются регулирующие устройства, которые обеспечивают управление движением, расходом и давлением рабочей жидкости. К числу регулирующих устройств относятся предохранительные и редуцирующие клапаны, дроссельные регуляторы и регуляторы расхода жидкости.

Предохранительные клапаны служат для ограничения повышения давления в исполнительной гидролинии сверх заданного путём периодического и однократного отвода рабочей жидкости в бак ( сливную гидролинию ). Переливные клапаны, являющиеся разновидностью предохранительных, поддерживают в системе заданное давление путём непрерывного стравливания жидкости в сливную гидролинию.

В тех случаях, когда рабочее давление исполнительной гидролинии существенно меньше давления в напорной гидролинии, применяются редуцирующие клапаны, которые обеспечивают автоматическое поддержание заданного давления в исполнительной гидролинии независимо от изменения давления в напорной гидролинии, которое должно превышать редуцированное давление не менее чем на  $( 2 \dots 3 ) \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ .

В отдельных случаях для регулирования давления в исполнительной гидрوليнии применяются редуционно - предохранительные клапаны, в которых совмещены функции предохранительного и редуционного клапанов.

Дроссельные устройства применяются для создания перепадов давления или ограничения расходов рабочей жидкости. По типу характеристики, т.е. зависимости потерь давления от расхода, существует два типа дросселей - с линейной и квадратичной характеристикой.

Линейная характеристика реализуется в дросселях вязкого трения, в которых потери давления определяются сопротивлением вязкого трения в каналах большой длины при докритических числах Рейнольдса. Квадратичная характеристика реализуется в дросселях вихревого сопротивления, в которых потери возникают за счёт деформации потоков и вихреобразования в каналах малой длины.

Другими устройствами, обеспечивающими постоянство расхода жидкости в исполнительной гидрوليнии, а точнее на исполнительном устройстве, являются регуляторы расхода жидкости. Например, применение регуляторов расхода жидкости необходимо для поддержания постоянной скорости вращения гидродвигателя при предельной нагрузке. Принцип действия регуляторов расхода основан на автоматическом регулировании потерь напора рабочей жидкости, проходящей через регулятор.

Наконец, главными агрегатами исполнительной гидрوليнии являются исполнительные устройства. В качестве исполнительных устройств или исполнительных механизмов применяются силовые цилиндры, обеспечивающие возвратно - поступательные прямолинейные или поворотные перемещения, а также гидромоторы вращательного движения, преобразующие энергию потока жидкости во вращение вала.

Возвратно - поступательные механизмы прямолинейного движения можно разделить на силовые цилиндры и на механизмы с гибкими разделителями ( мембранами и сальфонами ). Возвратно - поступательные механизмы поворотного действия представляют собой моментные гидроцилиндры, в которых рабочий орган совершает возвратно - поворотные движения относительно корпуса. Углы поворота исполнительного органа составляют менее  $360^{\circ}$ .

В качестве гидромоторов вращательного движения могут использоваться лопастные машины ( турбины ) или объёмные машины по кон-

структивному исполнению идентичные объёмным гидронасосам, например, гидромоторы плунжерного, шибера, шестеренчатого и других известных типов. Выбор типа исполнительного устройства зависит, в первую очередь, от назначения исполнительной гидролинии и реальных условий эксплуатации.

В отдельную группу исполнительных устройств следует выделить гидравлические следящие приводы (гидроусилители), представляющие собой распределительные устройства (золотники) и объёмные исполнительные механизмы возвратно-поступательного прямолинейного или вращательного движения, объединённые между собой жёсткой отрицательной обратной связью.

Для обеспечения нормальной работы исполнительной гидролинии применяют различные вспомогательные гидроустройства, к которым могут быть отнесены синхронизаторы движения узлов, делители потоков, реле давления, реле выдержки времени, запорные (обратные) клапаны, гидравлические замки, разъёмные муфты, гидравлические объёмные преобразователи и т. д.

Синхронизаторы движения узлов используются для обеспечения синхронности скоростей нескольких исполнительных механизмов, питающихся от общей гидролинии.

