

Центробежный насос.

Насос — гидравлическая машина, преобразующая механическую энергию приводного двигателя в энергию потока жидкости, служащую для перемещения и создания напора жидкостей всех видов, механической смеси жидкости с твёрдыми и коллоидными веществами или сжиженных газов. Разность давлений жидкости на выходе из насоса и присоединённом трубопроводе обуславливает её перемещение. Объёмные насосы. Процесс объёмных насосов основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении её из рабочей камеры.

Поршневые и плунжерные насосы

Поршневой насос (плунжерный насос) — один из видов объёмных гидромашин, в котором вытеснителями являются один или несколько поршней (плунжеров), совершающих возвратно-поступательное движение.

В отличие от многих других объёмных насосов, поршневые насосы не являются обратимыми, то есть, они не могут работать в качестве гидродвигателей из-за наличия клапанной системы распределения.

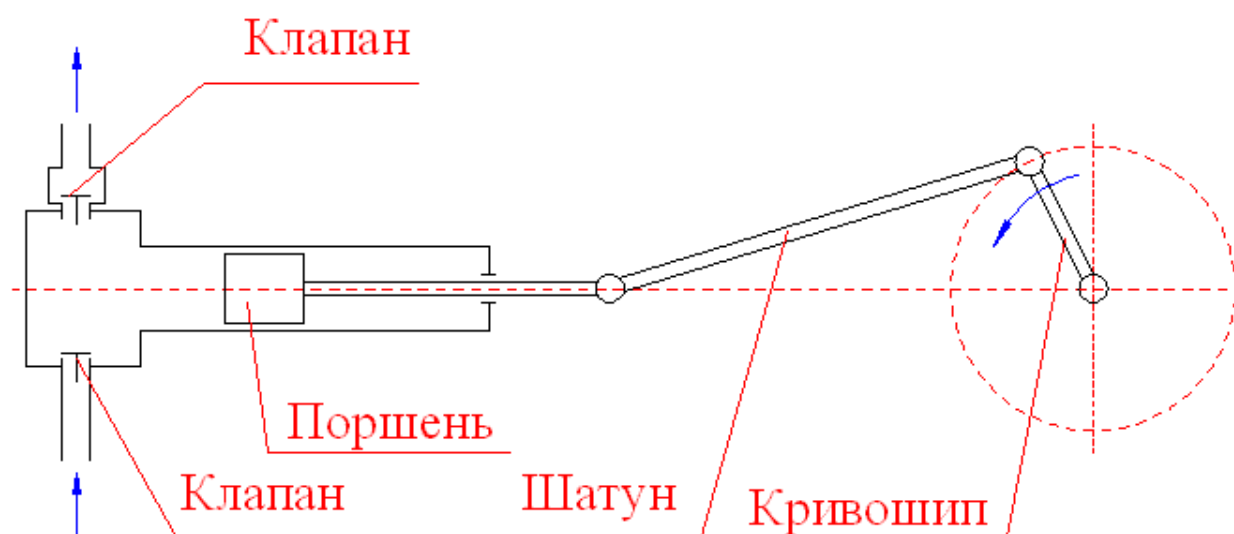


Рисунок. Конструктивная схема простейшего поршневого насоса одностороннего действия

Принцип работы таков: за счет поступательного движения поршня создаётся разрежение в полости под ним, и туда засасывается жидкость из подводящего (всасывающего) трубопровода. При обратном движении поршня на всасывающем трубопроводе закрывается клапан, предотвращающий протечку жидкости обратно, и открывается клапан на нагнетательном трубопроводе, который был закрыт при всасывании. Туда вытесняется жидкость, которая находилась под поршнем, и процесс повторяется. Недостаток такого

насоса в том, что жидкость движется по трубопроводу с различной скоростью (скачками). Этот момент обычно обходят созданием насосов, в которых несколько поршней. Основное преимущество в том, что он способен закачивать жидкость, будучи в момент пуска незаполненным ею (сухое всасывание), и поэтому применяется обычно там, где этим преимуществом необходимо воспользоваться.

Одним из недостатков поршневых насосов, как и других объёмных насосов, являются пульсации подачи и давления. Пульсации можно уменьшить, расположив несколько поршней в ряд и соединив их с одним валом таким образом, чтобы циклы их работы были сдвинуты друг относительно друга по фазе на равные углы. Другим способом борьбы с пульсацией является использование дифференциальной схемы включения насоса, при которой нагнетание жидкости осуществляется не только во время прямого хода поршня, но и во время обратного хода.

