

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт кораблестроения и морского транспорта
Кафедра энергоустановок морских судов и сооружений

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СУДОВОГО ГИДРОПРИВОДА

Методические указания
к выполнению практического занятия

Севастополь
СевГУ
2016

УДК 629.5.064.3(076)
ББК 39.459я73
0-95

Рецензент:

А. Р. Аблаев - доцент каф. ЭМСС, к.т.н.

Составители: В. А. Очеретяный, О. Г. Лепеха

О-95 Элементная база судового гидропривода: метод. указания к выполнению практич. занятия / Сост. В. А. Очеретяный, О. Г. Лепеха. – Севастополь: СевГУ, 2016. – 28 с.: ил.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при знакомстве с объемным гидроприводом, широко применяемым на судах при изучении дисциплины «Судовые вспомогательные механизмы, системы и устройства» Модуль 2.

Рассматривается структура типового судового гидропривода. Представлены сравнительные характеристики основных элементов гидропривода: насосов, гидродвигателей, управляющей арматуры.

Большое внимание уделено изучению и чтению гидравлических схем.

Указания предназначены для студентов очной и заочной форм обучения Севастопольского государственного университета, института кораблестроения и морского транспорта, направления подготовки 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Выполнение практического занятия направлено на изучение следующих профессионально-специализированных компетенций (Конвенция ПДНВ):

ПСКу-20 – Проектные характеристики и системная конфигурация аппаратуры автоматического контроля и предохранительных устройств для следующего: Характеристики оборудования гидравлического и пневматического управления.

УДК 629.5.064.3(076)
ББК 39.459я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры энергоустановок морских судов и сооружений Института кораблестроения и морского транспорта Севастопольского госуниверситета в качестве методических указаний к выполнению практического занятия для студентов направления 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок. Протокол заседания кафедры № 1 от 27.08.2015 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цель практического занятия	3
2. Структура судового гидропривода	3
3. Характеристика насосов и гидродвигателей	4
4. Гидроаппаратура	17
6. Вспомогательные устройства	23
7. Принципиальные гидравлические схемы судового гидропривода	24
8. Вопросы к практическому занятию	27
9. Содержание отчета	27
Литература	28

1. ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

Цель практического занятия – ознакомление со структурой судового гидропривода, приобретение знаний и навыков по выбору и назначению элементов судового гидропривода.

2. СТРУКТУРА СУДОВОГО ГИДРОПРИВОДА

Для обеспечения работы механизмов судовых устройств применяются электрические, гидравлические и дизельные приводы. Наибольшее распространение на современных судах получили первые два вида приводов. Рассмотрим особенности конструкции основных элементов и принцип работы гидропривода, распространенного на современных судах. В состав гидропривода входят следующие элементы: гидropередача, гидроаппаратура и вспомогательные устройства.

Гидropередача состоит из насоса, гидродвигателя и соединяющих их трубопроводов (гидролиний). Насос преобразует энергию приводного двигателя в гидравлическую энергию потока жидкости, передаваемую по трубопроводам к гидродвигателю, а последний преобразует ее в механическую энергию поступательного или вращательного движения.

Гидроаппаратура служит для управления гидроприводом и состоит из гидрораспределителей, позволяющих изменять направление потока рабочей жидкости, и специальной арматуры, предназначенной для регулирования давления, скорости и объема потока жидкости.

Вспомогательные устройства: гидробаки, фильтры, теплообменники и пневмогидроаккумуляторы.

Наиболее распространен электроприводной гидропривод.

К преимуществам гидроприводов относятся: плавное (бесступенчатое) регулирование скорости в широком диапазоне; хорошая приемистость при пуске, разгоне, реверсе и остановке, способность развивать большое переменное усилие и моменты; надежная защита от перегрузок; возможность применения дистанционного управления и автоматизации; малая удельная масса. Недостатком гидропривода является несколько меньший, чем у электропривода, КПД, который еще сильнее уменьшается в процессе регулирования и при износе узлов и деталей из-за возрастания утечек жидкости.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА НАСОСОВ И ГИДРОДВИГАТЕЛЕЙ

В гидроприводе используются объемные роторные насосы и следующие разновидности гидродвигателей: гидроцилиндры одностороннего и двустороннего действия, сообщающие выходному звену поступательное движение; поворотные гидродвигатели пластинчатого или винтового типов, сообщающие выходному валу вращательное движение с углом поворота менее 360° , гидромоторы, сообщающие выходному валу вращательное движение.

В качестве насосов судового гидропривода широко применяются и аксиально-поршневые, шестеренные, пластинчатые, рассмотренные ранее. Аксиально-поршневые насосы являются обратимыми машинами, т.е. могут работать в режиме гидромотора.

В качестве гидромоторов применяются аксиально-поршневые, радиально-поршневые, героторные (орбитальные) и пластинчатые (лопастные).

Аксиально-поршневые машины (насосы-гидромоторы) делятся на две группы отличающиеся по связи цилиндрического блока и выходного механизма:

1) машины с наклонным диском, у которых ось приводного ведущего вала и ось вращения ротора составляет одну линию (рис. 1);

2) машины с наклонным цилиндрическим блоком или наклонной люлькой, у которых оси приводного звена и блока цилиндров расположены под углом одна к другой (рис. 2).

Первая группа предпочтительнее при высоких давлениях, вторая - при высокой частоте вращения.

Насос с наклонным диском состоит из цилиндрического блока 3 и приводного механизма, состоящего из вала 6 и упорного наклонного диска (шайбы) 5, упирающегося на неподвижный упорный подшипник и выполняющего роль кривошипа. Поршни (плунжеры) 4 блока непосредственно опираются на диск через сферические головки или опорные башмаки и не имеют с ним кинематической связи. При вращении ротора от жестко с ним связанного вала 6 диск также вращается в наклонной плос-

кости под действием сил трения, и поршни, нагруженные пружинами 2, совершают при этом возвратно-поступательное движение, при котором происходит процесс всасывания и нагнетания рабочей жидкости (РЖ) с помощью торцового распределительного устройства 1.

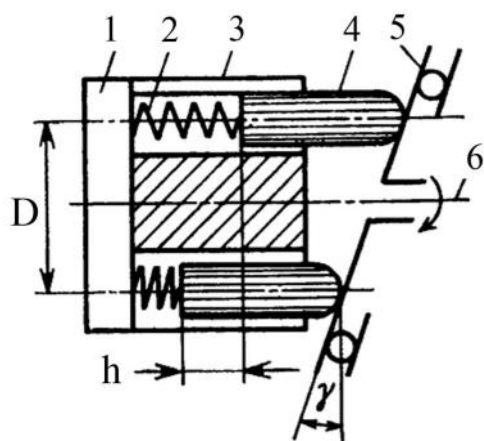


Рис. 1. Схема аксиально-поршневой гидромашины с наклонным диском:
1 – распределительное устройство;
2 – пружина; 3 – цилиндрический блок;
4 – поршень (плунжер); 5 – упорный наклонный диск (шайба); 6 – вал

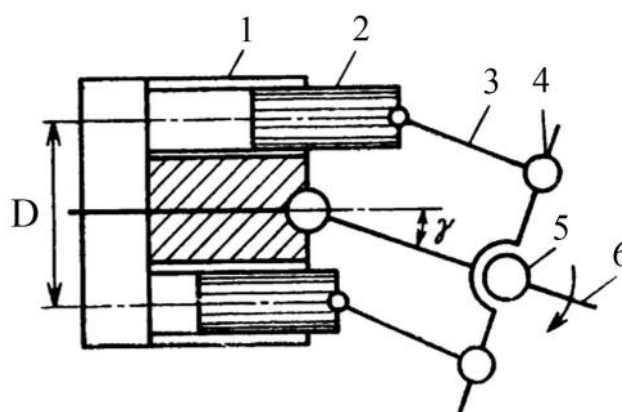


Рис. 2. Схема аксиально-поршневой гидромашины с силовым карданом:
1 – цилиндрический блок; 2 – поршни;
3 – шарнирный шатун; 4 – упорный диск;
5 – кардан; 6 – вал

Усилие вращения диска передается на блок цилиндров через поршни и далее на центральный вал 6. Основная часть момента приводного двигателя затрачивается на поворот блока через поршни, ввиду чего поршни воспринимают большую изгибающую нагрузку, что требует их повышенной прочности и приводит к образованию больших сил трения.

Угол γ наклона диска относительно оси цилиндрического блока определяет для номинального размера D блока величину хода h поршня и, значит, подачу насоса. От величины этого угла ($\sim 35^\circ$) зависит срок службы насоса. Если конструкция шарниров позволяет изменять угол наклона диска, то меняется ход поршней и значение подачи насоса. При изменении знака угла γ меняется направление подачи насоса. Благодаря малой массе наклонной шайбы процесс переключения и регулирования насоса с наклонным диском происходит быстро и требует небольших усилий.

Насосы (гидромоторы) с наклонным цилиндрическим блоком или с наклонной люлькой наиболее распространены. Силовая и кинематическая связи цилиндрического блока с приводным валом чаще реализуется с помощью кардана (шарнир с двумя степенями свободы). Применяются одинарные (асинхронные) и двойные (синхронные) карданы. Последний представляет собой последовательное соединение двух асинхронных карданов и обеспечивает равномерность вращения соединяемых элементов.

Применяют насосы такого типа: с силовым карданом, с несиловым карданом и бескарданные.

Насос с силовым карданом (см. рис. 2) имеет поршни 2 с шарнирными шатунами 3, головки которых заделаны на упорном диске 4. Упорный диск связан с ведущим валом 6 при помощи кардана 5 так, что обеспечивает вращение этих деталей вокруг различных осей, наклоненных под углом одна к другой. Осевое усилие давления жидкости на поршни передается наклонному диску и преобразуется в крутящий момент, который благодаря наличию кинематической связи упорного диска с шатунами через карданные шарниры передается на ротор. Поэтому основная часть подводимого от приводного двигателя момента затрачивается на поворот упорного диска через кардан, и такие насосы называют насосами с силовым карданом.

На рис. 3 представлена схема насоса с несиловым карданом.

