

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ РСФСР
КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ
ИНСТИТУТ имени академика С.П.Королева

В.С. ВЕКШИН

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Учебное пособие

Куйбышев, 1990 г.

УДК 621.2.

Гидравлические системы. Учебное пособие. В.С.Ваклин
Кузбасский авиационный институт., Кузбасс, 1990, 34 с.

В пособии приведены общие сведения о принципах построения гидравлических систем, сформулированы основные требования к гидросхемам, и к их основным функциональным элементам.

Рассмотрены также общие правила построения гидравлических схем разного уровня и в приложении приведены основные графические изображения элементов гидравлических систем.

Пособие предназначено для студентов I, II, III и IV-го факультетов.

Табл. I Ил. 4 Библиограф. - 10 названий

Рецензенты: В.Г.Шахов, к.т.н., доцент, К.А.Малахов,
к.т.н., доцент, В.Н.Бородин, к.т.н.

I. ВВЕДЕНИЕ

Гидропневматические системы (объемный гидропневмопривод) нашли широкое применение в различных областях машиностроения, в том числе в авиации и ракетостроении. Это связано, в первую очередь, с малой удельной массой гидропневмосистем (под удельной массой понимают отношение массы к передаваемой мощности), высоким КПД и надежностью, 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 самолетах и летательных аппаратах, имеют самое различное функциональное назначение. На современных самолетах при помощи гидросистем производится управление полетом за счет отклонения рулей и элеронов, выпуск и уборка шасси, щитков-закрылков, предкрылков, тормозных щитков и интерцепторов, управление двигателем за счет регулирования входных устройств, сопел и противопомпжных устройств, управление створками люков, трапов, передней стойки шасси, вращением антенных устройств и другие операции.

Системы подачи топлива и окислителя к двигателям и масляная система 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 самолетов и летательных аппаратов, по схеме своего построения и требованиям,

предъявляемым к ним, аналогичны бортовым системам и используют единые принципы построения и расчета.

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.

2. 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 гидролинии, 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. I. Гидравлическая система состоит из ряда (в общем случае четырех) гидромагистралей или гидролиний.

