

1.2. Объемные насосы

У всех насосов объемного типа подача жидкости осуществляется за счет вытеснения ее движущимся рабочим телом. У ротационных насосов движущееся тело – поршень – совершает вращательное движение, у поршневых – поступательное.

1.2.1. Поршневые насосы

Относятся к числу объемных, в которых перемещение жидкости осуществляется путем вытеснения ее из рабочих камер. Рабочая камера объемного насоса – это ограниченное пространство, попеременно сообщаемое со входом и выходом насоса. Рабочий орган насоса, непременно вытесняющий жидкость из рабочих камер, называется вытеснителем.

Судовые поршневые насосы классифицируются:

- 1) по кратности действия: простого, двойного и многократного действия
- 2) по конструктивному выполнению: одинарные, сдвоенные, многоцилиндровые, вертикальные и горизонтальные;
- 3) по способу соединения с двигателем: приводные через мотылёвый механизм и прямодействующие;

Поршневой насос простого действия. На рис.1 показана схема поршневого насоса одностороннего действия с приводом от кривошипно-шатунного механизма. Поршень 2, установленный в цилиндре 1 совершает возвратно-поступательное движение между крайними положениями. Такое движение обеспечивает кривошипно-шатунный механизм: при вращении вала 5 насоса и закрепленного на нем кривошипа 4 шатун 3 приводит в движение поршень. К цилиндру примыкает клапанная коробка 7 со всасывающим 6 и напорным 8 клапанами. При движении поршня слева направо (по рисунку 1) в цилиндре и клапанной коробке понижается давление. За счет разности давлений на поверхности жидкости в исходном сосуде и внутри насоса открывается всасывающий клапан, и жидкость по всасывающей трубе поступает в камеру насоса, безотрывно следуя за поршнем. Происходит процесс всасывания, который завершается по достижении поршнем крайнего правого положения. Цилиндр заполнен жидкостью. При обратном движении поршня вследствие его воздействия на жидкость в цилиндре и клапанной коробке повышается давление. Под действием давления всасывающий клапан закрывается, а напорный клапан, наоборот, открывается, и жидкость вытесняется из камеры насоса в напорный трубопровод (на данной схеме — через воздушный колпак 9). По достижении поршнем крайнего левого положения процесс вытеснения прекращается. Далее вновь следует процесс всасывания и т.д

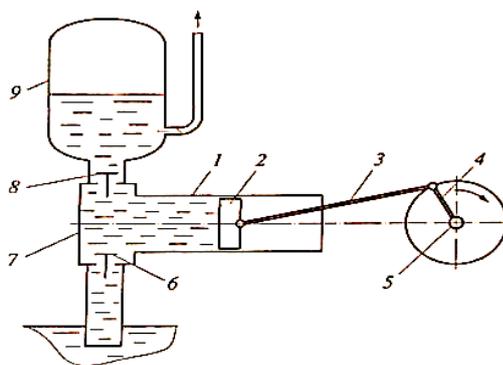


Рисунок 1 - Поршневой насос простого (одностороннего) действия: 1 — цилиндр; 2 — поршень; 3 — шатун; 4 — кривошип; 5 — вал; 6 — всасывающий клапан; 7 — клапанная коробка; 8 — напорный клапан; 9 — воздушный колпак

Поршневые насосы могут иметь привод от электродвигателя, через редуктор, с Мотылёвым механизмом и от паровой машины. Поршневые насосы обслуживают как водяные системы, так и системы перекачки нефтепродуктов; могут создавать высокие давления и имеют широкий диапазон производительности. Если насос за один двойной ход делает одно всасывание и одно нагнетание — это насос простого действия. Насосы простого действия с приводом от электродвигателя применяются в качестве осушительных.

Схема поршневого насоса двойного действия показана на рисунке 2.