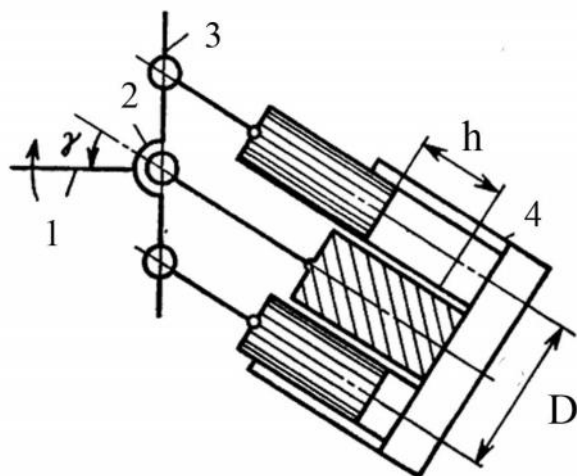


Рис. 3. Схема насоса с несиловым карданом:

1 – приводной вал; 2 – кардан;
3 – упорный диск; 4 – блок цилиндров

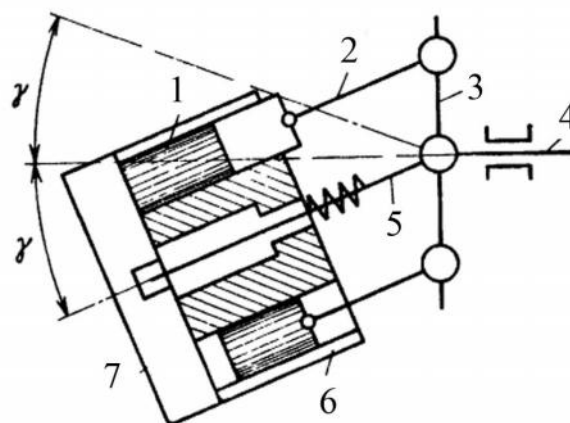


Рис. 4. Схема насоса бескарданного типа:

1 – поршень; 2 – шатун; 3 – наклонная
приводная шайба; 4 – шатуны; 5 – валик;
6 – цилиндрический блок;
7 – распределительная шайба

Насос с несиловым карданом (см. рис. 3) имеет упорный диск 3, выполненный как одно целое с приводным валом 1. В связи с этим крутящий момент, возникающий на упорном диске в результате действия поршней, снимается непосредственно валом, а через кардан 2 передается только момент, затрачиваемый на вращение блока цилиндров 4, равный моменту потерь от сил трения и инерции при замедлении и ускорении блока. Поэтому кардан оказывается разгруженным (не силовым) от рабочего момента. Также являются разгруженными от поперечных нагрузок поршни насоса.

Схема насоса бескарданного типа представлена на рис. 4. Связь цилиндрического блока 6 с наклонной приводной шайбой 3 и валом 4 осуществляется через шатуны 2 поршней 1. Блок цилиндров центрируют с помо-

щью специального валика 5, пружина на котором обеспечивает прижим блока к распределительному устройству 7. Вращение блока и крутящий момент, необходимый для преодоления сил трения, передаются от наклонной шайбы через шатуны контактирующими на определенных углах с внутренними расточками поршней, которые в этой схеме делаются удлиненными. Полезный момент на блок цилиндров не передается, а снимается непосредственно с наклонной шайбы через вал 3.

Применение бескарданного механизма позволило уменьшить размеры цилиндрического блока и улучшить динамические характеристики насоса при сохранении кинематики.

Вследствие практической неизбежности люфта в кинематической паре вал–блок цилиндров при работе этих насосов наблюдаются удары шатунов о поршни. Также на штоки и поршни при вращении ротора передаются большие нагрузки, что требует обеспечения высокой прочности штоков и поршней и высокого качества заделки штоков в поршне и приводном диске, а также применения гидростатической разгрузки сферических головок штоков.

Широко распространена схема бескарданного привода с зубчатой конической парой (рис. 5)

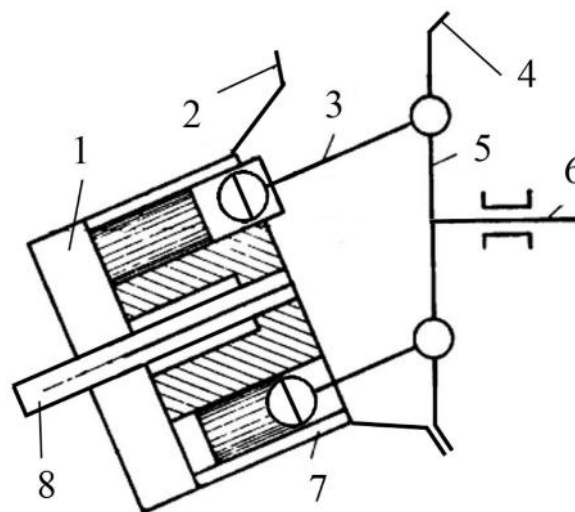


Рис. 5. Схема насоса бескарданного типа с зубчатой парой: 1 – распределительная шайба; 2, 4 – зубчатый венец; 3 – шатун-поршень; 5 – упорный диск; 6 – ведущий вал

Ведущий вал насоса 6 посредством высококомодульной зубчатой конической пары приводит во вращение блок цилиндров. Это разгружает шатуны от изгибающих нагрузок и снижает угол качания шатуна относительно цилиндра блока. Выполнение поверхности поршня в виде усеченного шара и установка уплотнительного кольца позволили объединить поршень и шатун в одной детали. Блок цилиндров установлен на оси 8. Такая конструкция позволяет повысить рабочее давление, увеличить угол между осью вала и осью блока до 50° .

Конструкция аксиально-поршневого насоса нерегулируемой подачи с наклонным диском представлена на рис. 6.

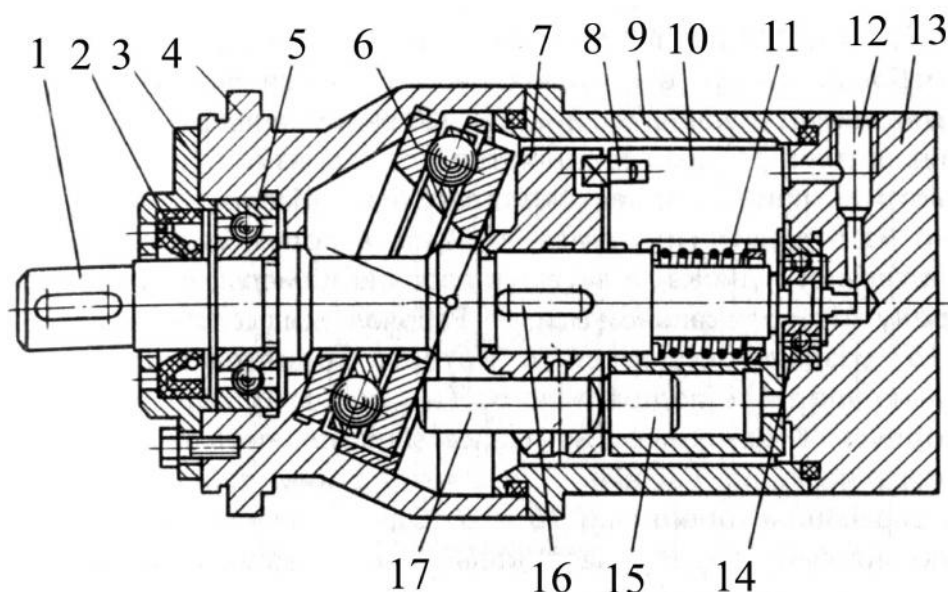


Рис. 6. Аксиально-поршневой насос с наклонным диском: 1 – вал;
2 – уплотнительная манжета; 3 – фланец; 4, 9 – корпус; 5, 6, 14 – подшипники;
7 – барабан; 8 – торцевая шпонка; 10 – ротор; 11 – пружина; 12 – дренажное
отверстие; 13 – опорно-распределительный диск; 15 – поршни; 16 – шпонка;
17 – толкатели

Гидродвигатель с наклонным диском состоит из следующих узлов и деталей (см. рис. 6): ротора 10 с поршнями 15; барабана 7 с толкателями 17; радиально-упорного подшипника 6; вала 1, опирающегося на подшипники 5 и 14; опорно-распределительного диска 13; корпусов 4 и 9; фланца 3 с уплотнением 2; пружины 11 и торцевой шпонки 8.

Для подвода и отвода масла предусмотрены два отверстия, расположенных в опорно-распределительном диске 13, причем каждое отверстие связано с соответствующим полукольцевым пазом, выполненным на рабочей поверхности диска. Утечки масла из корпуса двигателя отводятся через дренажное отверстие 12. Бронзовый ротор 10 имеет семь рабочих камер, в которых перемещаются поршни 15. На торце ротора, взаимодействующего с диском 13, выполнены отверстия, которые во время вращения ротора соединяются с одним из полукольцевых пазов. Рассмотрим принцип действия двигателя. Масло из напорной линии через одно из отверстий поступает сначала в полукольцевой паз опорно-распределительного диска, а затем в рабочие камеры, расположенные по одну сторону от вертикальной оси. Рабочая жидкость, воздействуя на поршни 15, создает осевую силу, которая толкателями 17 передается на радиально-упорный подшипник 6. Так как этот подшипник расположен в корпусе 4 наклонно, на толкателях возникают тангенциальные силы, поворачивающие барабан 7, а вместе с ним вал 1 и ротор 10, связанные с барабаном шпонками 16 и 8. Одновременно поршни, расположенные по другую сторону вертикальной оси, вдвигаются в ротор, вытесняя жид-

кость из соответствующих рабочих камер через полукольцевой паз в сливную линию. Ротор прижимается к поверхности опорно-распределительного диска пружиной 11 и воздействием давления масла. Поэтому с ростом давления эта сила возрастает.

На рис. 7 представлена конструкция аксиально-поршневой насос не-регулируемой подачи с наклонным блоком.

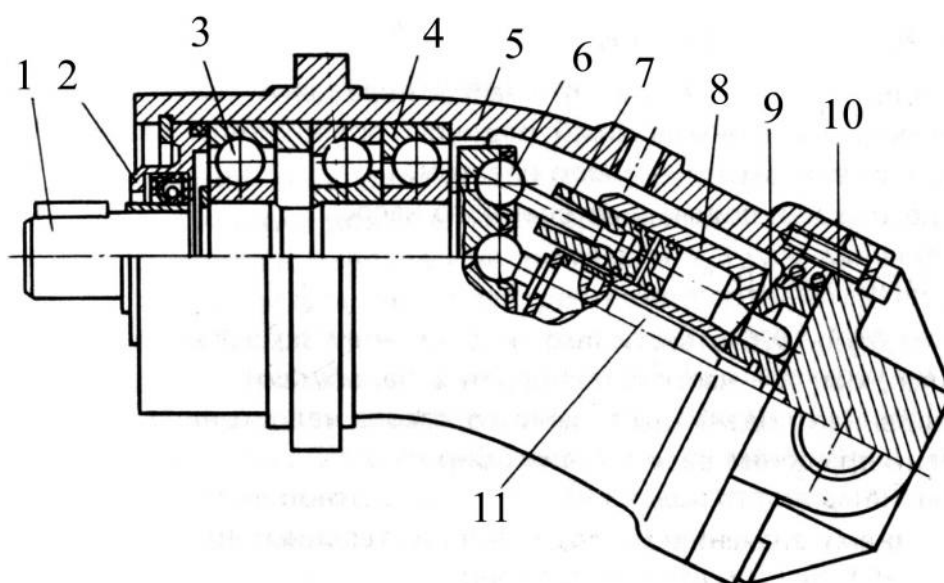


Рис. 7. Аксиально-поршневой насос (нерегулируемой подачи) с наклонным блоком: 1 – приводной вал; 2 – передняя крышка; 3, 4 – радиальные шариковые подшипники; 5 – корпус; 6 – шатун; 7 – поршень; 8 – блок цилиндров; 9 – сферический распределитель; 10 – крышка; 11 – центральный шип

Конструкция насоса представляет собой корпус, в котором неподвижно (в насосах постоянной подачи) или подвижно (в насосах переменной подачи) располагается качающий узел (см. рис. 7). Он состоит из корпуса 5 приводного вала 1, семи поршней 7 с шатунами 6, радиального 3 и сдвоенного радиально-упорного 4 подшипников, блока цилиндров 8, центрируемого сферическим распределителем 9 и центральным шипом 11. В передней крышке 2 установлено армированное манжетное уплотнение, опирающееся на термообработанную втулку, установленную на валу. В сферических гнездах вала 1 имеются семь шатунов 6, которые вместе с центральным шипом 11 прижаты к фланцу вала штампованной пластиной. На шипе 11 с помощью штифта крепится блок цилиндров 8.