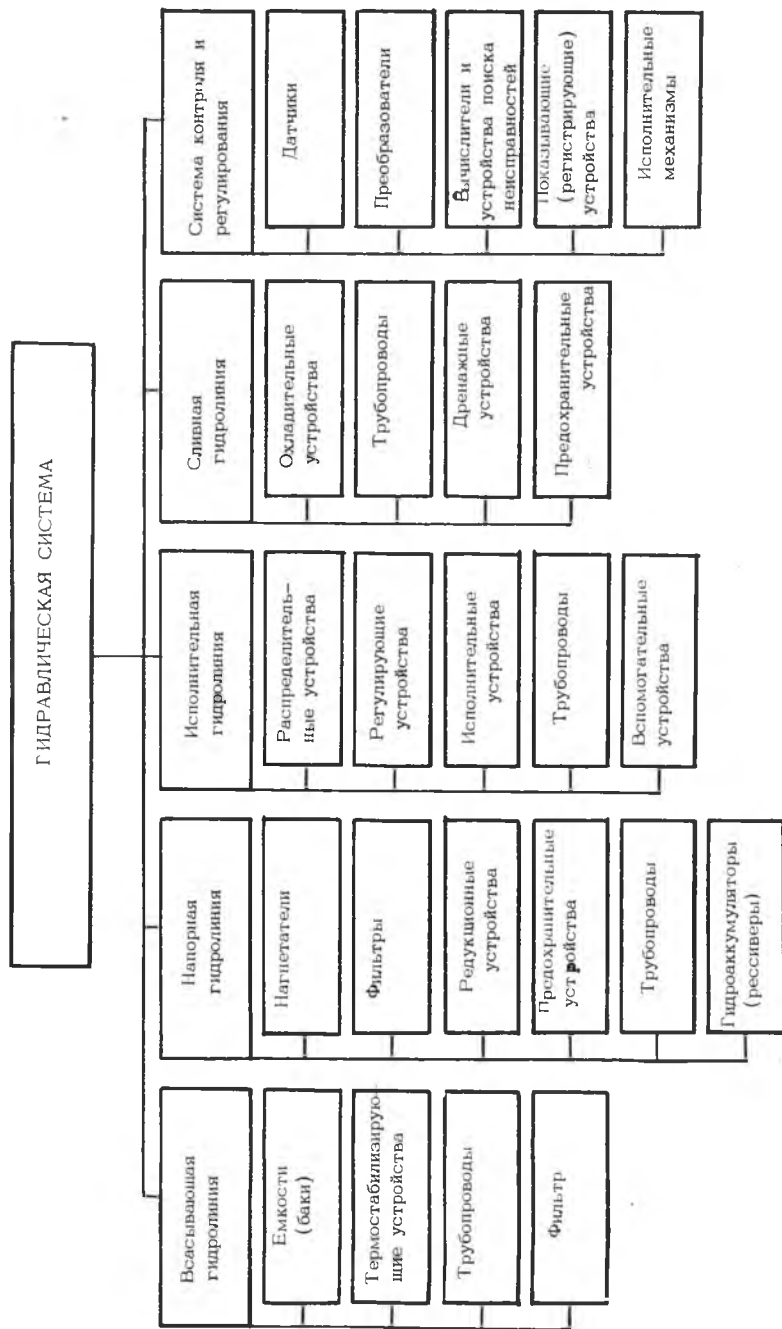


Рис. 1. Типовая структурная схема

Под гидролинией будем понимать часть гидросистемы, объединенной признаком назначения и величиной давления и включающей в свой состав совокупность трубопроводов, агрегатов и устройств, соединенных в определенном порядке и предназначенных для прохождения 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 системы можно назвать интегрированными гидропневмоэлектронными системами.

Всасывающая гидролиния предназначена для формирования потока рабочей жидкости с заданными физическими параметрами и подачи её в нагнетатель и представляет собой часть гидросистемы от емкости 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 и представляет собой часть гидросистемы от источника энергии (нагнетателя) (включительно) 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 и представляет собой часть гидросистемы от распределительных устройств (включительно) до исполнительных агрегатов (включительно, 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 выхода её из исполнительных агрегатов и доставки её в емкости для хранения рабочей жидкости или отвода её в определенные места и представляет собой часть гидросистемы от исполнительных агрегатов до емкости 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 состояниях 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 объединяться или исключаться. В частности, всасывающая гидролиния для погружных гидронасосов или вытеснительных систем подачи рабочей жидкости выражается и практически интегрируется с напорной гидролинией. У тупиковых гидромагистралей отсутствует сливная гидролиния и т.д.. Напорная гидролиния может объединиться с исполнительной. От одной напорной линии может питаться несколько исполнительных или работа исполнительной линии может обеспечиваться двумя или более напорными линиями. При всем многообразии гидравлические системы любой степени сложности

комплексироваться из набора гидролиний, приведенных в структурной схеме, число которых может измениться 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 и назначение отдельных агрегатов, входящих в состав гидролиний.

3. 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, изложенном в предыдущем параграфе.

ВСАСЫВАЮЩАЯ ГИДРОЛИНИЯ, включающая емкость 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 магистралях выбирается $0,5 \dots 1,5$ м/с, причем 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 $2 \dots 3$ м/с.

Очень часто трубопроводы исключаются, а нагнетатель (насос) устанавливается на баке. Чтобы повысить давление жидкости на выходе 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 емкости, из которых в процессе работы гидросистемы происходит подача гидрожидкости. В качестве примера таких гидробаков служат баки топливных систем летательных аппаратов и самолетов.

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

В отдельных случаях в циркуляционных гидросистемах с целью уменьшения их массы и габаритов объем бака делают меньшим, чем объем рабочей жидкости, а при заполнении гидросистемы производят её прокачку, чтобы вместить объем рабочей жидкости.