Делители потоков предназначены для разделения одного потока рабочей жидкости на два и более.

Реле давления применяется при электрогидравлическом автоматическом управлении для передачи сигналов управления на расстояние. Изменившееся давление рабочей жидкости в гидролинии приводит к релейному переключению электрических контактов в цепи управления агрегатов.

Реле выдержки служит для подключения отдельных участков гидролинии через заданный промежуток времени.

Запорные (обратные) клапаны обеспечивают пропуск рабочей жидкости в одном направлении при отсутствии на него внешнего воздействия. Обратные клапаны выполняют в гидросистеме роль диода электрической цепи.

Гидравлические замки предназначены для автоматического запертия рабочей жидкости в полостях гидродвигателей с целью фиксации его в заданных положениях.

Различные муфты служат для автоматического перекрытия проходных сечений гидролинии при расстыковке трубопроводов и уста-

навливаются в гидродлиниях, подвергавшихся частому демонтажу.

Гидравлические объёмные преобразователи служат для изменения величины давления или расхода на отдельных участках гидродлинии. Гидравлические преобразователи могут быть разделены на два типа: прямодействующие преобразователи и вращательные преобразователи. Первый тип преобразователей представляет собой два гидродлинии разных диаметров, поршни которых жёстко связаны между собой. Вращательные преобразователи состоят из гидромотора и гидронасоса с различными рабочими объёмами, жёстко связанными рабочими валами.

Трубопроводы исполнительных гидродлиний имеют характеристики, аналогичные характеристикам трубопроводов напорных гидродлиний, и проектируются аналогичным образом.

С л и в н а я г и д р о л и н и я является участком гидросистемы, обеспечивающим сбор рабочей жидкости после исполнительных устройств и доставляющим её в ёмкость для хранения. Сливная гидродлиния работает при давлениях значительно меньших, чем напорная и исполнительная гидродлинии, но больших, чем во всасывающей гидродлинии. Такое превышение давления над давлением в ёмкости для хранения рабочей жидкости и обеспечивает её движение в сливной гидродлинии. По конструктивному исполнению сливная гидродлиния имеет минимальное количество агрегатов, обеспечивающих её функционирование.

Часто в сливных гидродлиниях устанавливаются охлаждающие устройства, осуществляющие отвод тепла, выделенного в процессе работы гидросистемы. Использование охлаждающих устройств позволяет поддерживать постоянный тепловой баланс в гидросистеме, т.к. энергия, теряемая в гидросистеме, превращается в теплоту, температура жидкости повышается и в некоторых условиях может достигнуть предельных значений. Охладители по своему конструктивному исполнению чаще всего представляют собой воздухо - жидкостные, жидкостно - жидкостные и воздухо - воздушные радиаторы, в которых рабочая жидкость и теплоноситель разделены развитой по площади металлической поверхностью. Конструктивно охлаждающие устройства могут быть совмещены с ёмкостью для хранения рабочей жидкости, что уменьшает размеры и массу гидравлической системы в целом.

Дренажные устройства представляют собой различные по кон-

струкции сборники, в которые отводится рабочая жидкость, прошедшая через зазоры и уплотнения различных гидравлических агрегатов, в которых невозможно обеспечить по каким-либо причинам полную герметичность. Дренажные устройства соединяются трубопроводами с основной сливной гидролинией.

Трубопроводы сливных гидролиний работают при низких давлениях по сравнению с напорными и исполнительными гидролиниями. Скорость течения жидкости в сливных гидролиниях ограничивают 2,5 м/с, однако при использовании маловязких жидкостей и положительных температурах окружающей среды её увеличивают до 5...10 м/с.