К внутренней поверхности крышки 10 неподвижно примыкает распределитель 9, два дугообразных паза которого совмещены с такими же пазами этой крышки. Сферическая поверхность блока цилиндров 8 с помощью тарельчатых пружин прижата к сферической поверхности распределителя таким образом, что при вращении блока полости цилиндров в

определенной последовательности совмещаются с дугообразными пазами распределителя. Блок цилиндров установлен на шпине 11, сферический конец которого опирается на сферическую поверхность во фланце вала 7, а цилиндрический конец - на бронзовую втулку, запрессованную в центральной расточке распределителя 9.

В процессе работы насоса вал 7 вращается вместе с блоком 8. Шатуны, опираясь на конические юбки поршней, приводят блок цилиндров во вращение относительно неподвижного распределителя. Во время вращения вала поршни 7 с завальцованными в них сферическими головками шатунов совершают возвратно-поступательное движение в цилиндрах. Полость цилиндра сообщается с напорным каналом во время перемещения поршня вглубь цилиндра и с высасывающим каналом при обратном ходе.

Также широко применяются аксиально-поршневые регулируемые насосы (рис. 8).

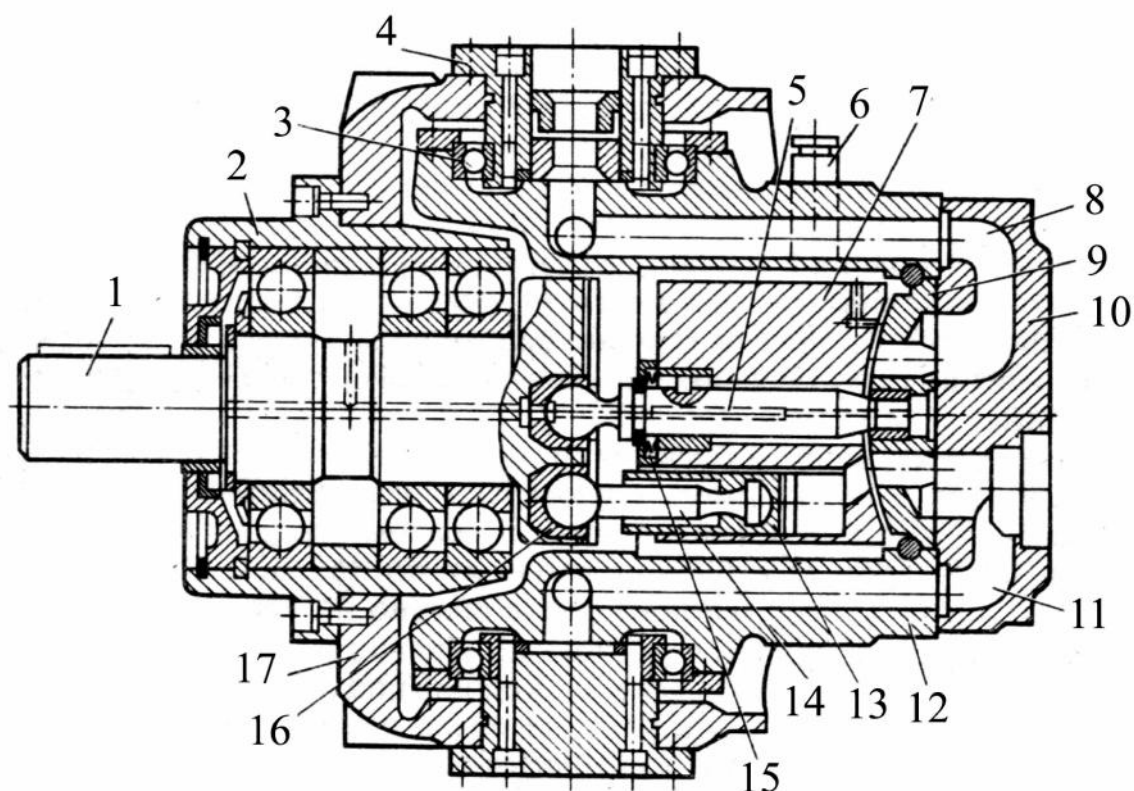


Рис. 8. Аксиально-поршневой насос регулируемой подачи: 1 – вал; 2 – корпус; 3 – подшипники; 4 – цапфы; 5 – ось; 6 – палец; 7 – блок цилиндров; 8, 11 – каналы; 9 – распределительный диск; 10 – крышка; 12 – люлька; 13 – поршень; 14 – шатун; 15 – пружина; 16 – вкладыш; 17 – корпус

Аксиально-поршневой насос (см. рис. 8) с наклонным блоком приводится валом 1, установленным на двух радиально-осевых и одном радиальном подшипниках, смонтированных в корпусе 2. В ведущем диске вала в бронзовых вкладышах 16 завальцованы сферические головки шату-

нов 14 и ось 5 блока цилиндров. Другие концы шатунов шарнирно соединяются с поршнями 13. Крутящий момент блоку цилиндров 7 передается шатунами 14 через удлиненные юбки поршней 13. Ось 5 центрирует блок цилиндров относительно сферического распределительного диска 9, фиксированного пружинным кольцом и штифтом. Блок 7 прижимается к распределительному диску 9 пружиной 15, а после начала подачи - давлением масла в цилиндрах. В зазор между блоком цилиндров и распределительным диском поступает масло, отводимое затем через каналы в блоке 7. Смазка к сферическим головкам шатунов 14, оси 5 и подшипникам вала 1 подводится через осевые каналы.

Люлька 12 совместно с блоком цилиндров 7 при воздействии управляющего усилия на палец 6 отклоняется на угол, соответствующий значению подачи, поворачиваясь на подшипниках 3 и цапфах 4, закрепленных в корпусе 17 насоса. Насос, показанный на рис. 4, предназначен для работы без подпора на всасывании и является нереверсивным. Поэтому канал 11 в крышке 10 люльки сообщается с полостью корпуса, которая выполняет функцию подводящей камеры, а канал 8 через канал цапфы 4 соединяется с нагнетательным трубопроводом. При наличии подпора на всасывании обе цапфы выполняются с каналами и насос работает как реверсивный.

Интересное конструктивное решение имеет регулируемый насос, представленный на рис. 9.

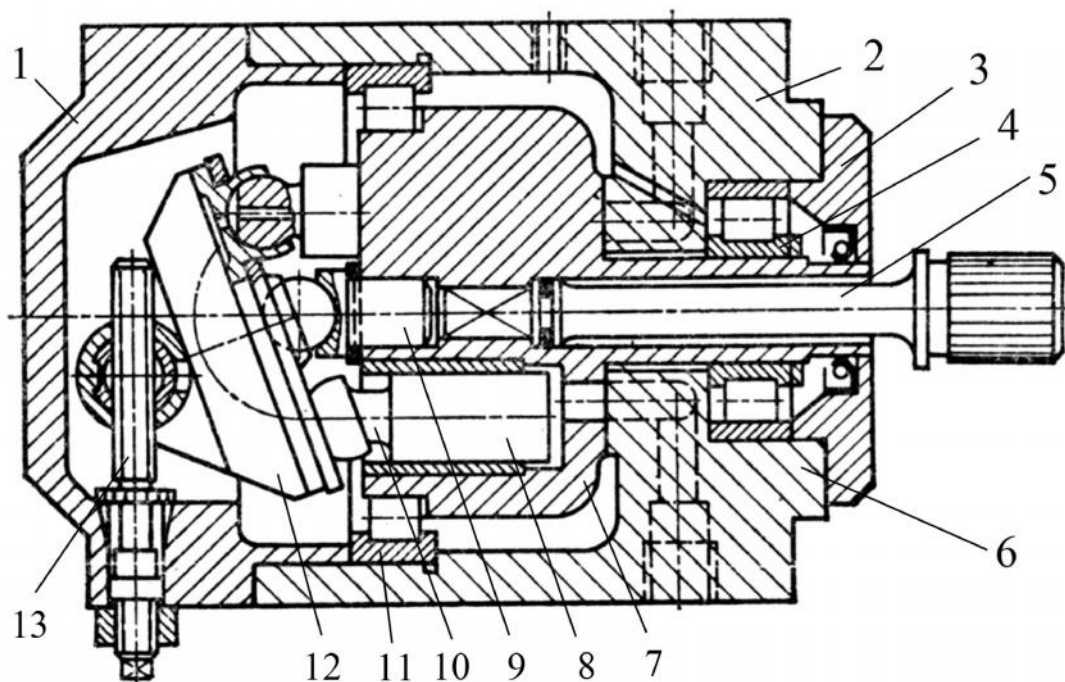


Рис. 9. Бескарданный регулируемый насос: 1 – крышка; 2, 6 – корпус; 3 – крышка; 4, 11 – подшипники; 5 – вал; 7 – блок цилиндров; 8 – поршень; 9 – центральный шип; 10 – шатун; 12 – наклонная шайба; 13 – винт регулировочный

Аксиально-поршневые машины являются низкомоментными; большие мощности в них получают увеличением частоты вращения (достигнуты 9000 мин^{-1}) и рабочим давлением (освоено производство аксиально-поршневых машин с рабочим давлением $35...45 \text{ МПа}$).

Наряду с высокооборотными низкомоментными аксиально-поршневыми машинами на морских судах применяются высокомоментные малооборотные радиально-поршневые машины однократного и многократного действия.

Применение высокомоментных низкооборотных гидромашин позволяет создать гидропривод без понижающей редукторной передачи, что снижает массогабаритные характеристики привода в целом.

Высокомоментные гидромоторы являются однорежимными машинами и пригодны для работы только в режиме гидродвигателя с малой частотой вращения ($0...250 \text{ мин}^{-1}$).

Момент на выходном валу гидромотора определяется:

- объемом рабочих камер гидромотора;
- увеличением числа рабочих ходов поршня за один оборот ротора;
- увеличением числа рабочих камер гидромотора.