Кроме этого баки выполняют функции расширительных емкостей, которые компенсируют увеличение объема жидкости при её нагреве.

Конструкция баков должна обеспечивать отстой жидкости (твердые 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 наддува 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 ГИДРОЛИНИЯ содержит нагнетательное устройство, гидроагрегаты и устройства, обеспечивающие нормальное функционирование гидролинии.

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 путем увеличения геометрического напора Z , путем создания пьезометрического напора (напора давления) $\frac{P}{\rho}$ и путем превращения скоростного напора $\frac{v^2}{2g}$ в другие виды напоров.

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

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

Третий метод - создание напора путем 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 самолетов 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 наддув баков и насосную подачу.

Напорная гидролиния, как правило, снабжается фильтрами, которые производят очистку гидравлической жидкости от твердых 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 зазор 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 редукционные и предохранительные устройства. Если предохранительные устройства функционально выполняют роль защиты гидролиний от повышенного давления сверх заданного путем периодического или неоднократного стока жидкости в сливную гидролинию, то редукционные устройства обеспечивают автоматическое поддержание постоянного значения давления в гидролинии.

Функции редукционного и предохранительного клапанов могут быть совмещены в одном агрегате. Очень часто редукционные клапаны в напорных гидролиниях отсутствуют, а устанавливаются в исполнительных гидролиниях.

В напорные гидролинии могут включать гидроаккумуляторы, которые выполняют ряд функций, а именно:

- гасителей пульсаций, возникающих в системе при работе насосов;
- резервуаров, в которые отводится часть рабочей жидкости при уменьшении расхода в исполнительных гидролиниях 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 путем 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 самолетов и других транспортных машин. Гидроаккумуляторы применяются также в том случае, когда какой-либо участок гидролинии или агрегат нужно выдержать длительное время под давлением при отсутствии в нем расхода жидкости.

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

ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ГИДРОЛИНИЯ 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 влечет 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 (программы) последовательности 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 - путем поворота пробки крана и в третьем - путем 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 путем периодического и однократного отвода рабочей жидкости в бак (сливную гидролинию). Переливные клапаны, являющиеся разновидностью предохранительных, поддерживают в системе заданное давление путем непрерывного стравливания жидкости в сливную гидролинию.

В тех случаях, когда рабочее давление исполнительной гидролинии существенно меньше давления в напорной гидролинии, применяются редукционные 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 $(2...3) \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$.

В отдельных случаях для регулирования давления в исполнительной гидролинии применяются редукционно-предохранительные клапаны, в которых совмещены функции предохранительного и редукционного 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 счет деформации потоков и вихреобразования в каналах малой длины.

Другими устройствами, обеспечивающими постоянство расхода жидкости в исполнительной гидролинии, а точнее на исполнитель-

ном 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 гидролинии 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 сильфонами).

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° .

В качестве гидромоторов вращательного движения могут использоваться лопастные машины (турбины) или объемные машины по конструктивному исполнению идентичные объемным гидронасосам, например, гидромоторы плунжерного, шиберного, 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

объемные исполнительные механизмы возвратно-поступательного прямолинейного или вращательного движения, объединенные между собой жесткой 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, разъемные муфты, гидравлические объемные 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 запираания рабочей жидкости в полостях гидродвигателей с целью фиксации его в заданных положениях.

Различные муфты служат для автоматического перекрывания проходных сечений гидролинии при расстыковки трубопроводов и уста

навливаются в гидролиниях, подвергающихся частому демонтажу.

Гидравлические объемные преобразователи служат для изменения величины давления или расхода на отдельных участках гидролинии. Гидравлические преобразователи могут быть разделены на два типа: прямодействующие преобразователи и вращательные преобразователи. Первый тип преобразователей представляет собой два гидроцилиндра разных диаметров, поршни которых жестко связаны между собой.

