

НАСОС

Насос - устройство (гидравлическая машина, аппарат или прибор) для напорного перемещения (всасывания и нагнетания) главным образом капельной жидкости в результате сообщения ей внешней энергии (потенциальной и кинетической). Устройства для безнапорного перемещения жидкости насосами обычно не называют и относят к водоподъемным машинам.

Основной параметр насосов - количество жидкости, перемещаемое в единицу времени, т. е. осуществляемая объемная подача. Для большинства насосов важнейшими техническими параметрами также являются: развиваемое давление или соответствующий ему напор, потребляемая мощность и кпд.

Названия большинства устройств, применяемых для всасывания и нагнетания жидкостей, состоят из слова «насос» и соответствующего определения, характеризующего, как правило, либо принцип его действия (например, центробежный, электромагнитный), либо особенности конструкции (горизонтальный, зубчатый, шиберный), либо подаваемую среду (например, грунтовой насос). Иногда определительное слово фиксирует назначение или область применения насоса (например, лабораторный, дозировочный), тип привода (ручной, с электроприводом), а также автора конструкции (например, насос Гемфри) или название фирмы (насос СИХИ - по первым буквам слов *Siemen Hinsch*; насос Фарко - по имени владельца завода). Некоторые из рассматриваемых устройств получили особые названия, например: газлифт, одна из конструкций которого называется маммут-насос, или насос Маммута; вытеснители, к которым относится монжус, называемый также насосом Монтежю, или пневматический насос; гидроэлеватор, инжектор и эжектор, являющиеся разновидностями струйного насоса. Под названием насоса известны также устройства совершенно иного назначения, например: вакуумные насосы, предназначенные для удаления газов из замкнутых объемов; тепловой насос — установка для передачи теплоты из окружающей среды (воздуха или воды), имеющей низкую температуру, к объекту с более высокой температурой (например, к воде отопительной системы); насос магнитного потока, осуществляющий периодические изменения магнитного потока в замкнутой цепи и др.

Устройства для напорного перемещения жидкостей разделяют на виды и разновидности по различным признакам, например по принципу действия и конструкции. Такой признак положен в основу классификации, представленной в стандартах (ГОСТ 17389-72). Насосы можно также условно разделить на 2 группы: насосы-машины, приводимые в действие от двигателей, и насосы-аппараты, которые действуют за счет иных источников энергии и не имеют движущихся рабочих органов. насосы-машины бывают лопастные (центробежные, осевые, вихревые), поршневые, роторные (шестеренные, колесчатые, пластинчатые, винтовые и др.). К насосам-аппаратам относятся струйные (жидкостно-жидкостные и газо-жидкостные), газлифты (в т. ч. эрлифты), вытеснители (в т. ч. паровые и газовые), гидравлические тараны, магнитогидродинамические насосы и др.

Насосы всех типоразмеров в России имеют условные обозначения (марки), состоящие обычно из букв и цифр.

Изобретение насоса относится к глубокой древности. Первый насос для тушения пожаров, который изобрел древнегреческий механик Ктесибий, был описан в 1 в. до н. э. древнегреческим ученым Героном из Александрии в соч. «Pneumatica», а затем М. Витрувием в труде «De Architectura». Простейшие деревянные насосы с проходным поршнем для подъема воды из колодцев, вероятно, применялись еще раньше. До начала 18 в. поршневые насосы по сравнению с водоподъемными машинами использовались редко. В дальнейшем в связи с ростом потребностей в воде и необходимостью увеличения высоты ее подачи, особенно после появления паровой машины, насосы постепенно стали вытеснять водоподъемные машины. Требования к насосам и условия их применения становились все более разнообразными, поэтому наряду с поршневыми насосами стали создавать вращательные насосы, а также различные устройства для напорной подачи жидкостей. Т. о., исторически наметились три направления их дальнейшего развития: создание поршневых насосов, вращательных насосов и гидравлических устройств без движущихся рабочих органов.