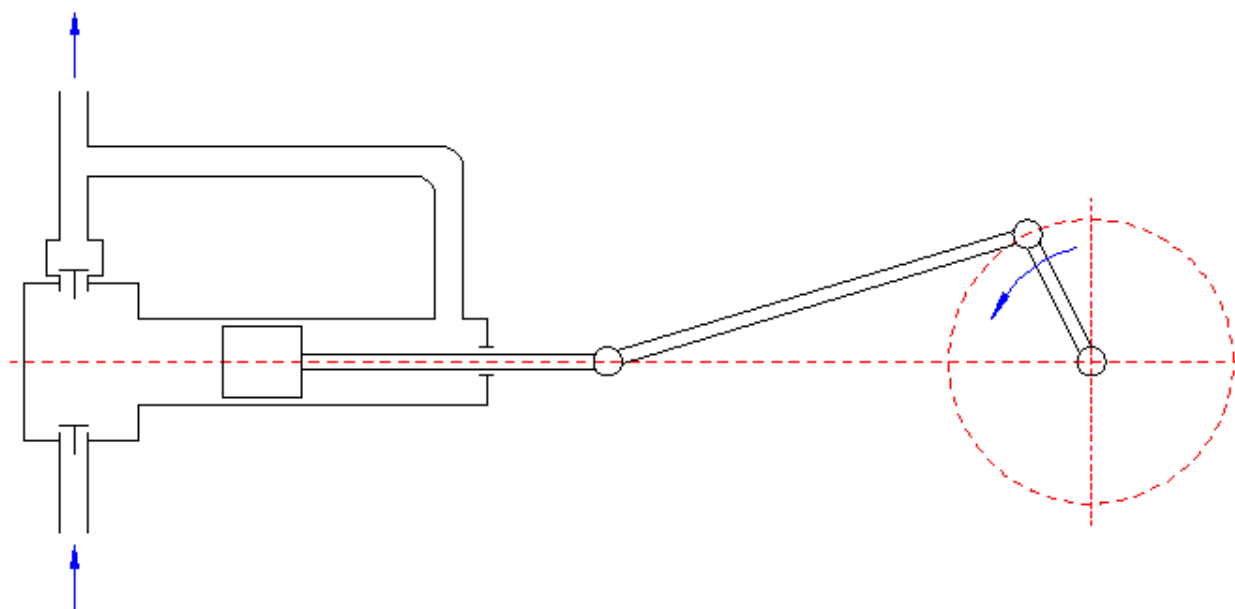


Рисунок. Дифференциальная схема включения поршневого насоса. Во время движения поршня влево часть жидкости отводится в штоковую полость, объём которой меньше объёма вытесняемой жидкости за счёт того, что часть объёма штоковой полости занимает шток

Также широко применяют насосы двустороннего действия, у которых как поршневая, так и штоковая полость имеют (в отличие от дифференциальной схемы включения) свою клапанную систему распределения. У таких насосов коэффициент пульсаций ниже, а КПД выше, чем у насосов одностороннего действия .

Для борьбы с пульсацией также применяют гидроаккумуляторы, которые в момент наибольшего давления запасают энергию, а в момент спада давления отдают её.

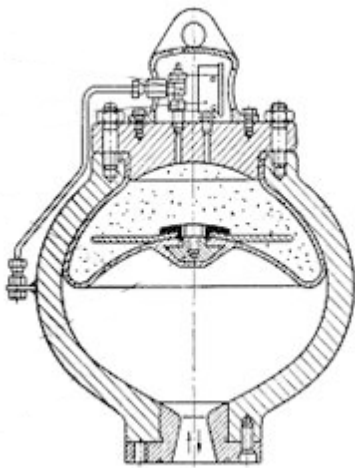


Рисунок. Компенсатор бурового насоса



Рисунок. Поршневой буровой насос

Изменять подачу можно изменением числа рабочих камер, изменением диаметра или длины хода поршня, переходом на другое число ходов. Также можно изменить подачу, влияя на объемный коэффициент, главным образом на его составляющую – коэффициент наполнения. В некоторых случаях применяется экономически невыгодный способ регулирования подачи насоса путем перепуска части жидкости через байпас с напорного трубопровода в подводящий.

Число рабочих камер можно изменить путем снятия всасывающих клапанов с одной из камер. Замена цилиндрических втулок в комплекте с поршнями большого диаметра на меньший применяется при увеличении давления насоса. Этот способ широко используется при бурении скважин, когда увеличение глубины бурения требует преодоления насосом гидравлических сопротивлений с сохранением установленной мощности. Изменение длины хода поршня достигается перестановкой пальца кривошипа. Этот способ широко используется при глубинно-насосной добыче нефти на станках - качалках. Регулирование подачи изменением числа двойных ходов поршня требует установки между двигателем насосом различных редукторов (коробки перемены скоростей, турбопередачи) либо применения специальных многоскоростных двигателей.

Мембранные насосы

Мембранный насос, диафрагменный насос, диафрагмовый насос — объёмный насос, рабочий орган которого — гибкая пластина (диафрагма, мембрана), закреплённая по краям; пластина изгибается под действием рычажного механизма (механический привод) или в результате изменения давления воздуха (пневматический привод) или жидкости (гидравлический привод), выполняя функцию, эквивалентную функции поршня в поршневом насосе.