Вращательные преобразователи состоят из гидромотора и гидронасоса с различными рабочими объемами, жестко связанными рабочими валами.

Трубопроводы исполнительных гидролиний имеют аналогичные характеристики, как и трубопроводы напорных гидролиний, и проектируются аналогичным образом.

СЛИВНАЯ ГИДРОЛИНИЯ является участком Гидросистемы, обеспечивающим сбор рабочей жидкости после исполнительных устройств и доставляющим ее в емкость для хранения. Сливная гидролиния работает при давлениях значительно меньших, чем напорная и исполнительная гидролинии, но больших, чем во всасывающей гидролинии. Такое превышение давления над давлением в емкости для хранения рабочей жидкости и обеспечивает ее движение в сливной гидролинии. По конструктивному исполнению сливная гидролиния имеет минимальное количество агрегатов, обеспечивающих ее функционирование.

Часто в сливных гидролиниях устанавливаются охладительные устройства, осуществляющие отвод тепла, выделенного в процессе работы гидросистемы. Использование охладительных 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 воздушно-жидкостные, жид-

костно-жидкостные и воздухо-воздушные радиаторы, в которых рабочая жидкость и хладоноситель разделены развитой по площади металлической поверхностью. Конструктивно охладительные устройства могут быть совмещены с емкостью для хранения рабочей жидкости, что уменьшает размеры и массу гидравлической системы в целом.

Дренажные устройства представляют собой различные по конструкции 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 $2,5 \text{ м/с}$, однако при использовании маловязких жидкостей и положительных температурах окружающей среды её увеличивают до $5 \dots 10 \text{ м/с}$.

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.

ОСНОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ И 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 счет добавления дополнительных значков, несущих определенную информацию, т.е. наращивание группового признака.

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").

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.

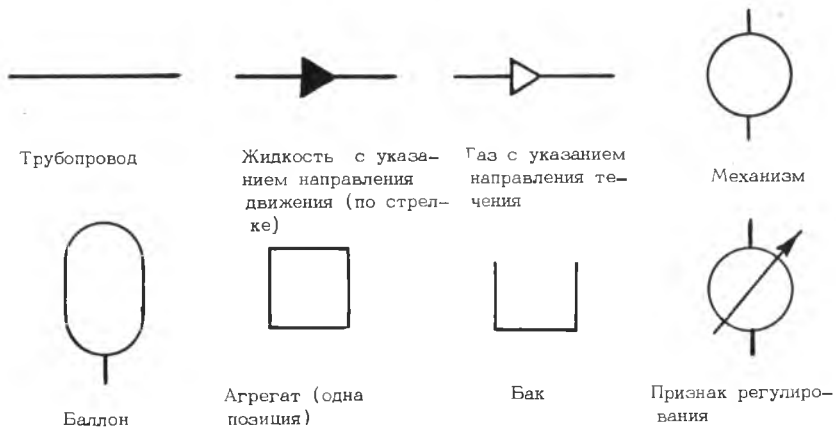


Рис. 2. Изображение общих функциональных признаков

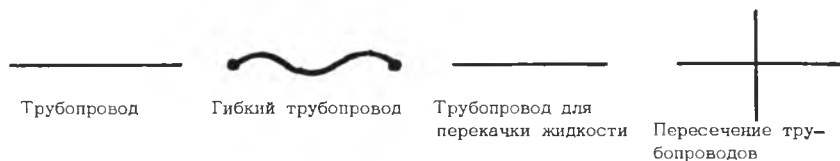


Рис. 3. Изображение трубопроводов (групповой признак "Трубопровод")

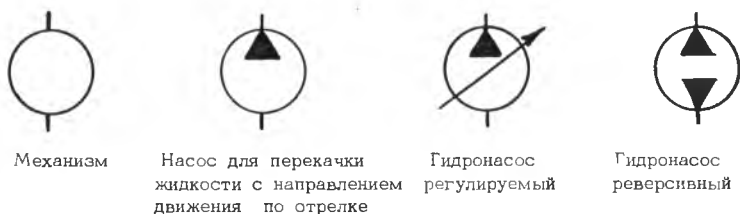


Рис. 4. Изображение насосов (групповой признак "Механизм")