Подъем в развитии поршневых насосов наблюдался в конце 18 в., когда для их изготовления стали применять металл и использовать привод от паровой машины. С середины 19 в. начали широко внедряться в производство паровые прямодействующие поршневые насосы. К этому периоду относится создание крыльчатых насосов, прообразом которых является поршневой насос с кольцевым цилиндром, описанный франц. инженером А. Рамелли в 1588 («Le diverse et artificiose machine»). Развитие теории поршневых насосов тесно связано с работами отечественных ученых и инженеров (К. Бах, Г. Берг, А. П. Герман, В. Г. Шухов, П. К. Худяков, И. И. Куколевский, А. А. Бурдаков и др.). Достижения в области поршневых насосов были широко использованы также при создании поршневых компрессоров, гидравлических прессов и других устройств, но сами поршневые насосы начиная с 20-30-х гг. 20 в. стали заметно вытесняться из ряда областей центробежными, роторными и др.

Другой путь развития Н. начался с изобретения так называемых вращающихся насосов, имевших по одному ротору, которые также были описаны Рамелли. Насос с эксцентрическим ротором является прототипом современных шиберных насосов. В 1624 И. Лейрехон в книге «La recreation mathematicae» описал двухроторный коловратный насос, который можно рассматривать как прообраз современных зубчатых насосов. В дальнейшем появились и другие разновидности роторных насосов, представителем которых является, например, лабиринтный насос, созданный уже в 50-е гг. 20 в. Первый вихревой насос, названный центробежным самовсасывающим, был предложен в 1920 в Германии инженером С. Хиншем, затем появились и другие разновидности.

Идея использования центробежной силы для подачи жидкостей возникла в 15 в. еще у Леонардо да Винчи и, по-видимому, независимо от него была реализована в начале 17 в. французским инженером Бланкано, построившим простейший центробежный насос для подачи воды, рабочим органом которого служило открытое вращающееся колесо. Один из первых центробежных насосов со спиральным корпусом и четырехлопастным рабочим колесом был предложен французским ученым Д. Папеном, который усовершенствовал конструкцию ранее известной воздуходувки «Hessians». В конце 19 в., когда появились быстроходные тепловые, а затем электрические двигатели, центробежные насосы получили более широкое применение. В 1838 русский инженер А. А. Саблуков на основе созданного им ранее вентилятора построил одноступенчатый центробежный

насос, в 1846 американский инженер Джонсон предложил многоступенчатый горизонтальный насос, в 1851 аналогичный насос был создан в Великобритании по патенту Гуинна (насос Гуинна), в 1899 русский инженер В. А. Пушечников разработал вертикальный многоступенчатый насос для буровых скважин глубиной до 250 м. Этот насос, построенный в Париже на заводе Фарко (насос Фарко), предназначался для водоснабжения Москвы, имел подачу 200 куб. м/ч, кпд до 70%. В России первые центробежные насосы начали изготавливать в 1880 на заводе Г. Листа в Москве.

Развитие осевых насосов основывалось на опыте аналогичных ям гидротурбин. Проектирование и исследование осевых (пропеллерных и поворотных-лопастных) насосов относится к кон. 19 - началу 20 вв. В России эти насосы разрабатываются начиная с 1932. Большую роль в создании теории и совершенствовании конструкции центробежных и осевых насосов сыграли труды Л. Эйлера, О. Рейнольдса, Н. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина, К. Пфлайдерера и других ученых.

Третье направление развития устройств для напорной подачи жидкостей объединяет несколько путей создания и совершенствования насосов-аппаратов. Прототипы вытеснителей, согласно свидетельству Герона, изготавливались уже в Древней Греции (устройства для вытеснения из сосуда воды подогретым воздухом или водяным паром). Первым вытеснителем производственного назначения была предложенная в 1698 английским инженером Т. Севери паровая водоотливная установка. Это устройство можно считать прототипом изобретенного в Германии в 1871 Халлем пульсометра, имевшего 2 камеры и действовавшего автоматически.