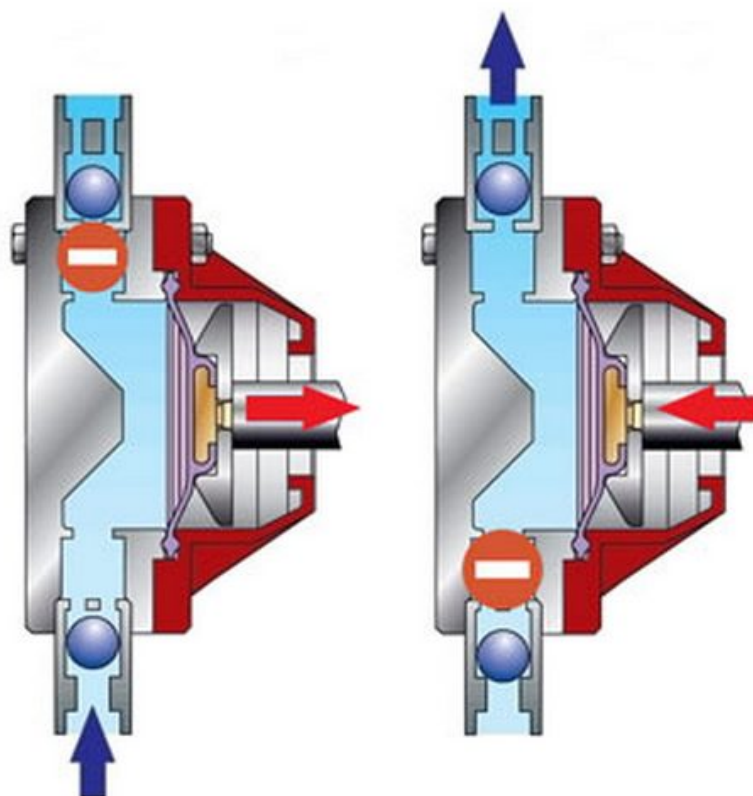


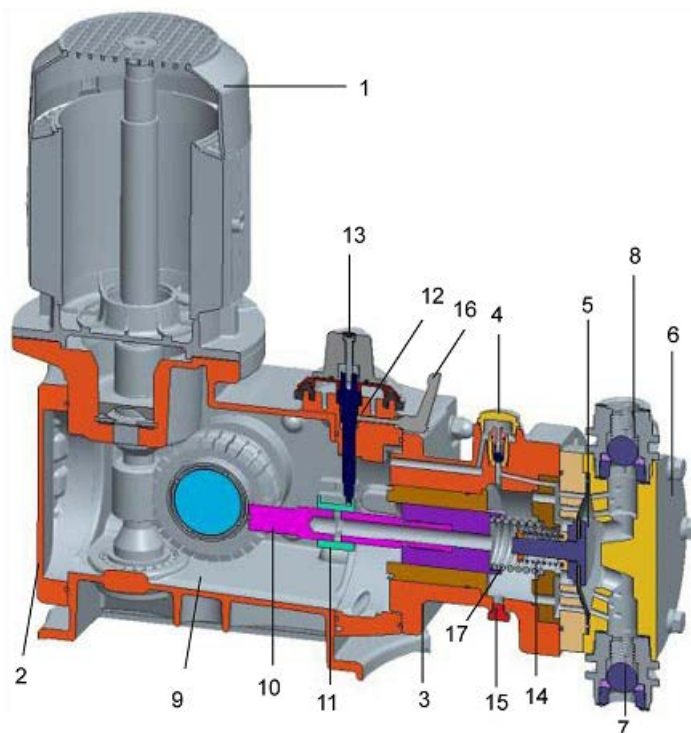
Рисунок. Принцип работы мембранного насоса

Преимущества мембранных насосов

- Надёжная простая конструкция — отсутствие двигателя и редуктора, нет вращающихся деталей
- В качестве привода — энергия сжатого воздуха, отсутствие искрообразования, абсолютная безопасность при работе с горючими жидкостями
- Компактные размеры и малый вес
- Универсальность применения насосов — перекачка воды, вязких жидкостей, жидкостей с твердыми включениями от 2 мм до 63,5 мм в диаметре
- В насосах нет уплотнений и подшипников — гарантия отсутствия утечек и износа основных деталей
- Простота регулирования производительности от нуля до максимума посредством изменения количества подаваемого воздуха
- Для работы насоса не требуется смазка механизмов и обслуживание
- Давление на выходе до 65 бар
- Высота самовсасывания до 5 метров
- Работа без жидкости не наносит вреда деталям насоса

Недостатки мембранных насосов

- Мембрана при работе значительно изгибается, что приводит к её быстрому разрушению.
- Конструкция мембранного насоса предполагает использование клапанов, которые могут выйти из строя при их загрязнении.



1 – двигатель; 2 – задняя часть; 3 – гидравлический блок; 4 – выпуск; 5 – дозирующая диафрагма; 6 – дозирующая головка; 7 – всасывающий клапан; 8 – выпускной клапан; 9 – масло; 10 – поршень; 11 – реле клапана; 12 – регулировки шпинделя; 13 – регулировка головки; 14 – тарельчатая пружина; 16 – блокирующий рычаг; 17 – пружина

Аксиально-плунжерный насос

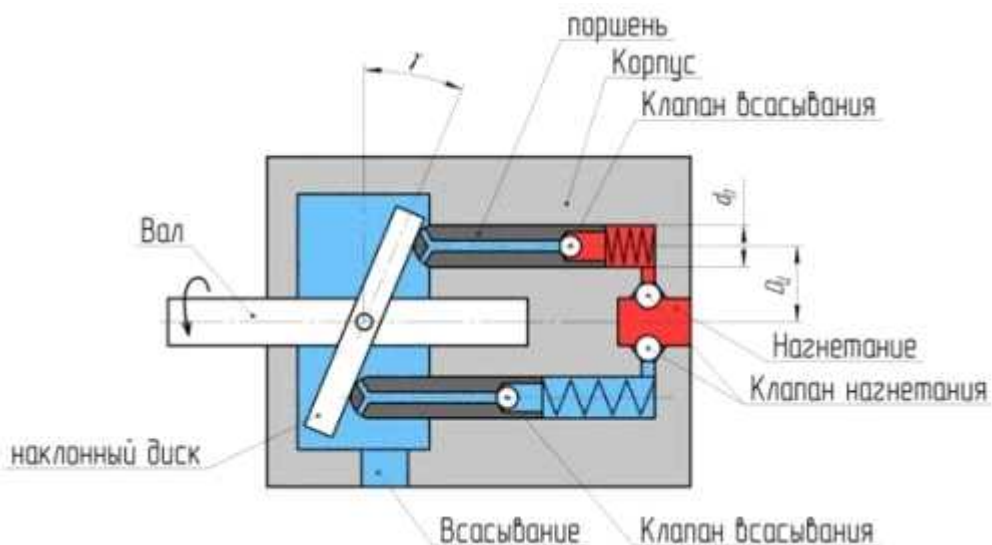
Являются одним из наиболее распространённых типов гидромашин. Применяются как в качестве насосов, так и в качестве гидромоторов. Их устанавливают, например, в гидросистемах многих одноковшовых экскаваторов, также привод некоторых бульдозеров, в которых управление построено по принципу джойстика, также осуществляется аксиально-плунжерными насосами и гидромоторами. Широкое распространение данный вид гидромашин получил в гидроприводе станков, асфальтовых катков, строительной техники и самолётов. Также используются в некоторых Мойках высокого давления, например, в некоторых мойках Kärcher.

Аксиально-плунжерные и аксиально-поршневые гидромашин отличаются тем, что в первых в качестве вытеснителей используются плунжеры, а во вторых — поршни. Наибольшее распространение получили аксиально-плунжерные гидромашин.

Выпускают гидромашин с наклонным диском (шайбой) и с наклонным блоком цилиндров.

Одним из достоинств аксиально-плунжерных гидромашин является возможность регулирования рабочего объёма. Изменение рабочего объёма осуществляется путём изменения угла наклона диска или угла наклона оси блока цилиндров. Максимальный угол наклона у машин с наклонным диском ограничен 15-18°. Это ограничение связано с ростом контактных нагрузок между деталями гидромашин. В то же время, в машинах с наклонным блоком рост угла наклона ограничен только конструктивными параметрами, и может достигать 40° (обычно до 25°). Но насосы с наклонным диском имеют то преимущество, что при их регулировании легко осуществляется реверс подачи рабочей жидкости (при работе в режиме насоса) или реверс направления вращения вала (при работе в режиме гидромотора); в гидромашин с нерегулируемым наклонным блоком работающих в режиме насоса, реверс подачи рабочей жидкости можно изменить только изменением направления вращения вала гидромашин. В аксиально-плунжерных гидромашин с нерегулируемым наклонным блоком работающих в режиме мотора (например, гидромотор хода - мотор типа "банан"), смена направления вращения, осуществляется сменой направления подачи рабочей жидкости. При этом в гидромашин с регулируемым наклонным блоком, можно изменять рабочий объём в диапазоне от 0 до 100 % рабочего объёма машины и тем самым регулировать производительность насоса (объём подачи масла) или производительность мотора - скорость вращения и момент на валу (от 0 до 100 %).

Во избежание резонансных явлений и для снижения пульсаций подачи и расхода количество плунжеров всегда выполняют нечётным.



При вращении вала гидромашин плунжер, находящийся внизу (в нижней мёртвой точке), перемещается вверх, и одновременно совершает движение вдоль оси насоса «от края» блока цилиндров — происходит всасывание. Одновременно с этим тот плунжер, который находился сверху, перемещается вниз, и совершает движение «к краю» блока цилиндров — происходит нагнетание. Плунжеры, осуществляющие в данный момент нагнетание, соединены вместе одной канавкой — и образуют полость высокого давления; а те плунжеры, которые осуществляют в данный момент всасывание, соединены вместе другой канавкой — и образуют полость низкого давления. Полости высокого и низкого давления отделены друг от друга. Точка, в которой плунжер переходит от полости высокого давления к полости низкого давления, называется верхней мёртвой точкой, а там где происходит обратный переход, расположена нижняя мёртвая точка. В момент перехода плунжера через одну из мёртвых точек образуются заперты объёмы.



Рисунок. Аксиально-плунжерный насос

Шестерённый насос

Так же как и другие виды объёмных роторных гидромашин принципиально может работать как в режиме насоса, так и в режиме гидромотора. В том случае, если к валу гидромашин прикладывается вращательный момент, то машина работает в режиме

насоса. Если на вход гидромашины подаётся под давлением рабочая жидкость, то с вала снимается вращающий момент, и машина работает в режиме гидромотора.

Шестерённые гидромашины выпускаются с внешним и внутренним зацеплением (одним из вариантов последней является героторная гидромашина со специальным трохоидальным зацеплением). Гидромашины с внутренним зацеплением более компактны, но из-за сложности изготовления применяются редко. Иногда для снижения шумности и неравномерности подачи применяют шестерни с косыми зубьями. В некоторых случаях для облегчения входа перекачиваемой среды (расплав полимера) входной патрубков имеет размеры (эквивалентный диаметр) соизмеримые с размером шестерён.

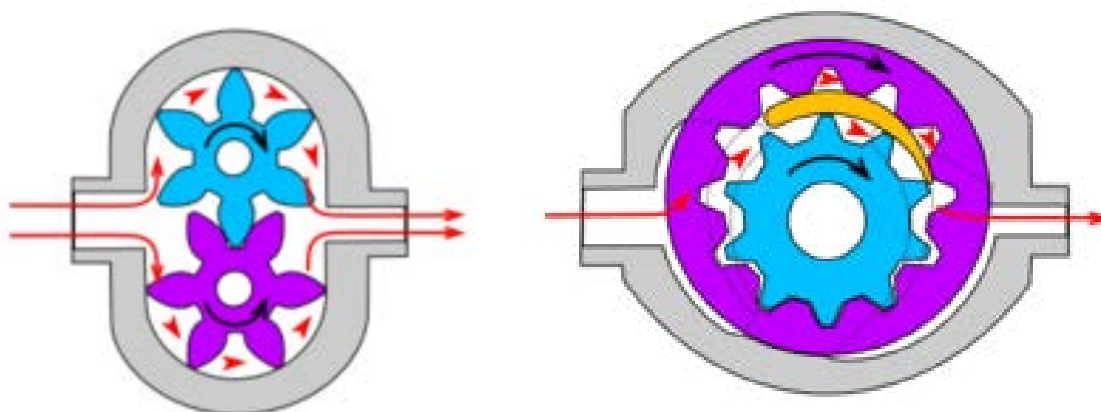


Рисунок. Шестерённая гидромашина с внешним зацеплением и внутренним зацеплением

Шестерённый насос с внешним зацеплением работает следующим образом. Ведущая шестерня находится в постоянном зацеплении с ведомой и приводит её во вращательное движение. При вращении шестерён насоса в противоположные стороны в полости всасывания зубья, выходя из зацепления, образуют разрежение (вакуум). За счёт этого из гидробака в полость всасывания поступает рабочая жидкость, которая, заполняя впадины между зубьями обеих шестерён, перемещается зубьями вдоль цилиндрических стенок колодцев в корпусе и переносится из полости всасывания в полость нагнетания, где зубья шестерён, входя в зацепление, выталкивают жидкость из впадин в нагнетательный трубопровод. При этом между зубьями образуется плотный контакт, вследствие чего обратный перенос жидкости из полости нагнетания в полость всасывания ничтожен. Смазка движущихся элементов насоса производится перекачиваемой жидкостью (масло, расплав полимера и др.), для поступления смазывающей жидкости к зонам трения конструкцией насоса предусматриваются специальные каналы в корпусных деталях насоса.

Одной из технических проблем в шестерённых гидромашинах является проблема запертых объёмов, которые являются нежелательным явлением. Вследствие малой сжимаемости жидкости, возникновение запертых объёмов в процессе работы гидромашины, если не предусмотреть меры борьбы с ними, может привести к возникновению большого момента сопротивления. Для борьбы с ними выполняют

специальные канавки, по которым жидкость из запертых объёмов уходит либо в полость высокого давления, либо в полость низкого давления.

Преимущества

- широкий диапазон вязкости среды;
- простота конструкции;
- высокая надёжность в сравнении, например, с аксиально-плунжерными гидромашинами;
- низкая стоимость;
- способность работать при высокой частоте вращения;
- высокая надёжность при работе например с расплавами полимеров.

Недостатки

- нерегулируемость рабочего объёма;
- неспособность работать при высоких давлениях, либо высокие требования к материалам и изготовлению деталей насоса;
- в сравнении с пластинчатыми гидромашинами — бóльшая неравномерность подачи;
- высокое требование к качеству изготовления шестерен и пластин, образующих корпус;
- двукратное изменение направления движения жидкости в насосе, что снижает КПД.

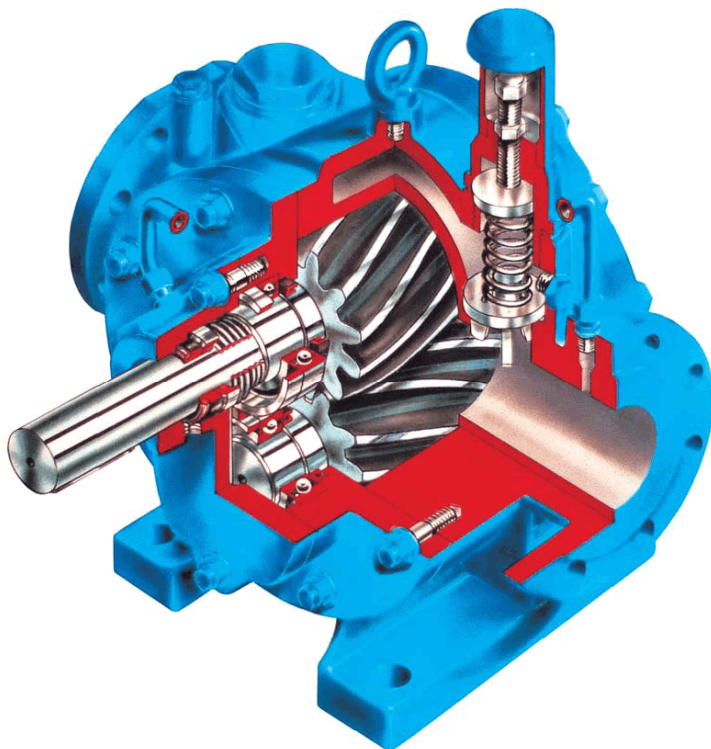


Рисунок. Шестерённый насос

Винтовой насос

Винтовой насос — насос, в котором создание напора нагнетаемой жидкости осуществляется за счёт вытеснения жидкости одним или несколькими винтовыми металлическими роторами, вращающимися внутри статора соответствующей формы.

Винтовые насосы являются разновидностью роторно-зубчатых насосов и легко получаются из шестерённых путём уменьшения числа зубьев шестерён и увеличения угла наклона зубьев

Перекачивание жидкости происходит за счёт перемещения её вдоль оси винта в камере, образованной винтовыми канавками и поверхностью корпуса. Винты, входя винтовыми выступами в канавки смежного винта, создают замкнутое пространство, не позволяя жидкости перемещаться назад.

Преимущества

- равномерная подача жидкости, в отличие от насосов поршневых и плунжерных;
- способность перекачивать смеси из жидкой и твёрдой фаз без повреждения твёрдых включений в жидкости;
- как и другие объёмные насосы, винтовые обладают способностью к самовсасыванию жидкости;
- возможность получить высокое давление на выходе без множества каскадов нагнетания;
- хорошая сбалансированность механизма и, как следствие, - низкий уровень шума при работе.

Недостатки

- сложность и высокая стоимость изготовления насоса;
- нерегулируемость рабочего объёма;
- так же, как и другие виды объёмных насосов, винтовые нельзя пускать вхолостую без перекачиваемой жидкости, так как в этом случае повышается коэффициент трения деталей насоса и ухудшаются условия охлаждения; в результате насос может перегреться и выйти из строя.

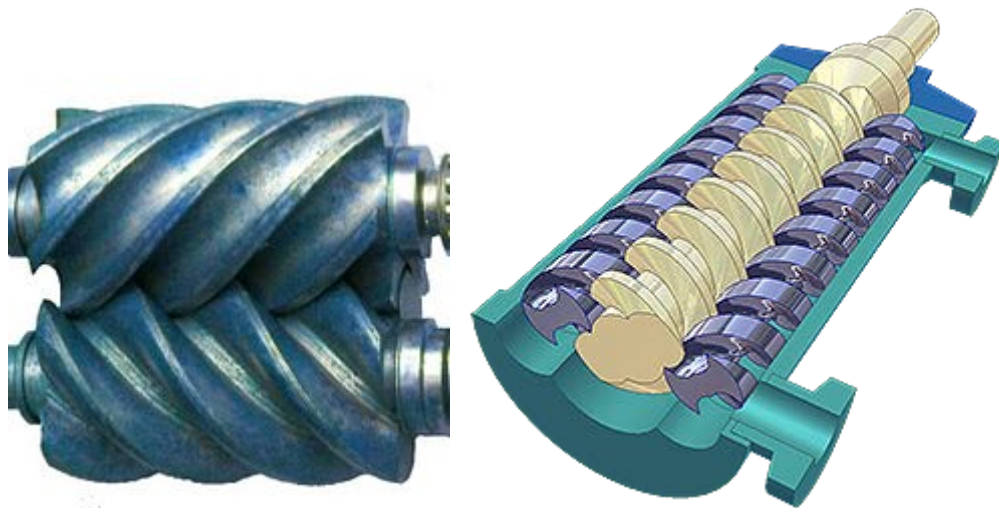


Рисунок. Конструкция винтов в двухвинтовом и 3х-винтовом насосе. Жидкость перемещается вдоль оси насоса

Пластинчатый насос

Пластинчатая гидромашина (шиберная, коловратная гидромашина) — роторная объёмная гидромашина, вытеснителями в которой являются две и более пластин (шиберов).

Изготавливают пластинчатые гидромашины однократного действия и двукратного действия. Известны также гидромашины многократного действия. В машинах однократного действия за один оборот вала гидромашин процесс всасывания и нагнетания осуществляется один раз, в машинах двукратного действия - два раза.

Пластинчатые насосы могут использоваться в режиме гидромотора только в том случае, если в пространстве под пластинами расположены пружины, осуществляющие прижим пластин к корпусу статора. При отсутствии таких пружин насос не является обратимым.

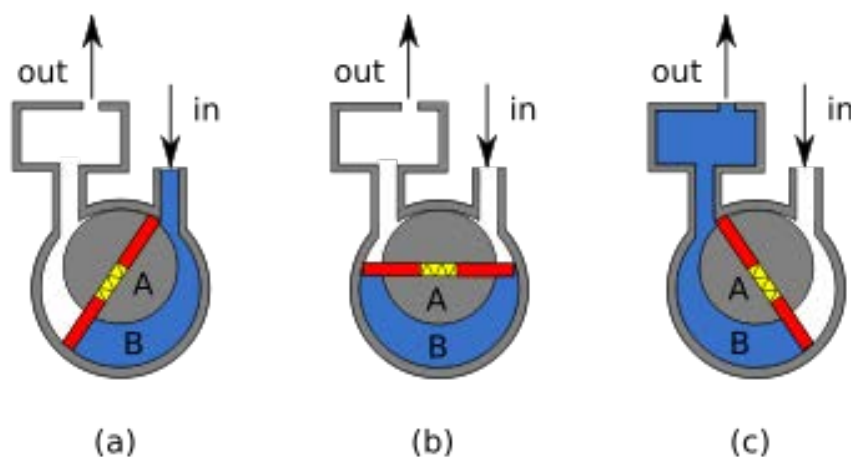
Принцип работы насоса однократного действия состоит в следующем. При сообщении вращающего момента вала насоса ротор гидромашин приходит во вращение. Под действием центробежной силы (или под действием силы упругости пружин, находящихся под пластинами) пластины прижимаются к корпусу статора, в результате чего образуется две полости, герметично отделённых друг от друга. Объём одной из полостей постепенно увеличивается (в эту полость происходит всасывание), а одновременно с этим объём другой полости постепенно уменьшается (из этой полости осуществляется нагнетание рабочей жидкости).

Изменение рабочего объёма в процессе работы возможно осуществлять только в машинах однократного действия. Однако в таких гидромашин со стороны полости высокого давления на ротор действует постоянная радиальная сила, что приводит к более быстрому износу деталей гидромашин. В машинах двукратного действия полостей высокого давления — две, и радиальные силы скомпенсированы друг другом.

Изменение рабочего объёма (регулирование гидромашины) осуществляется путём изменения эксцентриситета — величины смещения оси ротора относительно оси статора.

Пластинчатые гидромашины способны работать при давлениях до 14 МПа, рекомендуемые частоты вращения обычно лежат в пределах 1000—1500 об/мин.

В сравнении с шестерёнными, пластинчатые гидромашины создают более равномерную подачу, а в сравнении с роторно-поршневыми и поршневыми гидромашинами — дешевле, проще по конструкции и менее требовательны к фильтрации рабочей жидкости.



A: eccentrico
B: camera con volume variabile

Рисунок. принцип работы пластинчатой гидромашины с двумя пластинами

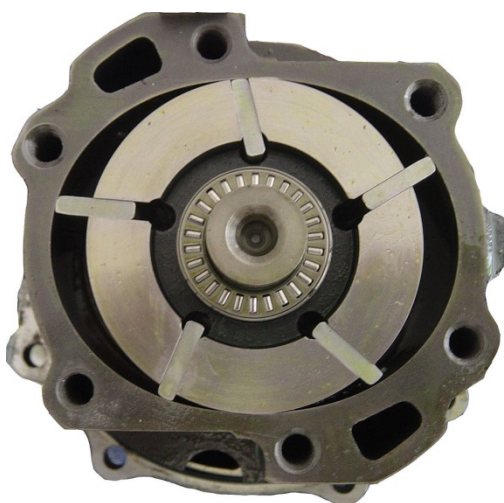


Рисунок. Пластинчатый насос двукратного действия. Пластины направлены немного вперёд по направлению вращения ротора для уменьшения изгибающих моментов, действующих на пластины; такая конструктивная особенность позволяет уменьшить вероятность заклинивания пластин и увеличить их максимальный ход, а значит и рабочий объём

Радиально-плунжерный насос

Данный вид гидромашин чаще используется в режиме гидромотора, чем в режиме насоса. В том числе, широкое распространение получили высокомоментные радиально-плунжерные гидромоторы, в качестве которых используются радиально-плунжерные или радиально-поршневые гидромашин многократного действия. Гидромашин многократного действия — это такая гидромашин, у которой процесс всасывания и нагнетания за один оборот вала гидромашин осуществляется несколько раз. Показанные на рисунках гидромашин являются гидромашин однократного действия.

По конструктивному исполнению гидромашин выполняются как с поршнями, направленными от центра гидромашин, так и поршнями, направленными к центру гидромашин.

Гидромашин с плунжерами, направленными от центра машин, способны работать при меньших максимальных оборотах чем аксиально-плунжерные из-за большего момента инерции и возможной неуравновешенности вращающихся частей. Частоты вращения не превышают у большинства радиально-поршневых гидромашин данного типа 1500 об/мин, тогда как у аксиально-плунжерных гидромашин этот показатель достигает значения 4000 об/мин.

Данный вид гидромашин способен работать при давлениях до 35 МПа. Это несколько меньше, чем у аксиально-плунжерных гидромашин (до 40 МПа). Однако, есть данные, что как аксиально-плунжерные гидромашин, так и радиально-плунжерные способны работать при давлениях до 100 МПа .

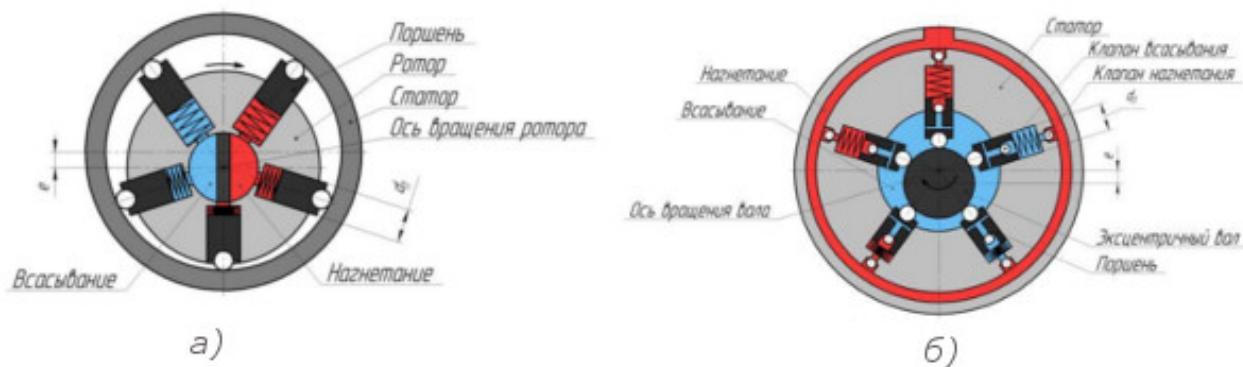


Рисунок. Радиально-плунжерный насос



Рисунок. Радиально-плунжерный насос

Синусоидальный насос

Синусоидальный насос — насос объемного типа. Его основной элемент - ротор — диск с двумя синусоидальными волнами, повернутыми на 90 градусов. Ротор вращается внутри двух полуцилиндрических пластиковых статоров, образуя четыре симметричные вращающиеся камеры, в которых перемещается продукт. Особенность работы насосов заключается в том, что камеры при движении представляют собой единое целое, и их объём в процессе перекачивания не изменяется; поэтому перекачиваемая среда не подвергается сколько-нибудь значительным механическим воздействиям. Зону нагнетания и всасывания разделяет пластиковый скребок, установленный на роторе, который способствует перемещению продукта к выходному патрубку. Внутреннее проскальзывание среды в насосах такой конструкции определяется, в основном, шириной зазоров между ротором и пластиковыми статорами, корпусом насоса и скребком. Благодаря минимальной деформации жидкости, насос перекачивает высоковязкие вещества.