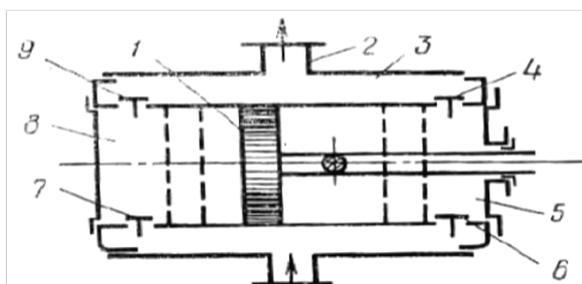


Рисунок 2 – Схема поршневого насоса двойного действия: 1 – поршень; 2 – нагнетательный патрубок; 3 – клапанная коробка; 4, 9 – нагнетательные клапаны; 5, 8 – полости; 6, 7 – всасывающие клапаны.

Насос имеет две рабочие полости 8 и 5. Каждая полость имеет два клапана: всасывающий и нагнетательный. При движении поршня 1 вправо в полости 8 создаётся разрежение (вакуум), вследствие чего автоматически открывается клапан 7 и начинается ход всасывания жидкости. Когда поршень займёт правое крайнее положение и остановится для перемены направления движения, всасывание прекратится и всасывающий клапан закроется. При движении поршня влево, под давлением жидкости откроется нагнетательный клапан 9 и жидкость будет выталкиваться в полость клапанной коробки 3 и в нагнетательный патрубок 2. Обратная картина происходит в полости 5: при

движении поршня влево открывается всасывающий клапан 6, а нагнетательный 4 будет закрыт под действием пружины и давления жидкости со стороны нагнетательной полости 3, а при перемене хода открыт нагнетательный и закрыт всасывающий клапан.

При одних и тех же размерах и скорости движения поршня насос двойного действия имеет производительность почти в два раза выше, чем насос простого действия.

Насосы трёхкратного, четырёхкратного и любого многократного действия представляют собой комбинацию двух типов этих насосов. Например, насос трёхкратного действия — это трёхцилиндровый насос простого действия; четырёхкратного действия - двухцилиндровый насос двойного действия и т.д.

Прямодействующие паровые поршневые насосы, как правило, выполняются двухцилиндровыми в связи с простотой привода золотников парораспределения, когда поршень одного цилиндра приводит в движение золотник другого. Одноцилиндровым поршневым прямодействующим насосам нужен сложный по устройству цилиндрический золотник плавающего типа.

Преимущества поршневых насосов: способность к "сухому" всасыванию, т.е. при наличии воздуха в приёмном трубопроводе насос откачивает воздух без дополнительного устройства; могут создавать высокие давления.

Недостатки поршневых насосов: большой вес и габариты, поэтому они не применимы для перекачки больших объёмов жидкости; пульсирующая подача жидкости в трубопроводе; наличие клапанов усложняет конструкцию и является частой причиной ненормальной работы насоса; сложность привода; быстрый износ поршневых колец и необходимость их замены; большие затраты времени на обслуживание и ремонт.

1.2.2. Шестеренные насосы

Шестеренные насосы являются одним из наиболее распространенных видов роторных насосов. Их применяют в смазочных системах машин и механизмов, в гидроприводах, для перекачивания темных нефтепродуктов. Выполняются с шестернями внешнего и внутреннего зацепления. Первые получили наибольшее распространение. Основным типом шестеренных насосов является насос, состоящий из пары прямозубых шестерен с внешним зацеплением и с одинаковым числом зубьев эвольвентного профиля. Насосы этого типа отличаются простотой устройства и надежностью в эксплуатации.

Шестерённые масляные насосы имеют привод от электродвигателя или через систему зубчатых колёс от коленчатого вала двигателя. Привод от коленчатого вала имеют новейшие насосы вспомогательных дизелей и

главных двигателей малой мощности (во втором случае насосы выполняются реверсивного типа).

На Рисунке 3 показаны устройство и схема работы шестерённого насоса.