Кроме знания отдельных графических обозначений, которые говорят только о тех или иных агрегатах, существует еще 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. Приведем 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 дает 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 чертежные обозначения функциональных частей с указанием их количества в гидравлической схеме, касающихся объема технической документации, как, например, наличия технических условий, эксплуатационных документов, программ и методов испытаний и некоторых других.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА 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 самолетов 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 буквенноцифровым кодом, буквенная часть которого представляет собой сокращенное 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 буквенноцифровой код. Перечень элементов помещается на поле схемы и оформляется в виде таблицы.


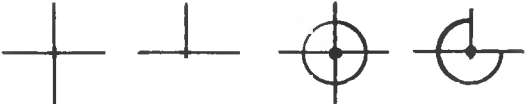



С целью упрощения выполнения схем, а также в тех случаях, когда гидравлическая принципиальная схема выполняется в виде набора отдельных гидравлических схем, трубопроводы и линии не изображают в полном объеме, а используют так называемый адресный принцип обозначения. Параметры потоков в линиях связи записывают 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 указанием их количества.








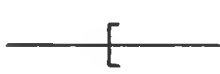











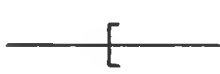











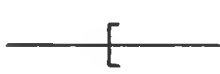



















Изображения последовательно соединенных элементов также упрощаются путем изображения только первого и последнего элементов и указанием их количества. Для упрощения изображения гидравлических несвязанных линий связи (трубопроводов) удаленных друг от друга элементов их изображают одной линией, но при подходе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

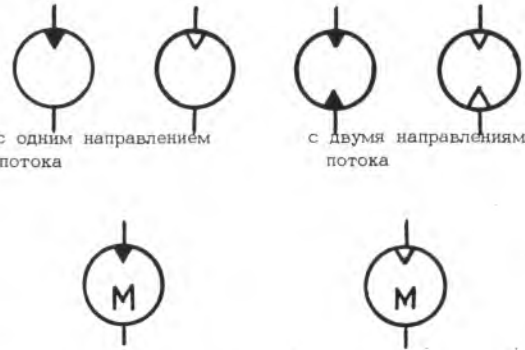
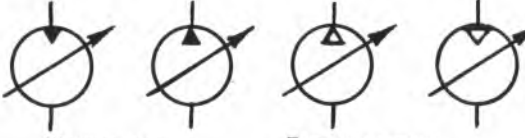

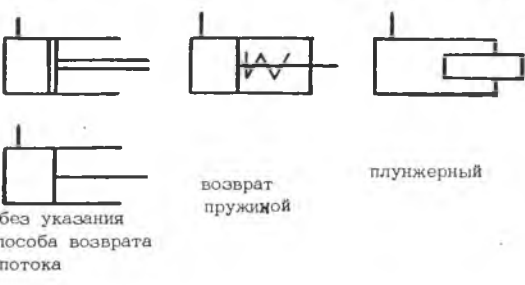
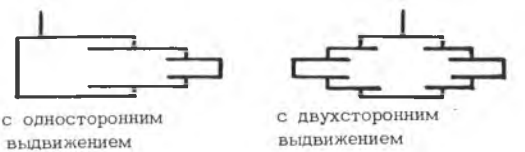
В сливных гидролиниях допускается изображать бак повторно около каждого соответствующего элемента.



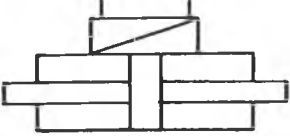
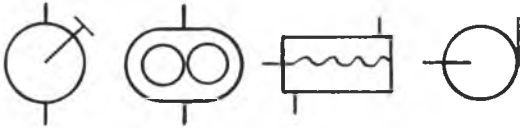


Более подробно правила выполнения гидравлических схем приведены в ГОСТ 2.704-76.