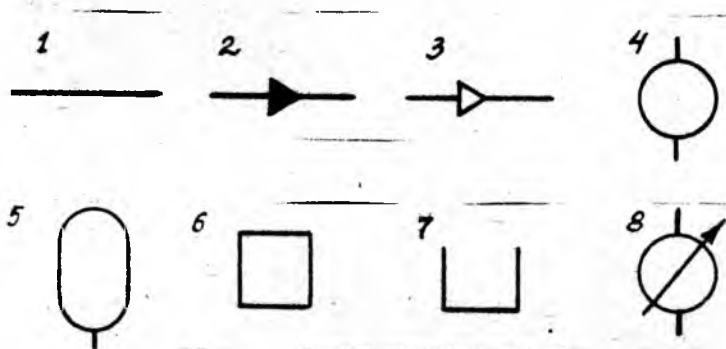
Для защиты трубопроводов и теплообменников сливных гидролиний от возможных забросов давления, которые могут привести к разрушению теплообменников, применяют предохранительные устройства, в качестве которых служат предохранительные или переливные клапаны.

### 3. ОСНОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ

Для обозначения элементов гидравлических систем при разработке принципиальных схем используют стилизованные условные изображения этих элементов без или с некоторой конкретизацией их конструктивного исполнения. Такие изображения несут в себе информацию о функциональных признаках того или иного элемента.

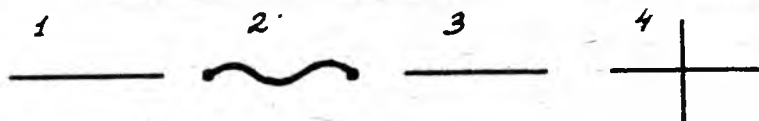
Использование условных изображений, являющихся азбукой гидравлических схем, позволяет научить специалистов "разговаривать" на едином "гидравлическом языке", читать гидравлические схемы и существенно упрощает их разработку. В основу формирования условных изображений положены общие функциональные признаки, а также принцип групповой принадлежности и принцип наращивания. Принцип групповой принадлежности состоит в том, что начертание условного изображения охватывает целую группу однотипных устройств. Конкретизация их принципа действия происходит за счёт добавления дополнительных значков, несущих определенную информацию, т.е. наращивание группового признака.



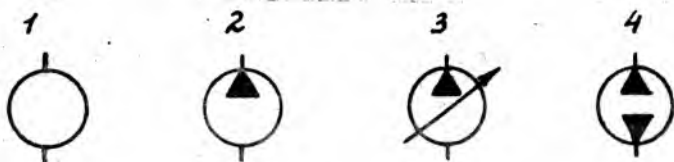


Р и с. 2 Изображение общих функциональных признаков: 1 - трубопровод; 2 - жидкость с указанием направления движения ( по стрелке ); 3 - газ с указанием направления течения; 4 - механизм; 5 - баллон; 6 - агрегат ( одна позиция ); 7 - бак; 8 - признак регулирования

На рис. 2 приведено изображение некоторых общих функциональных признаков. Одновременно многие из них несут в себе признаки принадлежности. В частности трубопровод, механизм, баллон, агрегат и т.д. охватывают целую группу различных конструкций, функциональные особенности которых могут быть уточнены использованием принципа наращивания. В качестве примера на рис.3 приведены различные изображения трубопроводов ( групповой признак - " трубопровод "), а на рис. 4 приведены различные изображения насосов ( групповой признак - " механизм ").



Р и с. 3 Изображение трубопроводов ( групповой признак " Трубопровод "): 1 - трубопровод; 2 - гибкий трубопровод; 3 - трубопровод для перекачки жидкости; 4 - пересечение трубопроводов



Р и с. 4. Изображение насосов ( групповой признак " Механизм " : 1 - механизм ; 2 - насос для перекачки жидкости с направлением движения по стрелке ; 3 - гидронасос регулируемый ; 4 - гидронасос реверсивный

с и в н ы й

На основании данных принципов разработаны и утверждены через систему государственных стандартов условные графические обозначения в схемах. Настоящее учебное пособие не ставит перед собой целью включить все графические обозначения, поскольку они приведены в соответствующих ГОСТах и постоянно корректируются и добавляются, поэтому в приложении приведены лишь некоторые основные условные обозначения, знание которых позволит легко научиться читать гидравлические схемы.

Кроме знания отдельных графических обозначений, которые говорят только о тех или иных агрегатах, существует ещё ряд правил, закрепленных государственными стандартами, устанавливающих порядок выполнения структурных, функциональных и принципиальных схем, без знания которых составление и чтение гидравлических схем затруднительно, а во многих случаях просто невозможно. Приведём лишь некоторые общие правила, дающие комплексное представление о построении гидравлических схем, не детализируя частные требования.