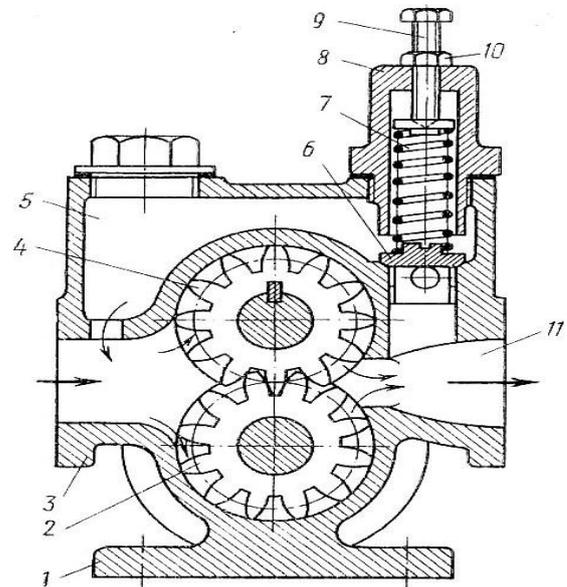
Рисунок 3 – Устройство и схема работы шестерённого насоса с редукционным клапаном:

1 – корпус; 2,4 – зубчатые колеса (шестерни),

3 – приёмный патрубок; 5 – перепускная полость; 6 – клапан;

7 – пружина; 8 – корпус клапана; 9 – регулировочный болт;

10 – контргайка; 11 – нагнетательный патрубок.



Масло всасывается из приёмного патрубка 3, подхватывается зубьями колёс (шестерён) 2 и 4, которые вращаются в разные стороны, переносятся определенными объемами во впадинах и затем при зацеплении шестерен выдавливается в нагнетательный патрубок 11. Вал, приводимый от двигателя, является ведущим, а другой - ведомым и свободно проворачивается в подшипниках скольжения. Рабочее давление в масляной системе, составляет 2-6 кг/см. Для регулировки давления имеется редукционный клапан 6. Тарелка клапана 6 прижимается пружиной 7, натяжение которой регулируется болтом 9 с контргайкой 10, клапан автоматически открывается при повышении давления выше установленного и перепускает часть масла обратно во всасывающий патрубок через перепускную полость 5.

В судовой практике широкое применение получили насосы с косозубыми 1 (рис. 4, а) и особенно с шевронными 2 (рис. 4, б) шестернями.

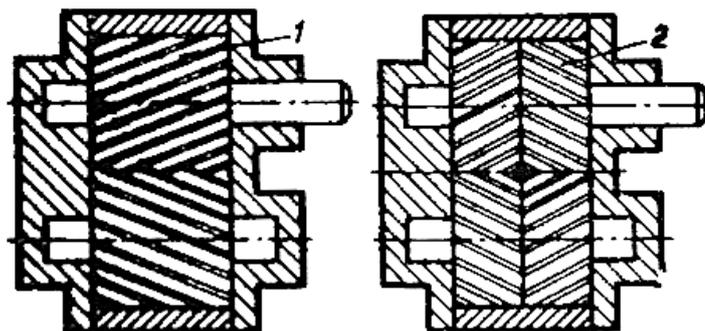


Рисунок 4 – Схема шестеренного насоса а). С косозубыми шестернями б). С шевронными шестернями

У этих насосов вход зубьев в зацепление и выход из зацепления происходят не сразу по всей ширине, как у насосов с прямозубыми шестернями, а постепенно, благодаря чему они менее чувствительны к погрешностям изготовления и монтажа, более износоустойчивы и работают плавно и бесшумно.

Существенным недостатком насосов с косозубыми шестернями является возникновение во время работы осевых усилий, прижимающих шестерни к торцам корпуса, что может вызвать их интенсивный износ. Этому недостатка не имеют насосы с шевронными шестернями. Современные дизели большой мощности обслуживаются масляными насосами с автономным приводом от электродвигателя и выполняются нереверсивными. Преимуществом их является возможность поддержания постоянного давления в системе, возможность ремонта резервного насоса, простота устройства. У навесных насосов давление зависит от числа оборотов дизеля. С увеличением производительности заметно проявляются недостатки шестерёнчатых насосов: уменьшение к. п. д., чрезмерный шум, пульсирующий поток, влияние на производительность зазоров между зубьями и торцами шестерён и корпуса.

В современных дизелях шестерённые насосы применяют в качестве масляных и топливных насосов.