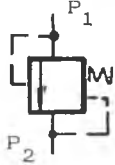
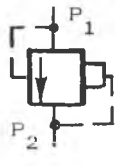
ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ


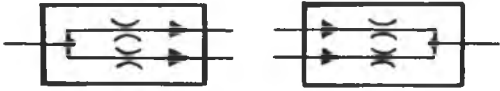
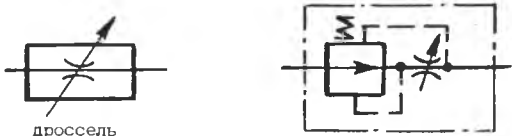


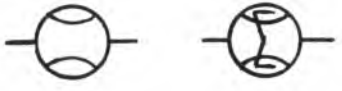
№ п. п.	Наименование	Обозначение
<p>1. Элементы трубопроводов (ГОСТ 2.784-70)</p>		
1. 1.	Трубопроводы, линии связи	 <p>всасывающая, напорная, сливная управления отвода утечек, выпуска воздуха, отвод конденсата</p>
1. 2.	Соединения трубопроводов, линий связи	 <p>общее обозначение с неиспользованной возможностью 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>




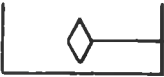

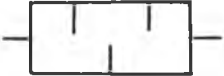

№ п. п.	Наименование	Обозначение																			
1. 6.	Подвод под давлением	 жидкости	 воздуха																		
1. 7.	Гибкий трубопровод																				
1. 8.	Соединение трубопроводов	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="177 598 422 664">а) общее обозначение</td> <td data-bbox="467 598 695 627">  </td> <td data-bbox="743 598 888 627">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="177 672 422 724">б) фланцевое</td> <td data-bbox="467 672 695 716">  </td> <td data-bbox="743 672 888 716">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="177 731 422 813">в) штуцерное, резьбовое</td> <td data-bbox="467 731 695 805">  </td> <td data-bbox="743 731 888 805">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="177 820 422 902">г) муфтовое резьбовое</td> <td data-bbox="467 820 695 865">  </td> <td data-bbox="743 820 888 865">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="177 909 422 976">д) муфтовое эластичное</td> <td data-bbox="467 909 695 954">  </td> <td data-bbox="743 909 888 954">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="177 983 422 1050">е) шарнирное</td> <td data-bbox="467 983 695 1043">  </td> <td data-bbox="743 909 888 954">  </td> </tr> </table> <p data-bbox="458 1058 964 1080">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																					
2. Насосы и двигатели (ГОСТ 2. 782-68)																					
2. 1.	Насос или компрессор постоянной производительности	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="451 1265 539 1411">  </td> <td data-bbox="588 1265 676 1411">  </td> <td data-bbox="730 1265 818 1411">  </td> <td data-bbox="872 1265 960 1411">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="451 1414 676 1458">с одним направлением потока</td> <td colspan="2" data-bbox="730 1414 960 1458">с двумя направлениями потока</td> </tr> </table>						с одним направлением потока		с двумя направлениями потока											
																					
с одним направлением потока		с двумя направлениями потока																			



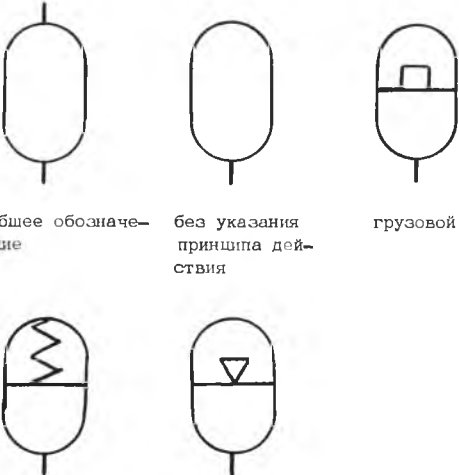
№ п/п	Наименование	Обозначение
2. 2.	<p>Гидромотор или пневмомотор нерегулируемый</p> <p>Общее обозначение</p>	 <p>с одним направлением потока</p> <p>с двумя направлениями потока</p> <p>М</p> <p>М</p>
2. 3.	Регулируемые насосы и двигатели	 <p>Жидкостные</p> <p>Пневматические</p>
2. 4.	Насос-моторы	 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