Идея использования сжатого воздуха для подачи воды высказывалась в 1707 Папеном и другими инженерами, но практически была применена значительно позже (в 20 в.) — в монжусе и в двухкамерном водоподъемнике вытеснения для водяных скважин (конструкция инженера В. П. Савотина). Подача воды под действием давления продуктов сгорания жидкого топлива была осуществлена в Великобритании в 1911 Н. Л. Гемфри.

Принципиально иной способ подачи воды или нефти из скважин с помощью сжатого воздуха или другого газа был применен в газлифтах, которые были предложены в середине 19 в., а позднее нашли и практическое применение (с 1897 в России на нефтепромыслах в Баку, с 1901 в США).

С изобретением Монгольфье в 1796 автоматически действующего гидравлического тарана наметился еще один путь развития устройств для напорной подачи Жидкости, принцип действия которых был основан на использовании для подачи воды периодически создаваемых гидравлических ударов. В дальнейшем были предложены различные конструкции гидравлических таранов. В СССР нашли распространение установки инженера Д. И. Трёмбовельского (1927) и др.

Одной из разновидностей насосов-аппаратов явился водоструйный насос, который как лабораторный прибор был предложен английским ученым Д. Томпсоном в 1852 и служил для отсасывания воды и воздуха. Первый промышленный образец струйного аппарата применил инженер Нагель в 1866 (предположительно в Германии) для удаления воды из шахт. Позднее созданы различные струйные насосы в виде водо- водяных эжекторов, паро-водяных

инжекторов и многие другие. Основы теории струйных насосов были заложены в работах Г. Цейнера и У. Ранкина во 2-й пол. 19 в. и получили существенное развитие в 30-х гг. 20 в. благодаря исследованиям американского инженера О'Брайена и Гослина и советских специалистов Л. Д. Бермана, К. К. Баулина, А. Н. Ложкина, Е. Я. Соколова, Н. М. Зингера и др. Позднее предложен гидropневматический водоподъемник для скважин (В. П. Сироткин, Я. С. Суреньянц), в конструкции которого объединены струйный насос и эрлифт. Одним из направлений развития насосов-аппаратов является создание магнитогидродинамических насосов. Первые такие насосы на постоянном токе были предложены Голденом (1907) и Гартманом (1919) и насосы на переменном токе — Чаббом (1915). Однако широко их стали применять в России и за рубежом только в 50—60-е гг. 20 в., гл. образом в связи с успехами атомной энергетики.

Центробежные насосы являются наиболее распространенными в настоящее время и предназначаются для подачи холодной или горячей ($t > 60$ град. С) воды, вязких или агрессивных жидкостей (кислот и щелочей), сточных вод, смесей воды с грунтом, золой и шлаком, торфом, раздробленным каменным углем и т. п. Их действие основано на передаче кинетической энергии от вращающегося рабочего колеса тем частицам жидкости, которые находятся между его лопастями. Под влиянием возникающей при этом центробежной силы частицы подаваемой среды из рабочего колеса перемещаются в корпус насоса и далее, а на их место под действием давления воздуха поступают новые частицы, обеспечивая непрерывную работу насоса.

Рабочие колеса насоса могут быть не только с односторонним подводом жидкости, но и с двухсторонним, что позволяет почти полностью уравнивать давление жидкости на внешние боковые поверхности колеса. Одной из важных практических характеристик рабочих колес центробежных и некоторых других насосов является коэффициент быстроходности - число оборотов в 1 мин такого рабочего колеса, которое геометрически подобно рассматриваемому и при подаче равной 75 л/сек развивает напор равный 1 м.

Значения коэффициента быстроходности < 50 имеют вихревые насосы, а область равная 400-1500 об/мин соответствует осевым, а также диагональным насосам, занимающим промежуточное положение между центробежными и осевыми насосами.