1.2.3. Винтовые насосы

К винтовым насосам относятся такие насосы, у которых энергия перекачиваемой жидкости увеличивается в результате давления на нее непрерывно вращающихся винтовых поверхностей.

Винтовые насосы можно разделить:

- 1) **по числу винтов** – на одновинтовые и многвинтовые (до пяти винтов);
- 2) **по зазору между нарезкой** винтов – на герметичные и негерметичные;
- 3) **по форме профиля нарезки винтов** – на насосы с циклоидальным, эвольвентно-циклоидальным и специальным профилями;

Наибольшее распространение получили трехвинтовые насосы с циклоидальным зацеплением, имеющие ряд существенных достоинств, такие как равномерность подачи, высоконапорность и бесшумность работы.

Рабочим органом насоса служит винт червячного типа. Число винтов может быть от 1 до 5. Двухвинтовой насос изображен на рисунке 3. Насос состоит из

двух червячных винтов. Один винт является ведущим, другой - ведомым. Винты размещены в съёмном корпусе. Шейки винтов обычно вращаются в бронзовых опорно-упорных подшипниках. Масло поступает из всасывающей полости корпуса насоса, заполняет впадины и вытесняется винтами в нагнетательную полость. Между всасывающей и нагнетательными полостями обычно ставят предохранительно-редукционный клапан.

Винтовые насосы отличаются высокой производительностью, хорошими всасывающими качествами, бесшумностью работы и равномерностью подачи масла. Недостатками винтовых насосов является высокая стоимость насоса (требуется высокая точность изготовления винтов) и требовательность к чистоте перекачиваемой жидкости. На судах насосы применяют как масляные - в гидравлических системах и маслоперекачивающие.

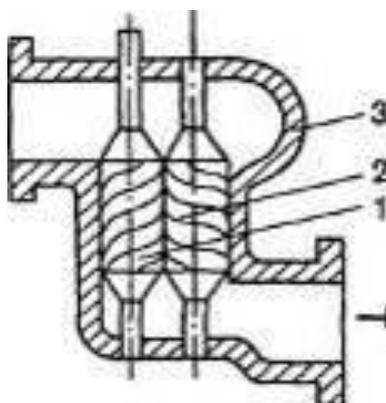


Рисунок 5 – Схема двухвинтового насоса: 1 – ведущий винт; 2 – ведомый винт; 3 – корпус;

Трехвинтовые насосы относятся к классу герметичных и выполняются с односторонним и двусторонним подводом жидкости. У трехвинтового насоса с односторонним подводом жидкости (рис. 6) средний винт 3 является ведущим, а два боковых 4 – ведомыми.

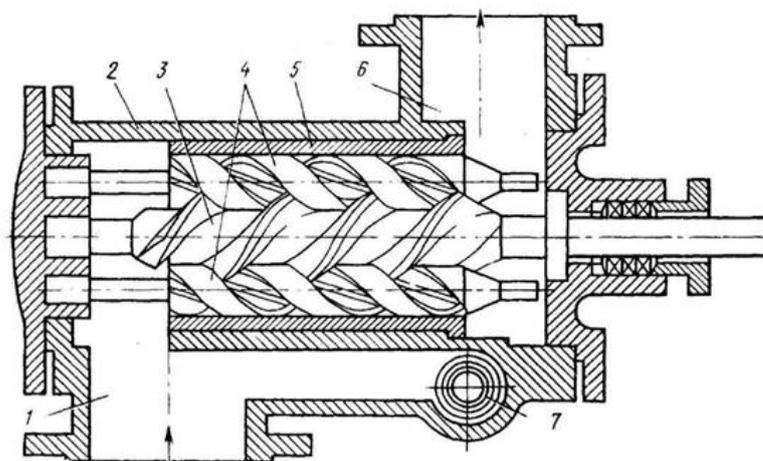


Рисунок 6 – Схема трехвинтового насоса: 1- Приемная камера; 2- Корпус; 3- Ведущий винт; 4- Ведомые винты; 5- Втулка; 6-Напорная камера и приемный патрубок; 7- Перепускной клапан.