Наиболее распространены следующие типы радиально-поршневых машин (РПГ):

– РПГ однократного действия с эксцентриковым механизмом и звездообразным расположением цилиндров (рис. 10, а; рис. 11), в которых распределение РЖ осевое золотниковое;

– РПГ многократного действия (рис. 10, б, в). Здесь используется многоходовая схема, при которой за один оборот ротора поршни в цилиндрах совершают несколько ходов (до 12 и более) и соответственно увеличивается рабочий объем машины. Это достигается применением специальных профильных направляющих статора (ротора), называемого копиром.

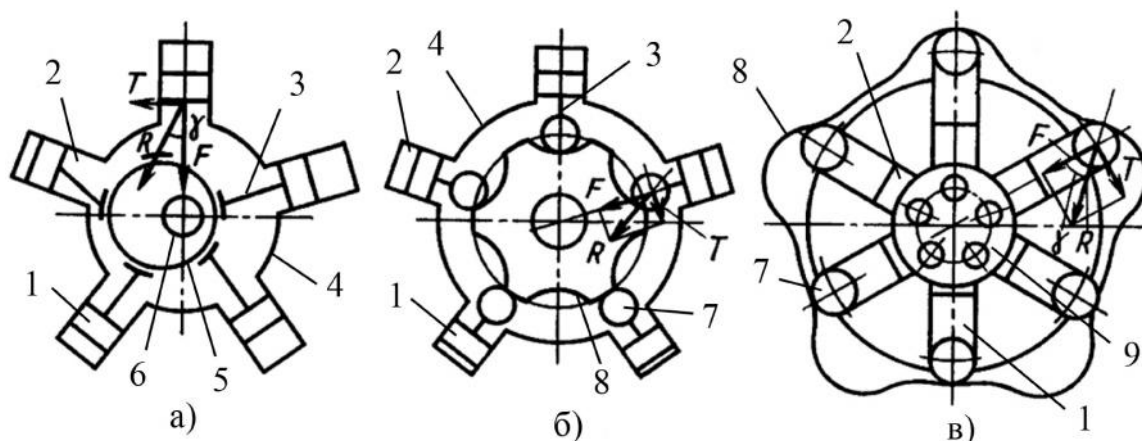


Рис. 10. Схемы высокомоментных гидромоторов: а - РПГ однократный; б - РПГ многократный с внутренним копиром; в - РПГ многократный с внешним копиром; 1 – поршень; 2 – цилиндр; 3 – шатун с опорным башмаком; 4 – корпус; 5 – эксцентрик; 6 – выходной вал; 7 – опорные ролики; 8 – копир; 9 – распределительный вал

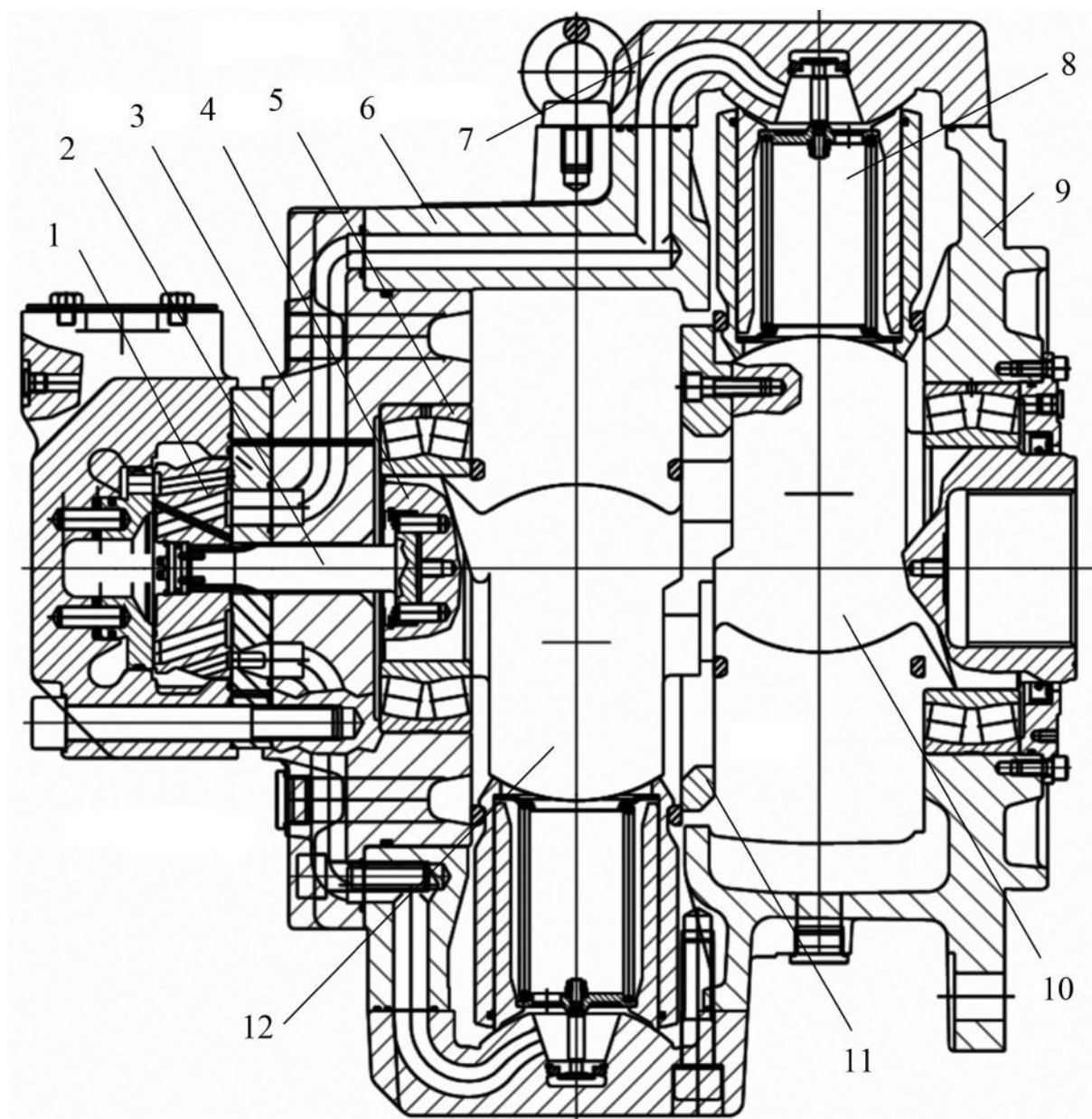


Рис. 11. Устройство РПГ однократного действия

Представленный на рис. 11 десятицилиндровый РПГ обладает объемом РЖ $\sim 7100 \text{ см}^3$; рабочим давлением 30 МПа; диапазоном рабочих частот $0,5 \dots 75 \text{ мин}^{-1}$; мощностью около 230 кВт и массой более 900 кг.

РЖ от торцового распределителя 1 попадает в цилиндропоршневые группы 8. Эксцентриковая часть вала 10 и 12 под давлением РЖ вращается с требуемым крутящим моментом. Мощный профилированный вал 4 с двумя эксцентриками, разделенными щекой 11, установлен на подшипниках 5. С одного конца вала приводится распределитель (посредством вала 2), с другой снимается потребный крутящий момент. Литой корпус 6 (7) содержит мощные опорные крышки 3 и 9.

Широко из гидравлических моторов применяются героторные (орбитальные) гидромоторы. На рис. 12 показана конструктивная схема такого гидромотора, обеспечивающего получение относительно высоких крутящих моментов при небольших своих габаритных размерах.

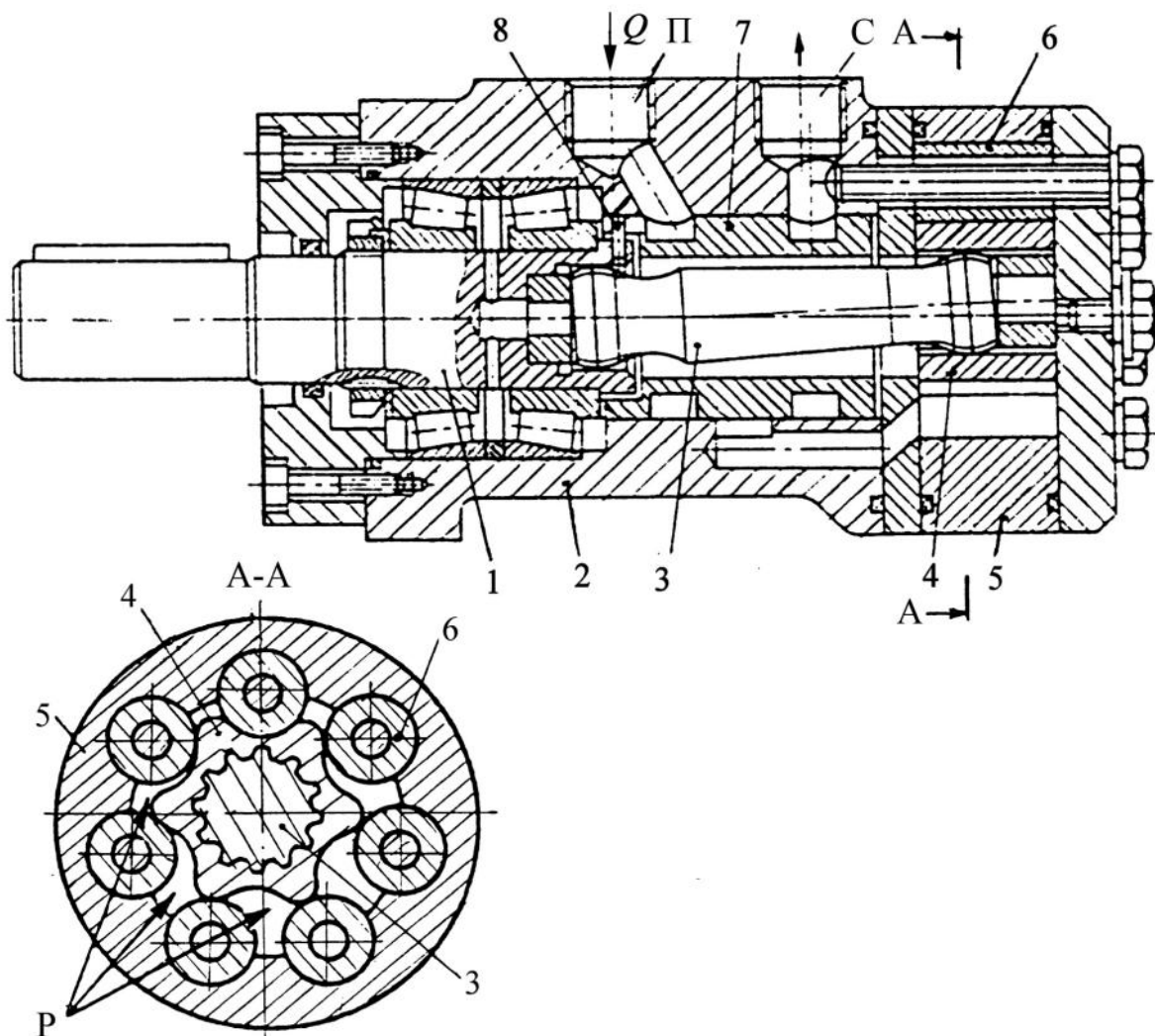


Рис. 12. Устройство орбитального гидромотора: 1 – выходной вал; 2 – корпус; 3 – промежуточный вал; 4 – ротор; 5 – обойма; 6 – ролик; 7 – распределительная втулка; 8 – штифт