Преимущества

- Бережное перекачивание
- Низкий уровень пульсации
- Отсутствие пенообразования
- Эффективное перекачивание высоковязких сред
- Высокая всасывающая способность (при заполненной рабочей камере)
- Простая конструкция с одним штоком
- Компактный размер
- Гигиеническая конструкция

Недостатки

- Быстрый износ проточной части при перекачивании абразивных сред

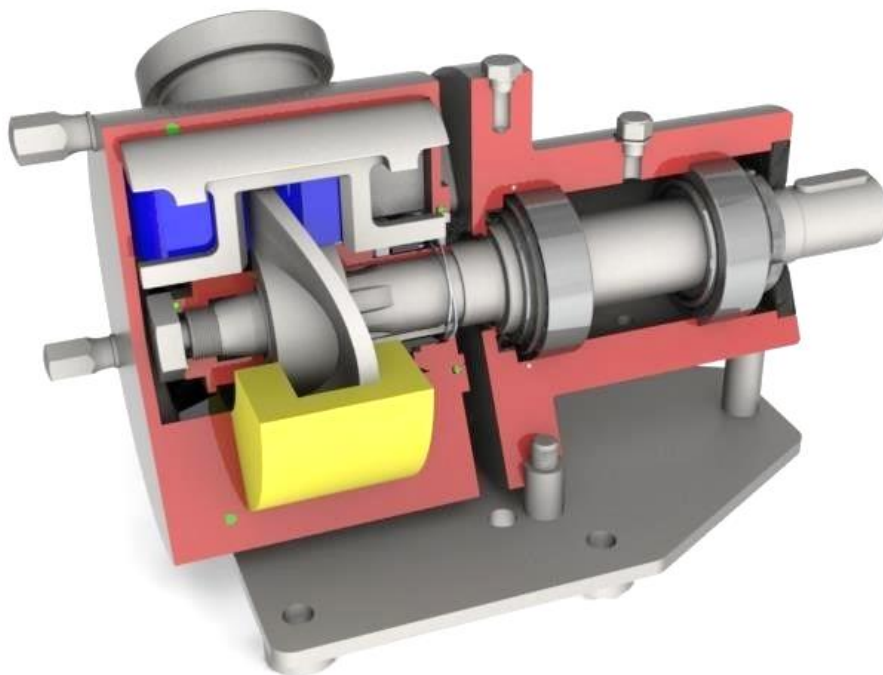


Рисунок. Синусоидальный насос

Перистальтический насос

Принцип действия основан на передавливании эластичной трубки каким-либо механическим органом, например катящимися по окружности роликами, которые проталкивают жидкость на выход насоса.

Конструктивно обычно состоит из эластичной трубки или шланга, двух или более роликов или башмаков и трека эластичной трубки, к которому ролики прижимают трубку, сужая её проходное сечение.

Существуют конструкции и без опорной поверхности, в них трубка пережимается роликами благодаря её натяжению.

Перистальтические насосы также можно разделить на трубчатые (деформируемый элемент — однородная трубка) и шланговые (деформируемый элемент — многослойный шланг, для прочности усиленный кордом).

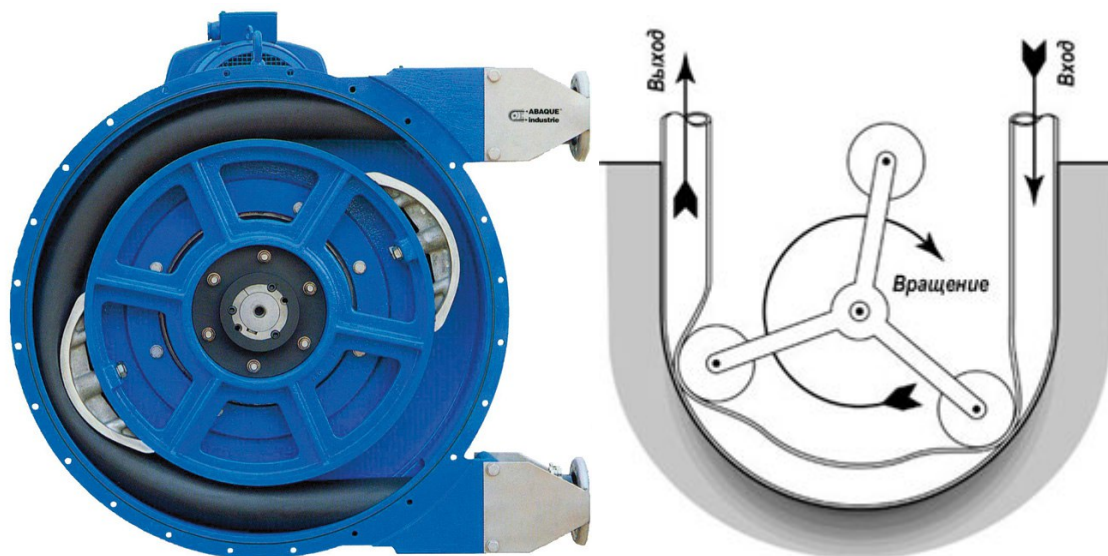


Рисунок. Перистальтические насосы

Преимущества

- Отсутствие трущихся пар металл по металлу.
- Перекачиваемая среда контактирует только с материалом эластичной трубки.
- Высокий коэффициент готовности, минимальное время простоя и обслуживания.
- Низкая трудоёмкость на установку, обслуживание, чистку.
- Высокая ремонтопригодность, наиболее подверженная износу деталь — легкозаменяемая эластичная трубка.
- Хорошая воспроизводимость зависимости расхода от скорости вращения ротора, лучше чем $\pm 0,5\%$.
- Относительно низкий уровень шума.

Недостатки

- Ограничение по температуре перекачиваемой среды, обусловленной термостойкостью материала эластичной трубки, для распространённых силиконовых резин от 0 до 90 °С.
- Ограничение по давлению (для трубчатого перистальтического насоса максимальное давление 7 атм, для шлангового перистальтического насоса — до 16 атм).
- Ограничения по перекачиваемым средам. Трубки для высокоагрессивных сред, например минеральных концентрированных кислот, дорогие.
- Падение производительности при работе с высоковязкими средами.