Ведущий винт по сравнению с ведомыми более массивен, так как он несет основную нагрузку в рабочем процессе. Геометрические соотношения нарезок винтов выбраны так, что обеспечивается не только герметичность рабочих органов, но и отсутствие передачи крутящего момента с ведущего винта на ведомые. Последние не производят полезной работы, а служат только в качестве уплотнений, препятствующих перетеканию жидкости из напорной камеры в приемную, и в процессе нормальной работы вращаются не в результате взаимодействия с ведущим винтом, а благодаря давлению перекачиваемой жидкости, которая перемещается в насосе только вдоль оси винтов.

1.2.4. Пластинчатые насосы

Это разновидность шиберных т.е. роторно-поступательных с вытеснителями в виде шиберов – пластин. Пластинчатые насосы бывают однократного, двукратного и многократного действия. Насосы однократного действия могут быть регулируемые и нерегулируемые. Насосы двукратного и многократного действия не регулируемые. Пластинчатые насосы просты по конструкции, компактны, надежны в эксплуатации и сравнительно долговечны. В таких машинах рабочие камеры образованы поверхностями статора, ротора, торцевых распределительных дисков и двумя соседними вытеснителями-платинами.

Устройство пластинчатого насоса показано на рисунке 7.

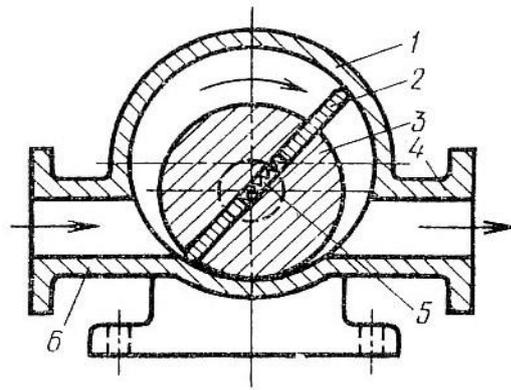


Рисунок 7 – Пластинчатый насос: 1 – корпус; 2 – лопасти; 3 – ротор; 4 – нагнетательный патрубок; 5 – пружина; 6 – всасывающий (приемный) патрубок

Пластины 2 помещены в прорезях ротора 3, который вращается в корпусе 1. При вращении ротора пластины под действием центробежных сил выходят из пазов и прижимаются к внутренней цилиндрической поверхности корпуса. Для создания дополнительной выдвигающей силы устанавливают пружины 5. Пройдя всасывающий патрубок 6, пластина создаёт разрежение, жидкость всасывается и заполняет полость между корпусом и ротором. Всасывание продолжается до горизонтального положения пластины, после чего вторая пластина начнёт вытеснять жидкость из объёма между ротором и корпусом. Ротор может иметь от двух до двенадцати пластин, а также от одной до трёх полостей и несколько секций. Это даёт возможность создавать насосы высокой производительности и большого напора.

Многопластинчатые насосы (рисунок 8) создают более равномерный поток жидкости без пульсаций.

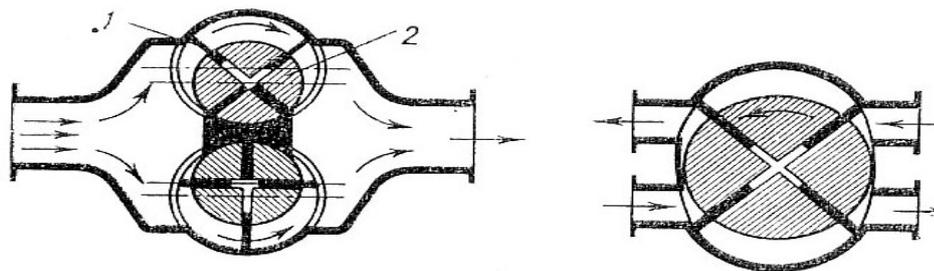


Рисунок 8 – Многопластинчатые насосы: 1 – пластина; 2 – ротор

Пластинчатые насосы создают давление до 30 кг/см и широко применяются для привода гидравлических палубных механизмов: лебёдок, брашпильей, кранов, а также для перекачки масла и топлива.