Рабочая жидкость с расходом Q подается в гидромотор по каналу П в корпусе 2. Проходя специальные проточки распределительной втулки 7, она попадает в рабочие полости мотора Р. В них создается крутящий момент, приводящий во вращение зубчатый ротор 4, который начинает совершать планетарное движение, обкатываясь по роликам 6 обоймы 5. Обкатывание и, соответственно, вращение ротора 4 с помощью промежуточного (карданного) вала 3 передается выходному валу 1 гидромотора. Вместе с ним вращается и распределительная втулка 7, соединенная с валом 1 штифтом 8, благодаря чему осуществляется подвод жидкости в рабочие полости мотора, соответствующие положению ротора 4. Героторные гид-

ромоторы отличаются высокой энергоемкостью, возможностью работы при давлениях до 25 МПа. Рабочий объем таких машин достигает 500 см^3 , а развиваемый вращающий момент - до $1000 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Гидравлические цилиндры (гидроцилиндры) представляют собой гидравлические двигатели с возвратно-поступательным движением выходного звена, т.е. штока или плунжера. Скорость штока гидроцилиндра так же, как и его ход и передаваемое усилие, могут достигать значительных величин. Однако ход гидроцилиндров более для судовых кранов достигает 10 м.

На рис. 13 показаны основные конструктивные схемы гидроцилиндров.

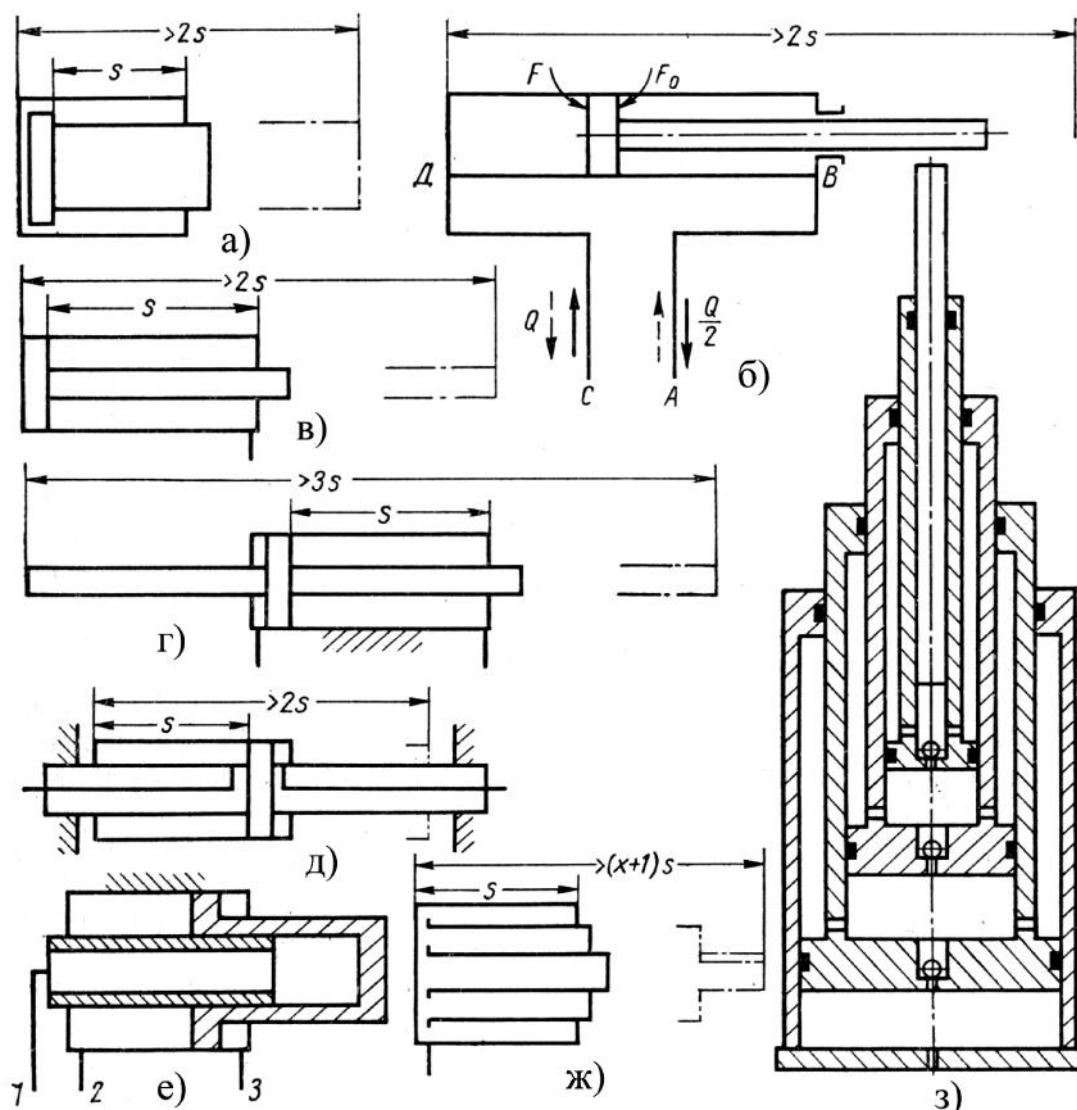


Рис. 13. Конструктивные схемы гидроцилиндров: а – простого действия с плунжером; б – к определению давления в полостях гидроцилиндра двойного действия; в – простого действия (рабочий ход на втягивание); г – двойного действия с проходным штоком; д – двойного действия с закрепленным поршнем; е – с различными скоростями прямого и обратного хода; 1 – штуцер насосной линии; 2 – штуцер бака; 3 – штуцер сливной линии; ж – телескопического гидроцилиндра с последовательным выходом ступеней; з – телескопического гидроцилиндра с одновременным выходом ступеней

На рис. 13, а показан гидроцилиндр простого действия с плунжером, который под действием давления подводимой в цилиндр жидкости перемещается на весь ход s , т.е. до тех пор, пока борт плунжера не дойдет до дна цилиндра (до упора). Обратный ход осуществляется либо под действием собственного веса плунжера, либо под действием внешней силы (гидродомкраты). Так как в этой конструкции имеется только одно уплотнение, то ее КПД оказывается достаточно высоким. К внутренней поверхности цилиндра требований высокой точности не предъявляется, поэтому рассматриваемый гидроцилиндр имеет сравнительно невысокую стоимость.

На рис. 13, б показан гидроцилиндр двойного действия, в котором под давлением жидкости находится или вся площадь поршня, или кольцевая.

Очевидно, что при одинаковом расходе жидкости в обе полости гидроцилиндра скорость штока будет различной: при поступлении жидкости в штоковую полость, т.е. при обратном ходе, скорость поршня больше, чем при прямом ходе в отношении, где f - площадь штока. Следовательно, при обратном ходе расход в линии слива будет больше расхода, поступающего в штоковую полость, и поэтому сечения трубопроводов, подключенных к нештоковой полости гидроцилиндра, должны быть больше сечений трубопроводов, подключенных к штоковой области. Если же сечения трубопроводов выбраны одинаковыми, то при обратном ходе будет иметь место повышение давления в точке А, следовательно, и во всей гидросистеме, которое может быть значительным.

На рис. 13, в показан гидроцилиндр со ступенчатым поршнем, что применяется в тех машинах, например в некоторых прессах, где требуется высокая скорость в обоих направлениях. Штуцер 1 присоединяется к насосной линии, штуцер 3 - к линии слива, штуцер 2 - к баку.

Благодаря небольшой рабочей площади поршень двигается вправо с большой скоростью. Одновременно большая цилиндрическая полость через штуцер 2 заполняется жидкостью из бака. При ходе прессования (тоже вправо) штуцера 1 и 2 подключаются к линии высокого давления, благодаря чему на поршне развивается большое усилие.

В тех случаях, когда мало места для размещения гидроцилиндра по сравнению с его ходом, применяют телескопический гидроцилиндр (рис. 13, г). Соответственно с нагрузкой движение поршней происходит последовательно, начиная с большего поршня. Скорость движения изменяется скачкообразно при переходе от одного поршня к другому.

На рис. 14 представлена конструкция одного из распространенных на судах поршневых гидроцилиндров.

Внутренний диаметр гидроцилиндра 80 мм. Расстояние между проушинами 600 мм; ход поршня 300 мм. Диаметр штока 40 мм; рабочее давление 16 МПа.

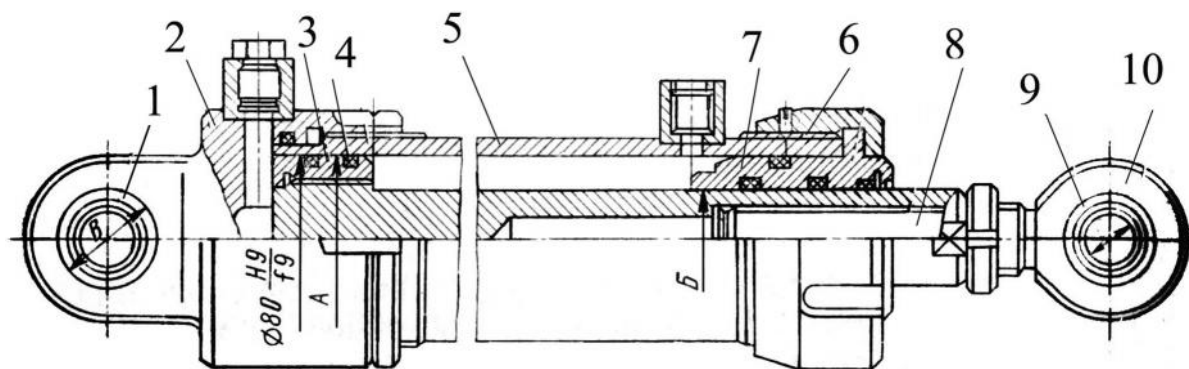


Рис. 14. Поршневой гидроцилиндр: 1 – втулка; 2 – крышка нижняя; 3 – поршень; 4 – кольцо резиновое; 5 – цилиндр; 6 – штуцер; 7 – крышка верхняя; 8 – шток; 9 – обойма; 10 – проушина

На рис. 15 представлена конструкция плунжерного гидроцилиндра с внутренним диаметром 220 мм, рабочим давлением 16 МПа и ходом плунжера 100 мм.