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

№ п. п.	Наименование	Обозначение
3.2.	Распределители	 <p style="text-align: center;">одноходовой двухходовой шестиходовой</p>
3.3.	Распределители с управлением	 <p style="text-align: center;">от кулачка от ручки с от электромаг- от давле- с пружинным фиксатором нита ния возвратом</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 подводом давления</p>
3.6.	Клапан дифференциальный	
3.7.	Клапан пропорциональный	

№ п. п.	Наименование	Обозначение
3. 8.	Клапан редукционный	 <p>давление на выходе за- висит от усилия пружины</p> <p>давление на выходе зави- сит от давления P_3</p>
3. 9.	Разветвители	 <p>делители</p> <p>сумматоры</p>
3. 10.	Регуляторы потока	 <p>дрессель</p> <p>дрессель с регулятором давления</p>
3. 11.	Клапан обратный	 <p>гидрозамок</p>
3. 12.	Манометры	 <p>общее обозначение</p> <p>контактный</p> <p>дифференциаль- ный</p>
3. 13.	Измерители расхода	 <p>общее обозначение</p> <p>интегрирующий</p>

№ п. п.	Наименование	Обозначение
3. 14.	Термометр	 <p data-bbox="484 269 850 288">общее обозначение контактный</p>
3. 15.	Измеритель крутящего момента	
3. 16.	Измеритель частоты вращения (тахометр)	
3. 17.	Указатель уровня жидкости	
4. Элементы сетей (ГОСТ 2. 780-68)		
4. 1.	Гидробак	 <p data-bbox="422 1029 954 1075">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="443 247 560 288">выше уровня жидкости</p> <p data-bbox="625 247 742 288">ниже уровня жидкости</p> <p data-bbox="822 247 950 288">для слива из бака</p>
4. 5.	Мембрана	
4. 6.	Аккумулятор гидравлический (рессивер)	 <p data-bbox="456 780 619 821">общее обозначение</p> <p data-bbox="643 780 785 843">без указания принципа действия</p> <p data-bbox="843 780 930 802">грузовой</p> <p data-bbox="449 1064 550 1087">пружинный</p> <p data-bbox="591 1064 809 1087">пневмогидравлический</p>

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Башта Т.М. "Гидравлические приводы летательных аппаратов. М., "Машиностроение", 1967.
2. Башта Т.М. и др. Объемные 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 гидропневматоматика. 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., Машгиз, 1963.
7. ГОСТ 2.704-76. Правила выполнения гидравлических и пневматических систем.
8. ГОСТ 2.780-68. Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических схем.
9. ГОСТ 2.781-68. Обозначения условные графические. Аппаратура распределительная и регулирующая гидравлическая и пневматическая.
10. ГОСТ 2.782-68. Обозначения условные графические. Насосы и двигатели гидравлические и пневматические.
11. ГОСТ 2.784-70. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов.
12. ГОСТ 2.788-74. Обозначения условные графические. Аппараты выпарные.
13. ГОСТ 2.789-74. Обозначения условные графические. Аппараты теплообменные.
14. ГОСТ 2.790-74. Обозначения условные графические. Аппараты колонковые.
15. ГОСТ 2.791-74. Обозначения условные графические. Отстойники и фильтры.
16. ГОСТ 2.792-74. Обозначения условные графические. Аппараты сушильные.

Содержание

1. Введение	3
2. Типовая структурная схема гидравлической системы	4
3. Основные требования к гидролиниям	8
4. Основные графические изображения элементов гидравлических систем и правила выполнения схем	19
5. Приложение. Обозначения условные графические в схемах.	25