**Структурная схема** включает в себя все основные функциональные части гидравлической системы ( все гидравлические линии ), устанавливает основные взаимосвязи и входимость гидравлических устройств и агрегатов, не раскрывая принципиальных и функциональных связей. Графическое построение схемы даёт наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей изделия, которые изображаются в виде прямоугольников с соответствующими наименованиями или условными графическими обозначениями. Наименование функциональных частей в

отдельных случаях указывается в таблице, размещаемой на поле схемы. Структурные схемы содержат также принятые чертёжные обозначения функциональных частей с указанием их количества в гидравлической схеме, касающихся объёма технической документации, например, наличия технических условий, эксплуатационных документов, программ и методик испытаний и некоторых других.

П р и н ц и п и а л ь н а я с х е м а является основным документом, который устанавливает все гидравлические элементы для каждой из гидролиний, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных гидравлических процессов, и все гидравлические связи между ними.

В случае сложных гидравлических систем отдельные гидролинии или отдельные их части могут изображаться в виде отдельных гидравлических схем. Например, в гидравлических схемах современных самолётов исполнительная гидролиния может изображаться в виде отдельных схем, в частности, участки исполнительной гидролинии выпуска и уборки шасси, управления механизации крыла, управления следящими гидроусилителями и т.д. выделяются в отдельные гидравлические схемы. Как правило, все элементы и устройства на схемах изображаются в исходном положении: пружины - в состоянии предварительного сжатия, электромагниты - обесточенными. Если гидравлическая схема или её отдельные элементы изображены в другом состоянии, об этом указывается на поле схемы. Все элементы и устройства гидравлической схемы обозначаются буквенно-цифровым кодом, буквенная часть которого представляет собой сокращённое название элемента, а цифровая часть - порядковый номер элемента. Данные об элементах заносятся в перечень элементов, при этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов осуществляется через буквенно-цифровой код. Перечень элементов помещается на поле схемы и оформляется в виде таблицы.

С целью упрощения выполнения схем, а также в тех случаях, когда гидравлическая принципиальная схема выполняется в виде набора отдельных гидравлических схем, трубопроводы и линии не изображают в полном объёме, а используют так называемый адресный принцип обозначения. Параметры потоков в линиях связи записывают в виде таблицы с указанием адресов их внешних соединений. При параллельном соединении отдельных устройств или функциональных групп допускается изображение всех ветвей через одну ветвь с ука-

занием их количества. Изображения последовательно соединенных элементов также упрощаются путём изображения только первого и последнего элементов и указанием их количества. Для упрощения изображения гидравлических несвязанных линий связи (трубопроводов) удалённых друг от друга элементов их изображают одной линией, но при подходе к элементам или устройствам каждую линию изображают отдельно. При этом каждый трубопровод помечают на обоих концах условным цифровым обозначением.

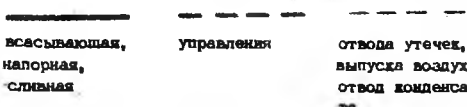
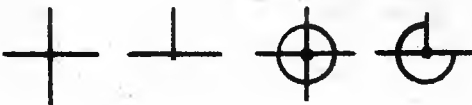


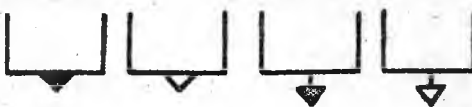
В сливных гидролиниях допускается изображать бак повторно около каждого соответствующего элемента. Более подробно правила выполнения гидравлических схем приведены в ГОСТ 2.704-76.




















































### Библиографический список

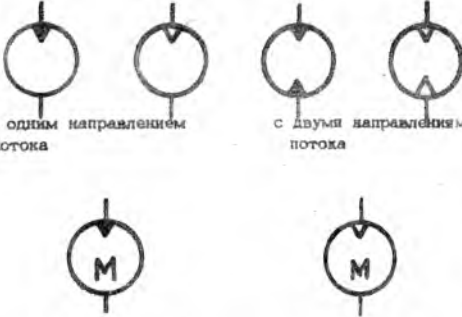


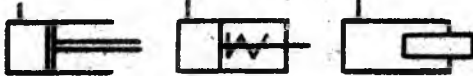
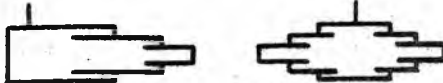
1. Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1967.
2. Башта Т.М. и др. Объёмные гидравлические приводы. М.: Машиностроение, 1969.
3. Башта Т.М. и др. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы. М.: Машиностроение, 1970.
4. Башта Т.М. Гидравлика и гидропневмоавтоматика. М.: Машиностроение, 1972.
5. Некрасов Т.Т. Гидравлика и её применение на летательных аппаратах. М.: Машиностроение, 1967.
6. Эрнст В. Гидропривод и промышленное его применение. М.: Машиностроение, 1963.
7. ГОСТ 2.704-76. Правила выполнения гидравлических и пневматических систем. М.: Изд-во стандартов, 1982.
8. ГОСТ 2.780-68. Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических схем. М.: Изд-во стандартов, 1988 С.138-142.
9. ГОСТ 2.781-68. Обозначения условные графические. Аппаратура распределительная и регулирующая гидравлическая и пневматическая. М.: Изд-во стандартов, 1988.С.143-176.
10. ГОСТ 2.782-68. Обозначения условные графические. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические. М.:

- Изд-во стандартов, 1988. С.177-189.
11. ГОСТ 2.764-70. Обозначения условные графические.  
Элементы трубопроводов. М.: Изд-во стандартов, 1988.С.190-200.
12. ГОСТ 2.788-74. Обозначения условные графические.  
Аппараты выпарные. М.: Изд-во стандартов, 1988. С.220-225.
13. ГОСТ 2.789-74. Обозначения условные графические.  
Аппараты теплообменные. М.: Изд-во стандартов, 1988. С.  
226 - 234
14. ГОСТ 2.790-74. Обозначения условные графические.  
Аппараты колонковые. М.: Изд-во стандартов, 1988. С 235-243.
15. ГОСТ 2.791 - 74. Обозначения условные графические.  
Отстойники и фильтры. М.: Изд-во стандартов, 1988.С. 244-252.
16. ГОСТ 2.792 -74. Обозначения условные графические.  
Аппараты сушильные. М.: Изд-во стандартов, 1988.С.253-262.

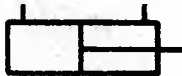






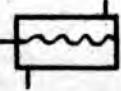




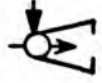



ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ







№ п. п.	Наименование	Обозначение
1. Элементы трубопроводов (ГОСТ 2.784-70)		
1. 1.	Трубопроводы, линии связи	 <p>всасывающая, напорная, сливная      управления      отвода утечек, выпуска воздуха, отвод конденсата</p>
1. 2.	Соединения трубопроводов, линий связи	 <p>общее обозначение      с неиспользованной возможностью присоединения</p>
1. 3.	Пересечение трубопроводов, линий связи (без соединения)	
1. 4.	Место присоединения	 <p>в неприсоединенном положении      в соединенном положении</p>
1. 5.	Слив жидкости или выпуска воздуха из системы	 <p>без возможности присоединения      с возможностью присоединения</p>

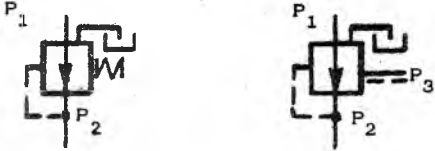
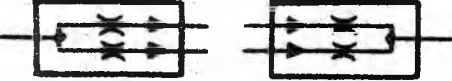




№ п. п.	Наименование	Обозначение																			
1. 6.	Подвод под давлением	 жидкости	 воздуха																		
1. 7.	Гибкий трубопровод																				
1. 8.	Соединение трубопроводов	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="156 566 381 606">а) общее обозначение</td> <td data-bbox="381 566 660 606">  </td> <td data-bbox="660 566 908 606">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="156 637 381 677">б) фланцевое</td> <td data-bbox="381 637 660 677">  </td> <td data-bbox="660 637 908 677">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="156 708 381 760">в) штуцерное, резьбовое</td> <td data-bbox="381 708 660 760">  </td> <td data-bbox="660 708 908 760">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="156 791 381 843">г) муфтовое резьбовое</td> <td data-bbox="381 791 660 843">  </td> <td data-bbox="660 791 908 843">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="156 859 381 911">д) муфтовое эластичное</td> <td data-bbox="381 859 660 911">  </td> <td data-bbox="660 859 908 911">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="156 927 381 1028">е) шарнирное</td> <td data-bbox="381 927 660 1028">  </td> <td data-bbox="660 927 908 1028">  </td> </tr> </table> <p data-bbox="412 997 888 1022">в соединенном состоянии      концы трубопроводов</p>		а) общее обозначение			б) фланцевое			в) штуцерное, резьбовое			г) муфтовое резьбовое			д) муфтовое эластичное			е) шарнирное		
а) общее обозначение																					
б) фланцевое																					
в) штуцерное, резьбовое																					
г) муфтовое резьбовое																					
д) муфтовое эластичное																					
е) шарнирное																					
<p>2. Насосы и двигатели (ГОСТ 2.782-68)</p>																					
2. 1.	Насос или компрессор постоянной производительности	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="381 1130 526 1330">  с одним направлением потока                 </td> <td data-bbox="526 1130 671 1330">  с одним направлением потока                 </td> <td data-bbox="671 1130 816 1330">  с двумя направлениями потока                 </td> <td data-bbox="816 1130 908 1330">  с двумя направлениями потока                 </td> </tr> </table>		 с одним направлением потока	 с одним направлением потока	 с двумя направлениями потока	 с двумя направлениями потока														
 с одним направлением потока	 с одним направлением потока	 с двумя направлениями потока	 с двумя направлениями потока																		




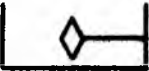



№ п/п	Наименование	Обозначение
2. 2.	<p>Гидромотор или пневмо-мотор нерегулируемый</p> <p>Общее обозначение</p>	 <p>с одним направлением потока</p> <p>с двумя направлениями потока</p> <p>М</p> <p>М</p>
2. 3.	<p>Регулируемые насосы и двигатели</p>	 <p>Жидкостные</p> <p>Пневматические</p>
2. 4.	<p>Насос-моторы</p>	 <p>при одном направлении потока</p> <p>регулируемый</p> <p>при любом направлении потоков</p> <p>с реверсивным направлением потоков</p>
2. 5.	<p>Цилиндры простого действия</p>	 <p>без указания способа возврата потока</p> <p>возврат пружиной</p> <p>плунжерный</p>
2. 6.	<p>Телескопические цилиндры простого действия</p>	 <p>с односторонним выдвижением</p> <p>с двухсторонним выдвижением</p>



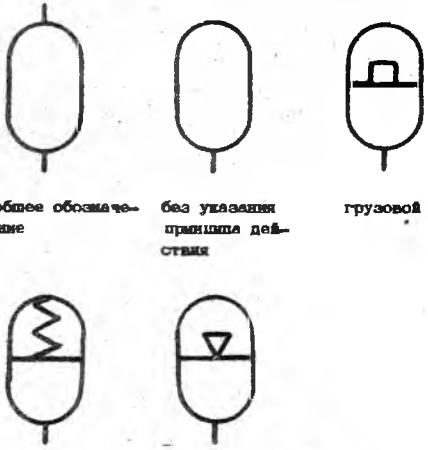


№ п. п.	Наименование	Обозначение
2. 7.	Цилиндры двойного действия	  с односторонним штоком                      с двухсторонним штоком
2. 8.	Камера мембранная	  одностороннего действия                      двухстороннего действия
2. 9.	Гидроусилитель (бустер)	
2. 10.	Насосы	    ручной                      шестеренчатый                      вантовый                      центробежный
	Насосы	    лопастной (пластинчатый)                      радиально-поршневой                      аксиально-поршневой                      струйный
<b>3. Аппаратура распределительная и регулирующая (ГОСТ 2. 781-68)</b>		
3. 1.	Распределители	   однопозиционный                      двухпозиционный                      трехпозиционный