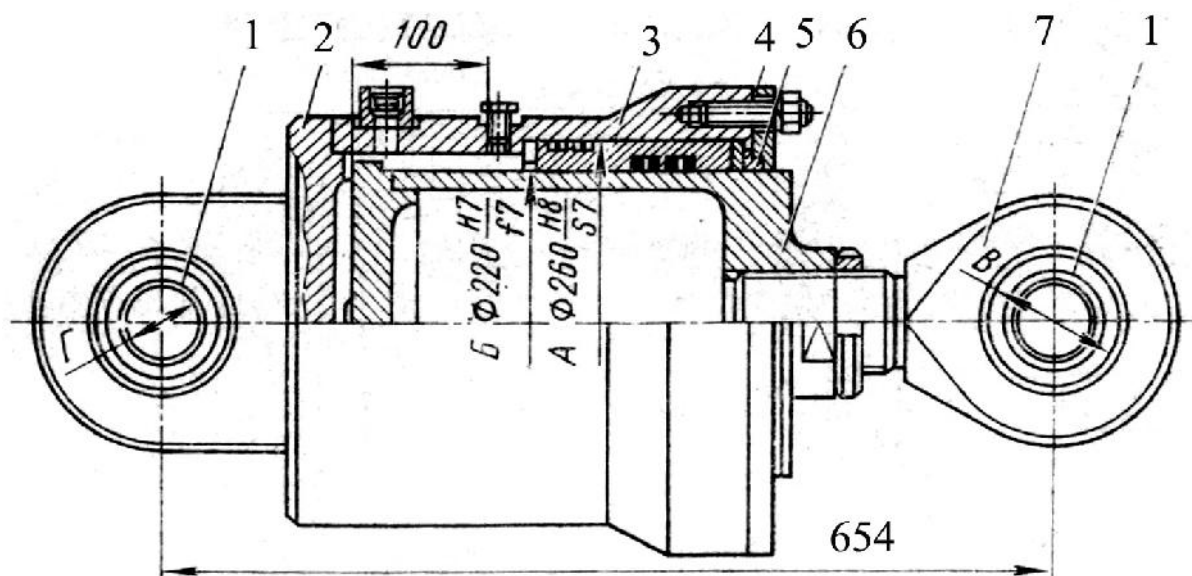


Рис. 15. Плунжерный гидроцилиндр: 1 – втулка; 2 – крышка; 3 – цилиндр; 4 – грязесъемник; 5 – сальник; 6 – плунжер; 7 – проушина

4. ГИДРОАППАРАТУРА

Гидроаппаратура предназначена для изменения или поддержания заданных параметров потока РЖ (давления, расхода, направления движения). Гидроаппараты подразделяются на гидравлические дроссели (гидродроссели), гидравлические клапаны (гидроклапаны) и гидравлические распределители (гидрораспределители).

На схемах гидроаппаратов их присоединительные отверстия обозначают буквами латинского алфавита:

Р – отверстие для подвода РЖ под давлением;

А и В – отверстия для присоединения к другим гидравлическим устройствам;

Т – отверстие для отвода РЖ в бак;

Х и Y – отверстия для потоков управления;

L – отверстие для дренажного отвода жидкости.

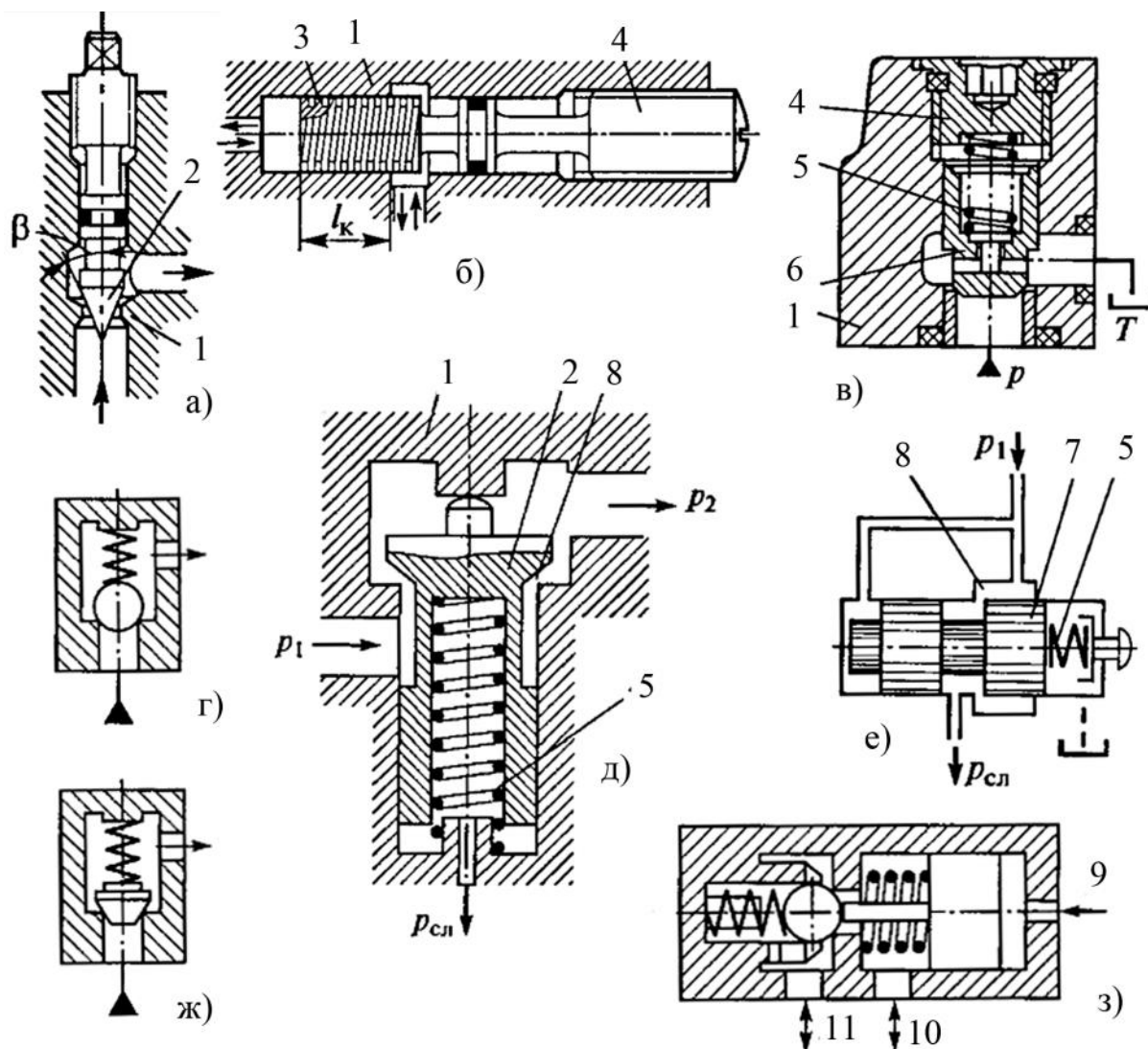


Рис. 16. Конструкция основных элементов гидроаппаратуры: 1 – корпус; 2, 6 – запорно-регулирующий элемент; 3 – плунжер; 4 – регулировочный винт; 5 – пружина; 7 – золотник; 8 – щель; 9 – гидролиния управления; 10, 11 – гидролинии подвода и отвода РЖ; а – игольчатый регулируемый гидродроссель; б – линейный регулируемый гидродроссель; в – предохранительный клапан прямого действия; г – обратный шариковый; д – редукционный клапан прямого действия; е – переливной клапан прямого действия; ж – обратный конусный; з – односторонний гидрозамок

Гидродроссель – это местное гидравлическое сопротивление, предназначенное для снижения давления в потоке рабочей жидкости.

Гидроклапаны выполняют регулирующими (напорные и редуционные) и направляющими. Напорными являются гидроклапаны, ограничивающие давление в подводимом к ним потоке РЖ (предохранительный и переливной).

Предохранительный клапан – гидроклапан, предохраняющий гидропривод от давления, превышающего допустимое.

Переливной клапан служит для поддержания заданного давления на входе в клапан за счет непрерывного слива части потока РЖ.

Редуционный клапан – это гидроклапан давления, предназначенный для поддержания в отводимом потоке заданного уровня давления p_2 .

Направляющие клапаны – это обратные клапан и гидрозамки (управляемый обратный клапан).

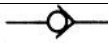
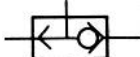
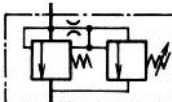
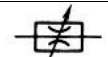
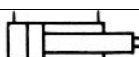
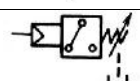
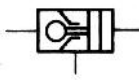
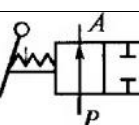
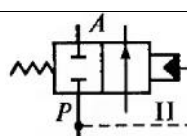
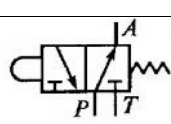
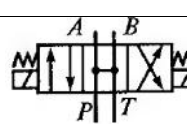
На рис. 16 представлено упрощенное конструктивное исполнение некоторых элементов гидроаппаратуры.

Обозначение основных элементов гидравлического привода на функциональных схемах представлено в таблице.

Гидроаппаратура выпускается различного конструктивного исполнения - трубного, стыкового, модульного и встраиваемого. Для каждого исполнения используется свой способ монтажа; для трубного исполнения - трубный (резьбовой) способ монтажа; для стыкового - стыковой; для модульного - модульный; для встраиваемого - вставной и ввертный способы монтажа.

При *трубном (резьбовом)* способе монтажа аппараты соединяют между собой с помощью многочисленных трубных соединений (резьбовых и фланцевых) и трубопроводов. Недостатки способа: малая надежность трубных соединений и трубопроводов, которые подвержены частому выходу из строя из-за пульсирующей нагрузки; трудности монтажа и демонтажа отдельных аппаратов; большие габариты гидропривода, так как между аппаратами должно быть значительное расстояние для размещения труб и трубных соединений. Вместе с тем соединение гидроаппаратов, обусловленное гидросхемой привода машин, с помощью трубопроводов вызывает трудности при эксплуатации из-за большого ассортимента применяемых труб, концевых, угловых и промежуточных соединений, резьб и т.п. Различные соединения являются местными сопротивлениями для протекания жидкости, источниками выделения теплоты, могут быть причиной внешних утечек рабочей жидкости. Вибрации трубопроводов увеличивают шум, создаваемый насосными установками. Кроме того, при большом числе трубопроводов доступ к аппаратам привода может быть настолько затруднен, что для их регулировки или замены потребуется демонтаж части трубопроводов, соединяющих другие аппараты.