1.2.5. Водокольцевые насосы

Устройство насоса не отличается сложностью, но требует точности подгонки деталей и настройки.

Существует большое число конструктивных модификаций водокольцевых насосов, применяемых на судах.

Основные признаки:

- по расположению вала: вертикальные и горизонтальные;
- по способу привода: с автономным приводом (электродвигатель) и приводимые во вращение от основного вала или через передачу;
- по способу соединения валов насоса и двигателя: моноблочные и насосы валы которых опираются на собственные подшипники;
- по типу зазора между уплотнительными поверхностями колеса и корпуса, в которых расположены всасывающее и напорное отверстия – с осевым и радиальным зазорами;
- по способу подвода и отвода потока воздуха к колесу – с колесом одностороннего всасывания и нагнетания и с колесом двухстороннего всасывания и нагнетания;
- по конструктивному исполнению колеса в насосах с осевым зазором – насосы, у которых колеса имеют боковые диски, и насосы с колесами без боковых дисков;
- по числу ступеней – одноступенчатые и двухступенчатые.

В состав насоса входят: 1) цилиндрический корпус; 2) электродвигатель; 3) ротор; 4) входной и выходной патрубки, система клапанов; 5) блок управления.

Водокольцевой насос работает только при постоянном притоке воды или другой жидкости. Это считается одним из основных недостатков системы — необходимо обеспечить подачу и отвод среды, очистку жидкости, если откачивается загрязненный воздух, установить надежные уплотнители на валу, высокие требования к чистоте воды. Вторая проблема состоит в риске кавитационных процессов, происходящих во внутреннем объеме цилиндра при изменении давления. Проще говоря, при перепадах давления возможно образование пузырьков воздуха, обладающих сильным абразивным эффектом. Третья проблема — зависимость производительности от температуры жидкости и влажности воздуха. Оптимальный режим работы ограничен достаточно узким диапазоном. Четвертым недостатком можно считать энергоемкость оборудования — затраты на преодоление гидродинамического сопротивления жидкости достаточно высокие.

Преимущества насоса:

- 1) высокая степень разрежения — до 30 – 150 мбар;
- 2) отсутствие масла в откачиваемом воздухе;
- 3) стойкость к загрязнениям среды;
- 4) охлаждение воздуха на выходе водяным кольцом;
- 5) минимум вращающихся частей;
- 6) высокая ремонтпригодность.

Водокольцевые насосы получили широкое применение благодаря способности создавать глубокий вакуум. Устройство насоса показано на рисунке 9. Корпус цилиндрический. Ротор состоит из вала и насаженного на него барабана с рабочими лопастями. Лопасти прямые или изогнутые, изготовлены заодно с барабаном. Ротор размещен в корпусе со смещением (эксцентрично). Корпус насоса закрыт с торцов крышками. На одной крышке установлены всасывающий и нагнетательный патрубки.

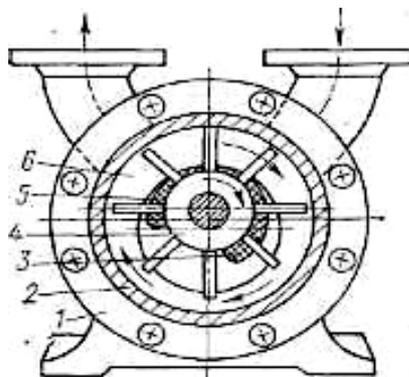


Рисунок 9 – Водокольцевой насос: 1- крышка; 2-корпус; 3-всасывающее отверстие; 4- ротор; 5-нагнетательное отверстие; 6 - водяное кольцо.

Внутри насоса находится вода, заливаемая перед пуском. При вращении ротора лопасти воздействуют на воду, отбрасывая ее к поверхности корпуса. В результате этого образуется водяное кольцо и серповидное пространство, являющееся рабочей полостью насоса. На первой половине оборота ротора жидкость наподобие поршня отходит от ротора, образуя разрежение (правая часть рисунка), и перекачиваемая жидкость или газ засасывается в насос. Эта половина оборота ротора называется всасывающей. На второй половине оборота ротора кольцо приближается к нему, сжимая и выталкивая засосанную жидкость или газ в нагнетательное отверстие и патрубок. Эта половина оборота ротора нагнетательная.

Очень важно, чтобы при работе насоса не было утечек воды из него, и толщина водяного кольца оставалась постоянной. В противном случае внутренний диаметр водяного кольца увеличивается, оно отойдет от поверхности ротора в верхней части и перекачиваемый газ будет

просачиваться из нагнетательной полости во всасывающую. Работа насоса резко ухудшится.

Водокольцевые насосы применяются на судах в качестве электроприводных вакуум-насосов испарительных установок, для перекачивания топлива в системах вакуумной перекачки и зачистки трюмов нефтеналивных судов, а также как вакуумная ступень в центробежных насосах с самовсасыванием.

Основное достоинство насосов - простота работы и обслуживания. Насосы не имеют специальной системы смазки. Все зазоры между вращающимся ротором и неподвижным корпусом уплотнены рабочей жидкостью. Простота конструкции, отсутствие трущихся пар в проточной части обеспечивают надежность и долговечность работы насоса.

1.2.6. Радиально- и аксиально-поршневые насосы переменной производительности

Различают роторные радиально-поршневые насосы с радиальным расположением цилиндров относительно оси вращения ротора и аксиально-поршневые насосы с аксиальным расположением цилиндров относительно оси вращения цилиндрического блока. В первых насосах движение поршней (плунжеров) происходит в одной плоскости, во-вторых - в пространстве.

Радиально-поршневые насосы.

Роторно-поступательный насос, в котором вытеснители имеют форму поршней (плунжеров, шаров), а рабочие камеры ограничиваются вытеснителями в цилиндрических полостях ротора, называется роторно-поршневым. В радиальных роторно-поршневых насосах рабочие камеры расположены радиально по отношению к оси ротора.

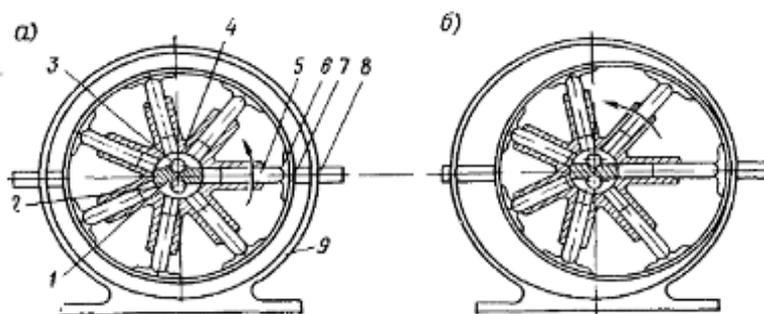


Рисунок 10 – Схема радиально-поршневого насоса: 1 - перемычка; 2,3 - нижняя и верхняя полости насоса; 4 - ротор; 5 - плунжеры; 6 - ползуны; 7 - направляющие кольца; 8 - цапфы; 9 - корпус насоса

В этих насосах (рисунок 10, а) цилиндры располагают звездообразно, причем оси их находятся в общей плоскости и пересекаются в одной точке.

Ротор 4 насоса, представляющий собой блок из нескольких цилиндров, вращается в постоянном направлении. Вместе с блоком вращаются находящиеся внутри его цилиндры плунжеры 5 и шарнирно связанные с ними ползуны 6. Опорные части ползунов прижимаются под действием центробежной силы к внутренней поверхности окружающего их направляющего кольца 7 и скользят по этой поверхности. Направляющее кольцо при помощи цапф 8 подвешивается к неподвижно укрепленному корпусу 9 насоса так, что может смещаться вправо или влево внутри корпуса, не теряя с ним связи. Окруженная звездообразным ротором центральная неподвижная часть (цапфа) насоса имеет перемычку 1, отделяющую верхнюю 3 внутреннюю полость насоса от нижней 2. В положении, показанном на рисунке 10, а, когда центр направляющего кольца 7 совпадает с центром звездообразного ротора 4, вращение последнего не вызывает подачи жидкости, заполняющей внутренние полости насоса. Плунжеры 5 вращаются вместе с ротором, но никакого движения внутри его цилиндров не получают.

Сдвиг направляющего кольца вправо вызывает перемещение плунжеров в цилиндрах (рисунок 10, б), в результате чего плунжеры, продолжая вращаться вместе с ротором, одновременно получают возвратно-поступательное движение внутри цилиндров. При указанном направлении вращения ротора (против часовой стрелки) в нижнюю внутреннюю полость 2 жидкость будет всасываться, а в верхнюю полость 3 - нагнетаться. Если направляющее кольцо сместить влево, плунжеры также получат возвратно-поступательное движение в цилиндрах, но верхняя полость насоса окажется тогда всасывающей, а нижняя - нагнетательной. В присоединенных к этим полостям трубах направление движения жидкости изменится на обратное. Изменяя смещение кольца, т.е. получаемый им эксцентриситет по отношению к ротору, можно увеличивать или уменьшать ход плунжеров в цилиндрах, что будет изменять подачу, развиваемую насосом.

Аксиально-поршневые насосы

Широкое распространение получили также аксиальные роторно-поршневые насосы с наклонным блоком бескарданного типа, в которых передача крутящего момента на ротор осуществляется шатунами, входящими внутрь поршней.

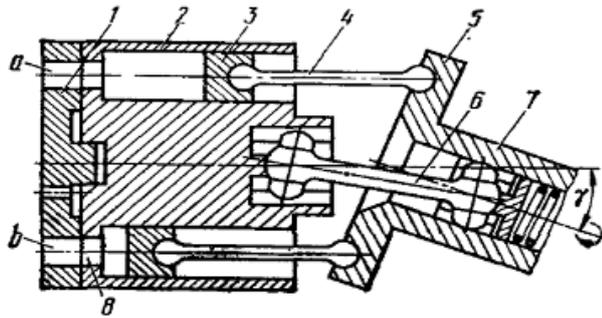


Рисунок 11 – Схема аксиально-поршневого насоса: 1-крышка блока цилиндров; 2 блок цилиндров; 3-поршни; 4-шатуны; 5-регулирующий диск (шайба); 6-кардан; 7-ведущий вал; 8-отверстия.

Насос (рисунок 11) состоит из цилиндрического блока 2 с поршнями 3, связанными при помощи шатунов 4 с наклонным диском (шайбой) 5. Цилиндрический блок получает вращение от ведущего вала 7 с помощью кардана 6. Распределение жидкости происходит через окна *a* и *b* золотника и отверстия 8 в цилиндрическом блоке. Если ведущий вал 7 и цилиндрический блок 2 расположить на одной оси (угол $\gamma = 0$), то подача насоса также будет равна нулю, так как поршни 3, вращаясь вместе с блоком, не будут иметь осевых перемещений относительно своих цилиндров. При отклонении оси вала 7 от оси цилиндрического блока 2 на некоторый угол γ , как это показано на схеме, поршни 3 получают наряду с вращательным движением совместно с блоком еще возвратно-поступательное движение внутри цилиндров, поэтому насос будет давать подачу рабочей жидкости определенного направления. Например, для указанных на схеме направления вращения и угла γ верхнего окна, *a* будет всасывающим, а нижнее *b* - нагнетательным. Если при неизменном направлении вращения отклонить ось вала 7 на угол γ в противоположном направлении от оси блока 2, то окно, *a* станет нагнетательным, а *b* - всасывающим. Изменение направления вращения приводного вала также изменило бы направление потока рабочей жидкости, но этого никогда не делают, так как выгоднее иметь приводной электродвигатель постоянного направления вращения. Таким образом, изменяя размер и знак угла γ , регулируют значение и направление подачи насоса. Обычно наибольший угол γ составляет 30° , а количество цилиндров в блоке 7-9. Поршень (плунжер) сажают в цилиндр с диаметральным зазором в пределах 0,01-0,02 мм, который обычно обеспечивают притиркой. Помещенный в смазанный вертикально расположенный цилиндр поршень должен медленно опускаться под действием собственного веса.