№ п. п.	Наименование	Обозначение
3. 2.	Распределители	 <p style="text-align: center;">одноходовой      двухходовой      трехходовой</p>
3. 3.	Распределители с управлением	 <p style="text-align: center;">от кулачка с пружинным возвратом      от ручки с фиксатором      от электромагнита      от давления</p>
3. 4.	Регулирующий орган	 <p style="text-align: center;">нормально закрытый      нормально открытый</p>
3. 5.	Клапан предохранительный	 <p style="text-align: center;">с собственным управлением      с дополнительным позво- дом давления</p>
3. 6.	Клапан дифференциальный	
3. 7.	Клапан пропорциональный	

№ п. п.	Наименование	Обозначение
3. 8.	Клапан редукционный	 <p>давление на выходе зависит от усилия пружины</p> <p>давление на выходе зависит от давления <math>P_3</math></p>
3. 9.	Разветвители	 <p>делитель</p> <p>сумматоры</p>
3. 10.	Регуляторы потока	 <p>дроссель</p> <p>дроссель с регулятором давления</p>
3. 11.	Клапан обратный	 <p>гидрозамок</p>
3. 12.	Манометры	 <p>общее обозначение контактный</p> <p>дифференциальный</p>
3. 13.	Измерители расхода	 <p>общее обозначение</p> <p>интегрирующий</p>

№ п. п.	Наименование	Обозначение
3. 14.	Термометр	 <p>общее обозначение      контактный</p>
3. 15.	Измеритель крутящего момента	
3. 16.	Измеритель частоты вращения (тахометр)	
3. 17.	Указатель уровня жидкости	
<p>4. Элементы сетей (ГОСТ 2, 780-88)</p>		
4. 1.	Гидробак	 <p>с атмосферным давлением      с давлением выше атмосферного      с давлением ниже атмосферного</p>
4. 2.	Глушитель шума	
4. 3.	Гаситель гидроудара	

№ п. п.	Наименование	Обозначение
4. 4.	Гидробак со сливным трубопроводом	 <p data-bbox="422 308 533 354">выше уровня жидкости</p> <p data-bbox="588 308 699 354">ниже уровня жидкости</p> <p data-bbox="774 308 901 354">для слива из бака</p>
4. 5.	Мембрана	
4. 6.	Аккумулятор гидравлический (ресерв)	 <p data-bbox="433 808 585 854">общее обозначение</p> <p data-bbox="606 808 740 870">без указания принципа действия</p> <p data-bbox="795 808 878 831">грузовой</p> <p data-bbox="426 1078 526 1101">пружинный</p> <p data-bbox="559 1078 764 1101">шлямогидравлический</p>

## СОДЕРЖАНИЕ

В в е д е н и е . . . . .	3
1. Типовая структурная схема гидравлической системы. . . . .	4
2. Основные требования к гидролиниям . . . . .	8
3. Основные графические изображения элементов гидравлических систем и правила выполнения схем . . . . .	16
Б и б л и о г р а ф и ч е с к и й   с п и с о к . . . . .	20
П р и л о ж е н и е .   О б о з н а ч е н и я   у с л о в н ы е   г р а ф и ч е с к и е в схемах. . . . .	22

В е к ш и н Владислав Сергеевич

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Редактор Л.Я.Чегодаева

Техн.редактор Г.А.Усачёва

Корректор В.М.Измайлова.

Лицензия ЛР № 020301 от 28.II.91.

Подписано в печать 17.II.93.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Печать оперативная. Усл.п.л. 1,86 Усл.кр.-отт. 2,1

Уч. - изд.л. 2,3 Т. 300 экз. Арт. С- 16/93.

Заказ 190/118

Самарский государственный аэрокосмический

университет имени академика

С.П.Королёва. 443080, Самара, Московское шоссе, 34

---

Участок оперативной полиграфии

Самарского государственного аэрокосмического университета

443001, Самара, ул. Ульяновская, 18.