Обозначения некоторых элементов гидроаппаратуры

№ п/п	Наименование	Обозначение	№ п/п	Наименование	Обозначение
1	общее обозначение насоса		13	обратный клапан	
2	насос регулируемый		14	двухсторонний гидрозамок (управляемый обратный клапан)	
3	насос регулируемый реверсивный		15	Предохранительный клапан непрямого действия	
4	гидромотор, (общее обозначение)		16	дроссель	
5	реверсивный гидромотор		17	дроссель регулируемый	
6	регулируемый реверсивный гидромотор		18	дроссель регулируемый с обратным клапаном	
7	гидроцилиндр дифференциальный		19	гидропневмоаккумулятор	
8	гидроцилиндр с подводом через односторонний шток		20	сигнализатор давления	
9	редукционный		21	предохранительный	
10	односторонний гидрозамок (управляемый обратный клапан)		22	переливной	
11	гидрораспределитель двухлинейный двухпозиционный с ручным управлением		23	гидрораспределитель двухлинейный двухпозиционный с гидравлическим управлением	
12	гидрораспределитель трехлинейный двухпозиционный с управлением от кулачка		24	гидрораспределитель четырехлинейный трехпозиционный с электромагнитным управлением	

При стыковом способе монтажа гидравлические аппараты устанавливают на панель или монтажную плиту. Расстояние между аппаратами определяется удобством сверления (разводки) отверстий в панели или удобством разводки труб с концевыми соединениями с противоположной сто-

роны монтажной плиты. Габариты привода в этом случае значительно меньше, чем при трубном способе монтажа, проще монтаж и демонтаж аппаратов, что облегчает эксплуатацию и ремонт оборудования. Количество трубопроводов сокращается на 80 %, что повышает надежность привода. Недостатки способа: большие затраты времени на разработку панелей, трудоемкость изготовления и невозможность их стандартизации, непригодность панелей к повторному использованию при модернизации или использовании гидропривода для другого цикла работы, увеличенная металлоемкость привода, сложность обнаружения и устранения ошибок, допущенных при разработке или изготовлении панели. Около 90 % гидроаппаратуры выпускается со стыковым присоединением, в основном с едиными международными присоединительными размерами.

Результатом дальнейшего развития гидроаппаратуры стыкового исполнения является *модульная* аппаратура.

Каждый из аппаратов, входящих в комплекс модульной гидроаппаратуры, независимо от своего функционального назначения имеет две стыковые полости, одинаковые (по размерам, числу и расположению отверстий для прохода рабочей жидкости и крепежа) со стыковой плоскостью распределителя соответствующего типоразмера. Благодаря этому обеспечивается модульный монтаж аппаратуры - аппараты различного функционального назначения устанавливаются один на другой (рис. 17) в последовательности, определяемой схемой гидропривода машины, при этом образуется модульный блок. Замыкается блок, как правило, стыковым распределителем. Установленный на плите с отверстиями для подвода и отвода рабочей жидкости такой модульный блок представляет собой законченный простейший типовой гидропривод либо часть гидропривода. В последнем случае весь гидропривод может состоять либо из нескольких таких блоков, либо из блоков и другой аппаратуры, монтируемой иначе.

Применение гидроаппаратуры позволяет существенно упростить и удешевить гидропривод машины. Это достигается благодаря тому, что: 1) эта аппаратура дешевле и легче стыковой аппаратуры на 20...30 %; 2) аппараты-модули, устанавливаемые один на другой под распределителем, не занимают самостоятельной площади на панели машины; 3) энергетические затраты снижаются почти на 1/3 за счет уменьшения потерь давления в аппаратах и обеспечения кратчайшего пути для потоков жидкости; 4) значительно уменьшено количество труб и арматуры, так как аппараты соединяются непосредственной стыковкой; это обеспечивает легкий монтаж, демонтаж и переналадку гидравлической схемы машины, в связи с чем расходы по монтажу (по сравнению, например, с трубным монтажом) уменьшаются на 50...70 %.

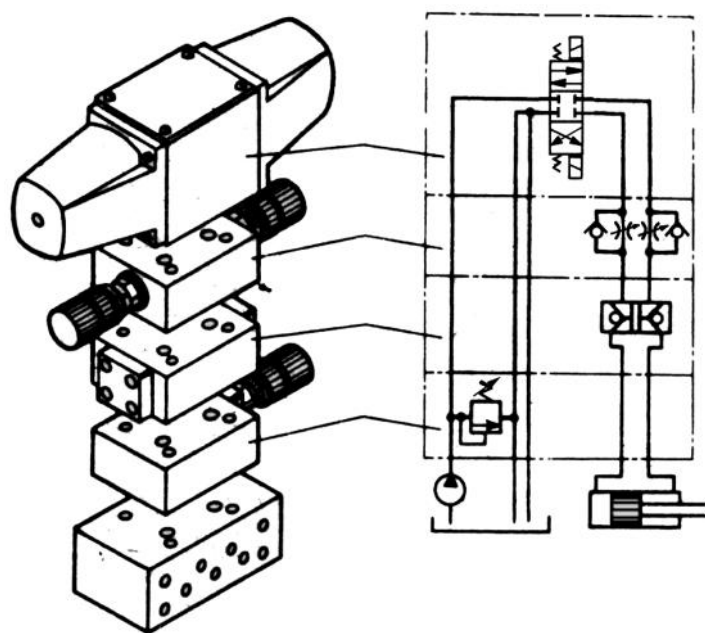


Рис. 17. Модульный блок

Гидроаппаратура *встраиваемого* исполнения, как и модульного, относится к аппаратуре с беструбным способом монтажа. Применяется для гидросистем с высоким и сверхвысоким давлением и большими расходами рабочей жидкости. Встраиваемая гидроаппаратура выполняется на базе обратного управляемого (гидравлическим или электрогидравлическим способом) клапана. Аппараты выполнены в виде патронов, которые либо ввинчиваются в соответствующие монтажные отверстия, либо вставляются в монтажные отверстия панели и закрепляются с помощью фланцев и винтов. В панели выполнены также соединяющие каналы в соответствии с гидравлической схемой привода. Панели (моноблоки) устанавливаются на базе гидростанций (или на несущей раме машины) и соединяются трубопроводами с исполнительными механизмами машин. Основные достоинства встраиваемой аппаратуры: простота конструкции аппаратов, возможность поузловой и подетальной их унификации; возможность создания клапанных распределителей, которые позволяют работать на высоких и сверхвысоких давлениях и управлять большими и малыми расходами без существенного изменения объемного КПД системы; минимальная металлоемкость привода, высокая жесткость панелей, возможность снижения шума и вибраций гидрофицированной машины; большая пропускная способность аппаратов. Однако есть и недостатки: усложняется технология изготовления корпусов под установку аппаратов по сравнению со стыковой и модульной гидроаппаратурой; усложняются системы управления клапанным распределителем (необходимо в 1,5...2 раза больше электромагнитов, чем для золотникового распределителя, что снижает надежность работы привода; усложняется поиск погрешности или неисправности гидропривода.

5. ГИДРОЛИНИИ

Для изготовления трубопроводов используются стальные бесшовные холодноотянутые трубы, медные трубы и рукава высокого давления. Скорость течения рабочей среды для всасывающих трубопроводов – не более 1,2...1,6 м/с; для сливных – до 2 м/с; для напорных - в зависимости от номинального давления в трубопроводе (при давлении 2,5 МПа – скорость до 2 м/с; при 6,3 – 3,2; при 16 – 4; при 32 – 5; при 63 – 6,3; при 100 – 10). В зависимости от расхода применяются следующие диаметры трубопроводов: при расходе 3,2 л/мин - условный диаметр 3 мм; при 12,5 – 8; при 20 – 10; при 50 – 16; при 80 – 20; при 200 – 32.

6. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Гидробаки служат для питания гидропривода рабочей жидкостью. Корпус бака закрывается крышкой с уплотнением. Дно может иметь уклон в сторону спускного крана. Рабочая жидкость заливается в бак через горловину с сетчатым фильтром. К насосу жидкость также поступает через сетчатый фильтр. Из гидросистемы масло возвращается в бак через перфорированный колпак или сетку, чтобы предохранить жидкость от перемешивания и вспенивания. Бак может быть разделен проницаемой перегородкой между полостью слива и всасывания. Воздушный объем над свободной поверхностью жидкости сообщается с окружающей средой через вентиляционный патрубок с воздушным фильтром тонкой очистки. Бак снабжается термометром, указателем уровня и при необходимости реле минимального уровня. Обычно вместимость бака выбирают равной 2...3 минутной подачи насоса.

Гидроаккумуляторы (рис. 18) представляют собой емкость, разделенную эластичной диафрагмой 2 на газовую 3 и жидкостную 1 полости. При заполнении нижней полости гидроаккумулятора жидкостью из гидросистемы диафрагма прогибается, газ, находившийся под первоначальным давлением зарядки, сжимается, аккумулируя энергию, которую отдает при падении давления в системе. Пневматическая полость гидроаккумулятора может заполняться воздухом или инертным газом (обычно используется азот).

Использование аккумулятора для разгрузки насоса от давления в гидросистеме показано на рис. 19. При достижении давления настройки реле давления 3 замыкает контакты цепи управления золотникового распределителя 6 и он сообщает полость разгрузки предохранительного клапана 7 со сливом.

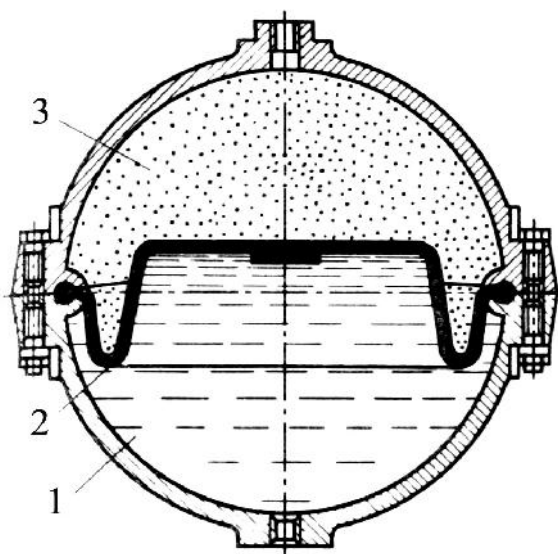


Рис. 18. Гидроаккумулятор:
1 – жидкостная полость; 2 – диафрагма;
3 – газовая полость

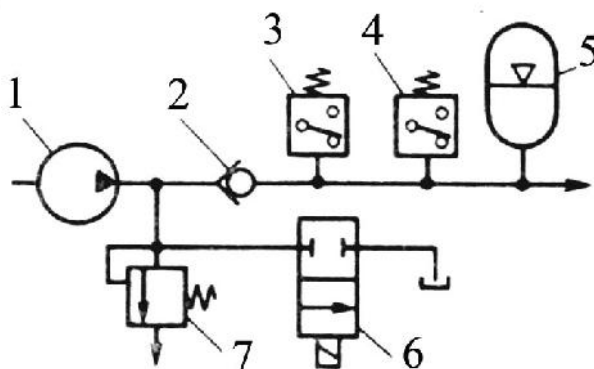


Рис. 19. Использование гидроаккумулятора для разгрузки насоса: 1 – насос; 2 – клапан; 3, 4 – реле давления; 5 – гидроаккумулятор; 6 – распределитель; 7 – клапан

Давление перед невозвратным клапаном 2 падает, насос 1 работает на слив в бак. Питание гидросистемы осуществляется гидроаккумулятором 5. При разрядке гидроаккумулятора до давления настройки реле давления 4 золотниковый распределитель 6 запирает полость разгрузки предохранительного клапана 7 и рабочая жидкость от насоса под давлением поступает на зарядку гидроаккумулятора.