Для создания больших напоров применяют многоступенчатые насосы, в которых жидкость проходит последовательно несколько рабочих колес, получая от каждого из них соответствующую энергию. Важнейшей особенностью центробежных насосов является непосредственная зависимость напора, а также мощности, кпд и допустимой высоты всасывания от подачи, которая для каждого типа насосов выражается соответствующими графиками, называемыми характеристиками. Кпд центробежного насоса при определенном режиме его работы достигает максимального значения, а затем с увеличением подачи снижается. Крупнейшие центробежные насосы отечественного производства могут обеспечить подачу воды до 65 000 куб. м/ч при напоре 18,5 м, потребляя мощность 7,5 Мвт, максимальный кпд равен 88—92 %. В США для насосной станции Гранд-Кули создан вертикальный одноступенчатый центробежный насос с подачей 138 000 куб. м/ч и напором 95 м при мощности 48 Мвт.

Осевые насосы предназначаются главным образом для подачи больших объемов жидкостей. Их работа обусловлена передачей той энергии, которую получает жидкость при силовом воздействии на нее лобовой поверхности вращающихся лопастей рабочего колеса. Частицы подаваемой жидкости при этом имеют криволинейные траектории, но, пройдя через выправляющий аппарат, начинают перемещаться от входа в насос до выхода из него, в основном вдоль его оси (откуда и название).

Существуют 2 основных разновидности осевых насосов: жестко-лопастные с лопастями, закрепленными неподвижно на втулке рабочего колеса, называемые пропеллерными, и поворотнo-лопастные, оборудованные механизмом для изменения угла наклона лопастей. Насосы обеих разновидностей строят обычно одноступенчатыми, реже двухступенчатыми.

Изменением наклона лопастей рабочего колеса достигается регулирование подачи с поддержанием КПД на высоком уровне в широких пределах. Рабочие колеса осевого насоса имеют очень высокий коэффициент быстроходности (от 500 до 1500 об/мин). При малых подачах их характеристики круто снижаются.

Вихревые насосы обладают хорошей способностью самовсасывания, т. е. возможностью начинать действие без предварительного заполнения всасывающей трубы подаваемой средой, если она имеется в корпусе насоса. Благодаря этому они применяются для подачи легкоиспаряющихся или насыщенных газами капельных жидкостей и в комбинации с центробежными насосами. Существуют 2 разновидности вихревых насосов: закрытого и открытого типа. В вихревом насосе закрытого типа частицы жидкости из ячеек, расположенных по периферии рабочего колеса, под влиянием центробежных сил будут переходить в канал корпуса насоса и затем, передав часть своей кинетической энергии находящейся там среде, возвратятся в другие ячейки. Совершая винтообразное вихревое перемещение, каждая частица за время ее нахождения в насосе несколько раз побывает в ячейках ротора и получит от него определенную энергию. В результате такого многоступенчатого действия вихревые насосы по сравнению с такими же (по размерам и скорости вращения) центробежными насосами развивают в 3—7 раз больший напор, но работают с более низким (в 2—3 раза) КПД. В вихревых насосах открытого типа жидкость подводится вблизи вала насоса, проходит между лопатками рабочего колеса и отводится к выходному отверстию в корпусе из открытого (без перемычки) периферийного канала. В зарубежной литературе вихревые насосы называют фрикционными, регенеративными, турбулентными, самовсасывающими и др.

Поршневые насосы отличаются большим разнообразием конструкций и широтой применения. Действие поршневых насосов состоит из чередующихся процессов всасывания и нагнетания, которые осуществляются в цилиндре насоса при соответствующем направлении движения рабочего органа - поршня или плунжера. Эти процессы происходят в одном и том же объеме, но в различные моменты времени. По способу сообщения рабочему органу поступательно-возвратного движения насосы разделяют на приводные (обычно с коленчатым валом и шатунным механизмом) и прямодействующие. Чтобы периодически соединять рабочий объем то со стороны всасывания, то со стороны нагнетания, в насосе предусмотрены всасывающий и нагнетательный клапаны. Во время работы насосов жидкость получает главным образом потенциальную энергию, пропорциональную давлению ее нагнетания. Неравномерность подачи, связанная

с изменением во времени скорости движения поршня или плунжера, уменьшается с увеличением кратности действия насоса и может быть почти полностью устранена применением воздушно-гидравлического компенсатора. Поршневые насосы классифицируют на горизонтальные и вертикальные, одинарного и многократного действия, одно- и многоцилиндровые, а также по быстроходности, роду подаваемой жидкости и другим признакам. По сравнению с центробежными насосы поршневые имеют более сложную конструкцию, отличаются тихоходностью, а следовательно, и большими габаритами, а также массой на единицу совершаемой работы. Но они обладают сравнительно высоким КПД и независимостью (в принципе) подачи от напора, что позволяет использовать их в качестве дозирующих. Поршневые насосы могут создавать при нагнетании жидкости давления порядка 100 Мн/кв. м (1000 кгс/кв. см) и более.

Роторные насосы получили распространение главным образом для осуществления небольших подач жидкости. По особенностям конструкции рабочих органов роторные насосы можно подразделить на зубчатые (в т. ч. шестеренные), винтовые, шиберные, коловратные, аксиально-поршневые и радиально-поршневые, лабиринтные и др. Каждый из них имеет свои разновидности, но объединяющий их признак - общность принципа действия, в основном аналогичного действию поршневых насосов. Роторные насосы отличаются отсутствием всасывающего и нагнетательного клапанов, что является их большим преимуществом и упрощает конструкцию.

Зубчатый насос с внешним зацеплением двух шестерен - наиболее распространенный - всасывает жидкость при выходе зубьев одного колеса из впадин другого и нагнетает ее при входе зубьев одной шестерни в зацепление с другой. Зубчатые насосы снабжаются предохранительным клапаном, который при достижении максимально допустимого давления перепускает жидкость со стороны нагнетания на сторону всасывания. Зубчатые насосы используют для подачи нефтепродуктов и других жидкостей без абразивных примесей.

Шиберный пластинчатый насос действует в результате изменения рабочих объемов, заключенных между соседними пластинами и соответствующими участками поверхностей ротора и корпуса насоса. В левой части насоса при вращении по часовой стрелке эксцентрично расположенного ротора этот объем увеличивается, из-за чего давление в нем понижается и создается возможность для всасывания жидкости. В другой части насоса при вращении ротора межлопаточные пространства уменьшаются, что обеспечивает нагнетание подаваемой среды. Эти насосы бывают одинарными и сдвоенными. Они предназначены для нагнетания чистых не очень вязких минеральных масел до давления 6 Мн/кв. м (60 кгс/кв. см) и более и применяются в системах гидропривода и др. устройствах.

Струйные насосы из числа насосов-аппаратов имеют наиболее широкую область применения и наибольшее разнообразие конструкций. Одним из них является водоструйный насос, действие которого состоит в основном из трех процессов - преобразования потенциальной энергии рабочей жидкости в кинетическую (в коническом сходящемся насадке), обмена количеством движения между частицами рабочей жидкости и подаваемой среды (в камере смешения), а также перехода кинетической энергии смеси рабочей и транспортируемой жидкостей в потенциальную (в диффузоре). Благодаря этому в камере смешения создается разрежение, что обеспечивает всасывание подаваемой среды. Затем давление

смеси рабочей и транспортируемой жидкостей значительно повышается в результате снижения скорости движения, что делает возможным нагнетание. Струйные насосы просты по устройству, надежны и долговечны в эксплуатации, но их КПД не превышает 30%.

Особенности конструкции и принцип действия различных насосов определяют диапазоны подачи и напора, в пределах которых целесообразно применять насосы того или иного типа.

Рассматривая области применения устройств для напорной подачи жидкостей, следует также иметь в виду, что еще в 19 в., особенно в Великобритании, насосы использовались (до внедрения электропривода) как генераторы гидравлической энергии. Эта энергия от центральных энергетических установок (с поршневыми насосами и паровыми машинами) по специальным водопроводам высокого давления передавалась на промышленные предприятия к потребителям. С начала 20 в. стали применять центробежные и роторные насосы в качестве генераторов гидравлической энергии в гидравлических передачах и системах гидропривода машин, в которых наряду с гидравлическими двигателями они являются основным элементом.

НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ

Насосная станция - сооружение, состоящее, как правило, из здания и оборудования - насосных агрегатов (рабочих и резервных), трубопроводов и вспомогательных устройств. Здания насосной станции бывают наземные (фундаменты стен и агрегатов не связаны между собой), полузаглубленные (с шахтой, для того чтобы насосы можно было расположить на требуемой высоте над уровнем подаваемой среды) и подземные. Известны также плавучие насосные станции – на барже или понтоне.

На современных насосных станциях используется ручное, автоматизированное управление. Насосные станции входят в системы водоснабжения и канализации, применяются на нефтепроводах, в системах орошения и системах осушения, на судоходных каналах и т. д.

НАСОСНАЯ УСТАНОВКА

Насосная установка - комплекс устройств, включающий, как правило насосный агрегат, подводящие (всасывающие) и отводящие (нагнетательные) трубопроводы, резервуары для жидкости, а также арматуру (задвижки и пр.) контрольно-измерительные и др. приборы (в т. ч. для сигнализации и автоматического управления).

Насосные установки бывают постоянные, временные и краткосрочные, в которых часто применяют передвижные насосные агрегаты и гибкие шланги вместо металлических труб насосные установки классифицируют также по назначению: строительные, водопроводные, канализационные и др. При наличии нескольких

агрегатов различают насосные установки с отдельной параллельной и последовательной работой) насосов.

Важнейшие технические показатели, характеризующие насосные установки: геометрические высоты всасывания и нагнетания, составляющие полную высоту подачи жидкости, давления на поверхностях жидкости в приемном и напорном резервуарах, диаметры и длины подводящего и отводящего трубопроводов, а также паспортные данные о насосном агрегате. Режим работы насосной установки устанавливается в результате взаимодействия насосного агрегата с другими основными ее элементами и всегда характеризуется равенством напора насоса тому напору, который преодолевается в данных условиях (с учетом потерь напора в трубопроводах и разности давлений). Изменение режима эксплуатации насосной установки может происходить под влиянием различных факторов или целенаправленно, путем применения того или иного способа регулирования (например, путем изменения частоты вращения вала насоса).

Для нормального (устойчивого, надежного) действия насосной установки необходимо, чтобы высота расположения насоса над поверхностью захватываемой им жидкости не превышала допустимой высоты всасывания. Автоматизация пуска, остановки, защиты от аварий и др. процессов, сопутствующих действию насосной установки, достигается с помощью соответствующих реле (уровня, давления, теплового и др.), контакторов, магнитных пускателей и др. устройств.

НАСОСНЫЙ АГРЕГАТ

Насосный агрегат - совокупность устройств, состоящая обычно из насоса, двигателя и передачи. Насосные агрегаты бывают стационарные, устанавливаемые на фундаменте, в скважине и др. местах, и передвижные, смонтированные на ходовой тележке, шасси и т. п. В зависимости от типа двигателя насосного агрегата различают электронасосные (с электродвигателем), турбонасосные (с турбиной), дизель- и мотонасосные (с двигателем внутреннего сгорания) и др. Первые насосные агрегаты, описанные в 1613 Г. Цейзингом, имели привод от водяного колеса. Затем в 1698 Т. Севери, а в 1712 Т. Ньюкомен предложили принципиально новые типы насосных агрегатов, в которых использовалось давление водяного пара и атмосферного воздуха. С начала 20 в. наибольшее распространение получили насосные агрегаты с электроприводом. Насосные агрегаты небольшой мощности обычно имеют моноблочную конструкцию с корпусом, в котором некоторые узлы двигателя и насоса являются общими [например, паровой прямодействующий поршневой двухцилиндровый насос, запатентованный в 1849 американским инженером Генри Р. Вортингтоном, и др.]. В насосных агрегатах немоноблочной конструкции насос и двигатель соединяют муфтой (полужесткой, фрикционной) или через передачу с постоянным или регулируемым отношением скоростей вращения валов. Применяются ременные передачи с простыми или ступенчатыми шкивами, индукционные (электромагнитные) муфты скольжения и др. Насосные агрегаты обычно являются составной частью насосных установок и насосных станций