Фильтры и теплообменники в настоящих методических занятиях не рассматриваются, так как они широко изучаются в других дисциплинах.

7. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СУДОВОГО ГИДРОПРИВОДА

Гидравлические принципиальные схемы систем гидропривода судовых механизмов сходны по составу и принципу действия, поэтому ниже рассматривается описание силового контура механизма подъема груза и системы управления и подпитки главного судового грузового крана.

Гидросистема механизма подъема груза (рис. 20) с замкнутым контуром состоит из аксиально-поршневого насоса 21 реверсивного типа с регулируемой подачей и высокомоментного радиально-поршневого шестицилиндрового гидродвигателя 9 со ступенчатым регулированием.

Регулирование насоса 21 плавное путем подачи масла в одну из полостей гидроцилиндра 1 из системы управления. Движение поршня через систему рычагов передается на золотник сервомотора 20, изменяющего

угол наклона люльки. Подача масла насосом 21 в правую гидролинию соответствует вращению гидродвигателя 9 на подъем груза. Масло к гидродвигателю поступает через двухскоростной золотниковый распределитель 7 с гидравлическим управлением. Средняя позиция распределителя соответствует режиму холостого хода, когда насос 21 работает "на себя": масло из нагнетательного трубопровода поступает во всасывающий, а отводы к гидродвигателю закрыты.

В правой позиции золотникового распределителя 7 масло из напорной линии поступает через отводы А и Б ко всем цилиндрам гидродвигателя, что соответствует работе с номинальной грузоподъемностью и скоростью, так как используется полный рабочий объем гидродвигателя.

В левой позиции распределителя масло будет поступать к трем цилиндрам гидродвигателя через отвод Б. Отвод А замыкается на сливную линию. В этом режиме задействовано 50 % рабочего объема гидродвигателя, поэтому грузоподъемность снижается вдвое сравнительно с номинальной, а скорость подъема груза в два раза увеличивается.

Управление двухскоростным золотниковым распределителем 7 осуществляется через золотниковый распределитель 14 системы управления. В средней позиции распределителя 14 подвод масла от винтового насоса 17 системы управления и подпитки закрыт, а оба отвода соединены со сливом. Это положение соответствует средней позиции распределителя 7, занимаемой под действием пружин. В правой позиции распределителя 14 масло от насоса 17 поступит в правую полость управления распределителя 7, что приведет к включению гидромотора 9 на номинальный режим. Одновременно через челночный клапан 13, открывающий линию высокого давления, масло поступит к гидроцилиндру 10 тормоза и гидромотор получит вращение. Левая линия управления распределителя 7 соединится со сливом.

Переключение распределителя 14 в левую позицию аналогичным путем приведет к включению гидромотора в режим повышенной частоты вращения. Для спуска груза изменяется направление потока насосом 21. Масло по левой гидролинии через подвод В поступает ко всем цилиндрам гидромотора. Через отвод Б масло направляется во всасывающую линию насоса. В отводе А при сливе создается подпор, препятствующий переходу гидродвигателя в насосный режим.

При принятии сигнала от джойстика управления краном в поперечном направлении управляющий сигнал поступает на электрогидравлический золотниковый распределитель 14 (рис. 20). Позиции распределителей 14 и 7: среднее - холостой ход, левое - ускоренный режим, правое - номинальный режим работы гидродвигателя. Отклонение джойстика управления краном независимо от избранного режима приведет к подаче масла в одну из полостей гидроцилиндра 1 (рис. 20) и включению насоса на подъем груза или на спуск груза (плавный).

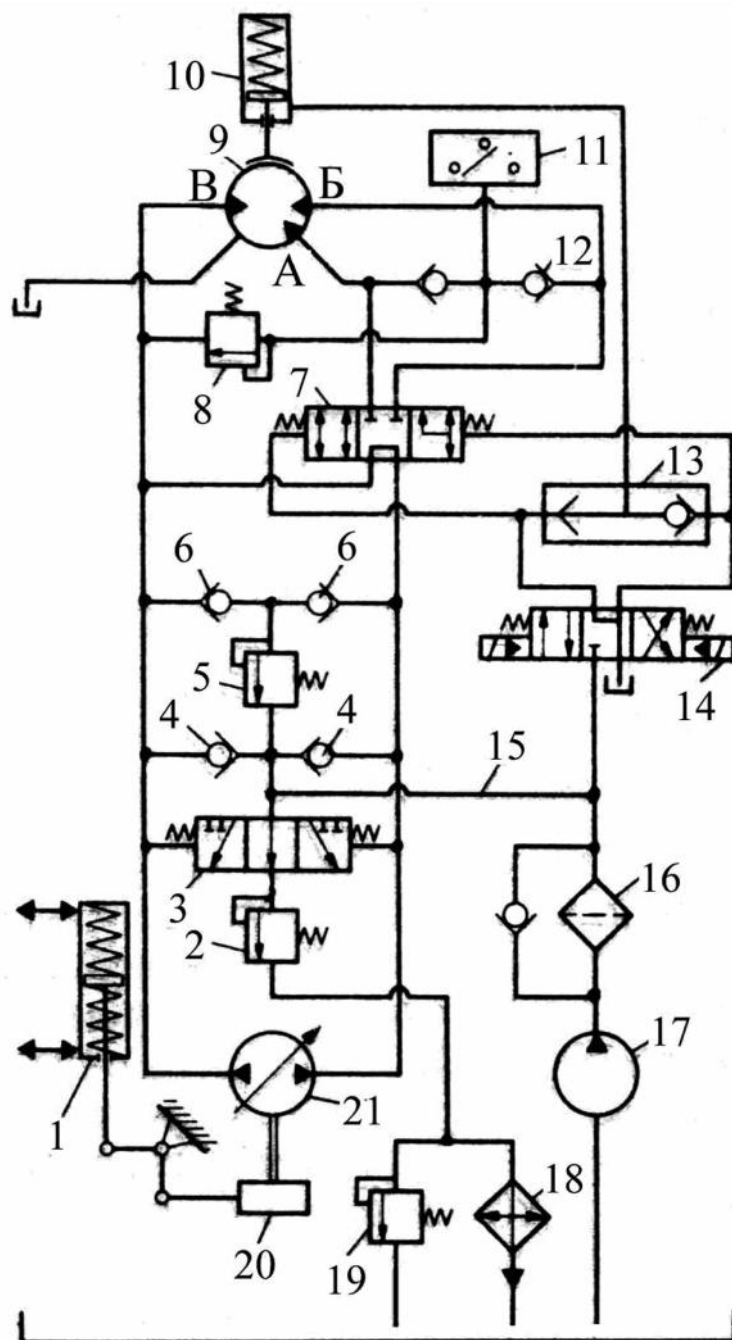


Рис. 20. Гидравлическая схема механизма подъема груза:
 1, 10 – гидроцилиндры; 2, 4, 5, 6, 8, 12, 13, 19 – клапаны;
 3, 7, 14 – распределители; 9 – гидродвигатель, 11 – сигнализатор
 давления; 15 трубопровод; 16 – фильтр; 17, 21 – насосы,
 20 – золотник

Защита гидродвигателя 9 от перегрузок осуществляется предохранительным клапаном 8, который через сдвоенный невозвратный клапан 12 разгружает отводы А и Б на сливную линию. При критическом возрастании давления сигнализатор давления 11 разомкнет электрическую цепь управления распределителем 14, который под действием возвратных пружин

жин займет среднюю позицию. Трубопроводы управления распределителем 7 и тормозом 10 соединятся со сливом, тормоз замкнется. Предохранительный клапан 5 и четыре невозвратных клапана защищают от перегрузок обе гидролинии насоса 21. Перепуск масла из правой линии в левую происходит через клапаны 6 (правый), 5, 4 (левый), а из левой в правую - через клапаны 6 (левый), 5, 4 (правый).

Подпитка гидросистемы осуществляется насосом 17 через фильтр 16, трубопровод 15 и невозвратный клапан 4 на сторону слива, где создается подпор. Одновременно часть масла, нагретшегося в системе, через избирательный золотниковый распределитель 3, переливной клапан 2 и охладитель 18 возвращается в бак. Распределитель 3 управляется давлением масла в нагнетательной гидролинии. Так, при подъеме груза распределитель переключится в правую позицию и масло будет отводиться из левой сливной гидролинии. При нулевой подаче насоса распределитель 3 будет находиться в средней позиции и все масло от насоса 17 будет поступать в бак через переливной клапан 2, создающий подпор. При засорении охладителя 18 масло перепускается в бак через предохранительный клапан 19, а при засорении фильтра 16 байпасируется через невозвратный клапан.

Размыкание тормоза происходит при давлении 2,0...2,2 МПа. Предохранительные клапаны настраиваются на 15,5...17,5 МПа. Переливной клапан 2 поддерживает давление на линии слива 1,7...2,5 МПа.

8. ВОПРОСЫ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

1. Охарактеризовать конструкцию и принцип работы гидромашин.
2. Охарактеризовать конструкцию и принцип работы гидроаппаратов.
3. Охарактеризовать конструкцию и принцип работы дисков.
4. Охарактеризовать конструкцию и принцип работы гидроцилиндров.
5. Охарактеризовать состав и назначение элементов гидравлической схемы механизма подъема груза.

9. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать схему механизма подъема груза.

Отчет должен содержать краткое описание и назначение элементов гидравлической схемы механизма подъема груза.

Необходимо обосновать применение элементов схемы в случае аварийного обесточивания привода насосов; в случае порыва трубопровода в различных точках системы; в случае подъема недопустимого по массе груза; в случае отказа главного насоса; в случае отказа насоса управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зарецкий В.М. Эксплуатация судовых устройств и корпуса / В.М. Зарецкий, В.А. Лесовой. – М.: Транспорт, 1990. – 260 с.
2. Скрицкий В.Я. Эксплуатация промышленных гидроприводов / В.Я. Скрицкий, В.А. Рокшевский. – М.: Машиностроение, 1984. – 176 с.
3. Молчанов А.Г. Объемный гидропривод нефтепромысловых машин и механизмов / А.Г. Молчанов. – М.: Недра, 1989. – 212 с.
4. Гавриленко Б.А. Гидравлический привод / Б.А. Гавриленко, В.А. Минин, С.Н. Рождественский. – М.: Машиностроение, 1968. – 502 с.

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СУДОВОГО ГИДРОПРИВОДА

Методические указания к выполнению практического занятия

Составители: **Очеретяный** Владимир Анатольевич,
Лепеха Ольга Григорьевна

Редактор – *Н.Н. Остапенко*

Подписано к печати 16.09.16. Изд. № 179/16. Зак. 106/2016. Тираж 25 экз.
Объем 1,75 п.л. Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,715.
Формат бумаги 60 x 84 1/16

РИИЦМ ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет»