

Тема 5 Особенности проектирования и конструирования центробежных и центробежно-вихревых насосов



Области применения насосов в нефтегазодобывающей отрасли:

- 1) нагнетание жидкостей в пласты для их заводнения, заполнения жидкими углеводородами, гидроразрыва
- 2) подъем жидкостей из скважин
- 3) транспорт нефти, нефтепродуктов и сжижения газа
- 4) водоснабжения систем заводнения пластов, промышленных предприятий и коммунального хозяйства
- 5) поддержание циркуляции жидкости
- 6) Приготовление и кондиционирование смесей (цементный и глинистых растворов, суспензий для гидроразрыва), подготовка воды для закачки в пласт, для питания паровых котлов и систем охлаждения
- 7) Цементирования скважин
- 8) Гидравлическая опрессовка трубопроводов сосудов
- 9) Питание водой паровых котлов
- 10) Питание гидроприводов различных механизмов и оборудования



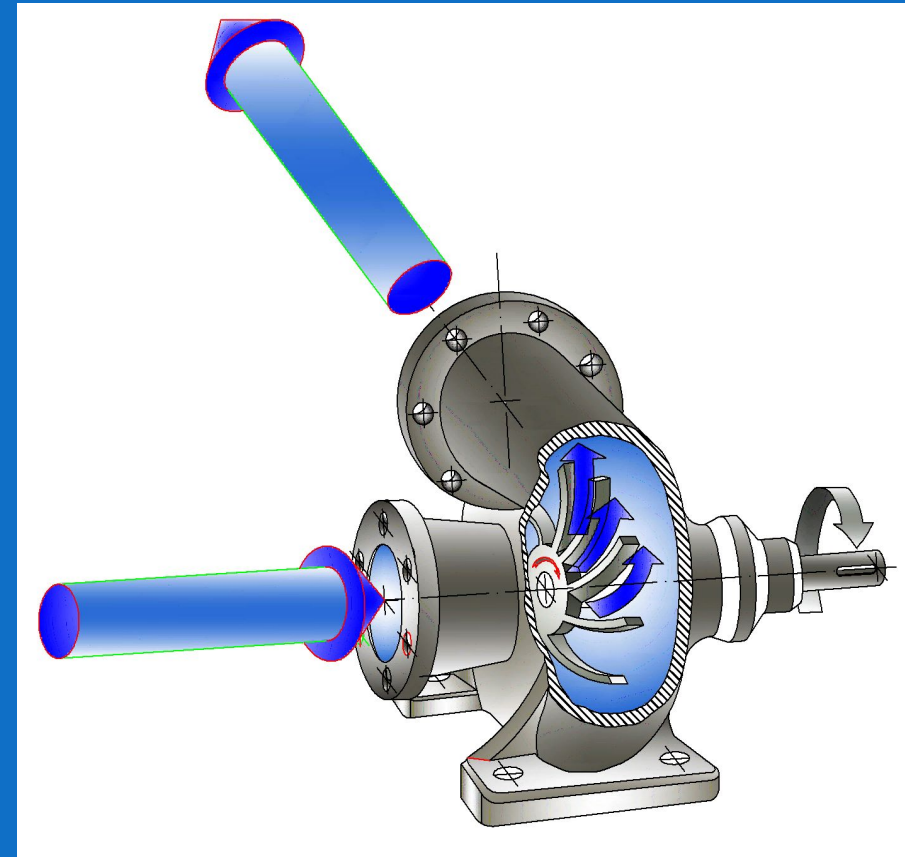
■ При комплектации насосных установок исходят из ассортимента существующих насосов. Так же, как и другое оборудование, однотипные насосы выпускают группами (размерными рядами). При этом предусмотрены графики, поля которых удовлетворяют требованиям потребителей данных насосов. Существуют размерные ряды буровых, центробежных, нефтяных и химических насосов, а также различных видов роторных насосов.

■ Для относительно малых расходов жидкости и больших давлений, как правило, предназначены возвратно-поступательные насосы, а для больших расходов при сравнительно низких давлениях – центробежные насосы. Это объясняется тем, что возвратно-поступательный насос тихоходный, так что повышение подачи в одном насосе может быть достигнуто лишь увеличением рабочего объема и, следовательно, размеров и массы машины. С другой стороны, расчетное давление центробежного насоса повышается с увеличением частоты вращения вала и числа ступеней. Чрезмерное увеличение того и другого связано с трудностями и снижением технико-экономических показателей.

Принцип действия центробежного насоса

Основным элементом центробежного насоса является рабочее колесо (импеллер), расположенное внутри спирального корпуса (улитка), которое имеет лопасти, направленные в обратную сторону относительно вращению самого колеса. Импеллер устанавливается на вал, который соединен с приводом насоса. При старте работы агрегата рабочее колесо начинает вращаться, и жидкость через всасывающий патрубок поступает вдоль оси вращения колеса.

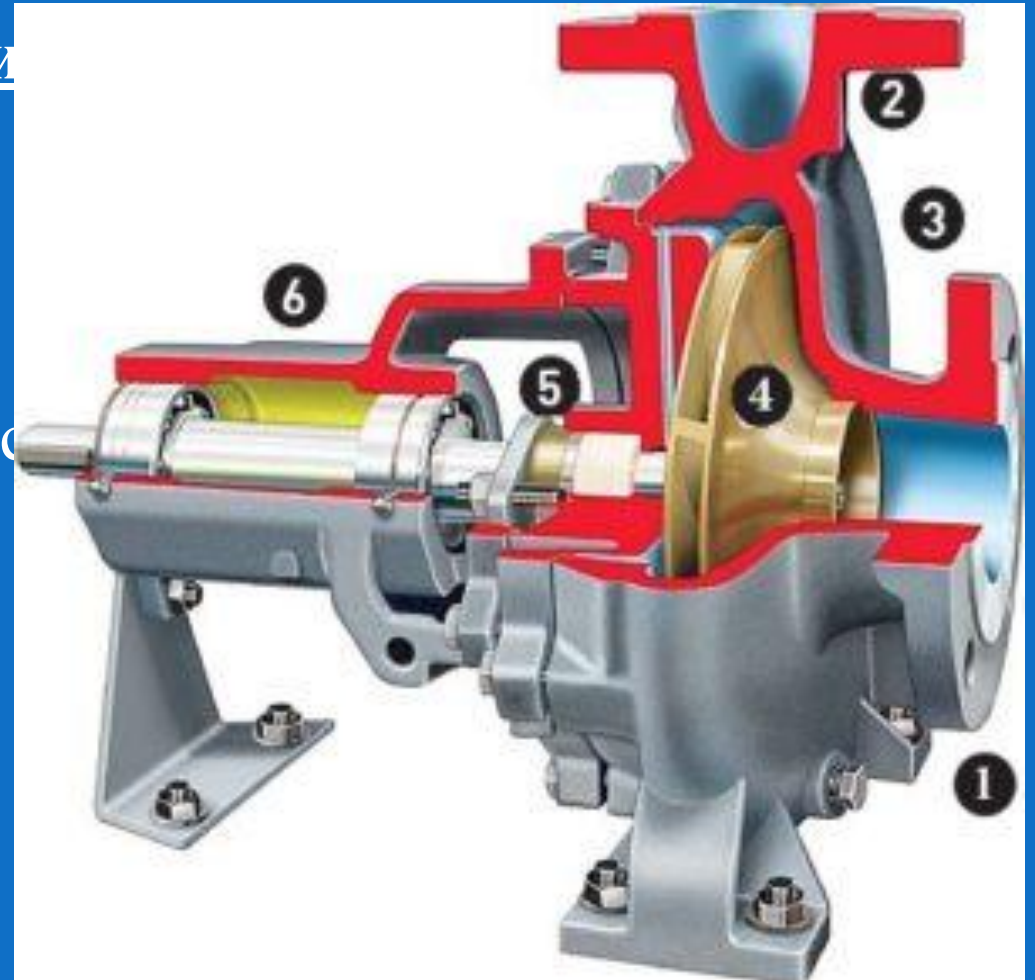
Под действием центробежной силы, жидкость перемещается по каналам между лопастями в радиальном направлении (от центра импеллера к его периферии) в спиральную камеру корпуса насоса, а затем и в нагнетательный патрубок насоса. На периферии рабочего колеса располагается зона повышенного давления. В центре же давление понижено, что обеспечивает постоянное поступление жидкости в насос.



Конструкция центробежных насосов

Центробежный насос состоит из следующих основных частей:

- Всасывающий патрубок
- Нагнетательный патрубок
- Спиральный корпус (проточная часть насоса)
- Рабочее колесо (импеллер)
- Уплотнение вала
- Картер насоса



По назначению

по типу установки

по конструктивным
исполнениям его
основных элементов

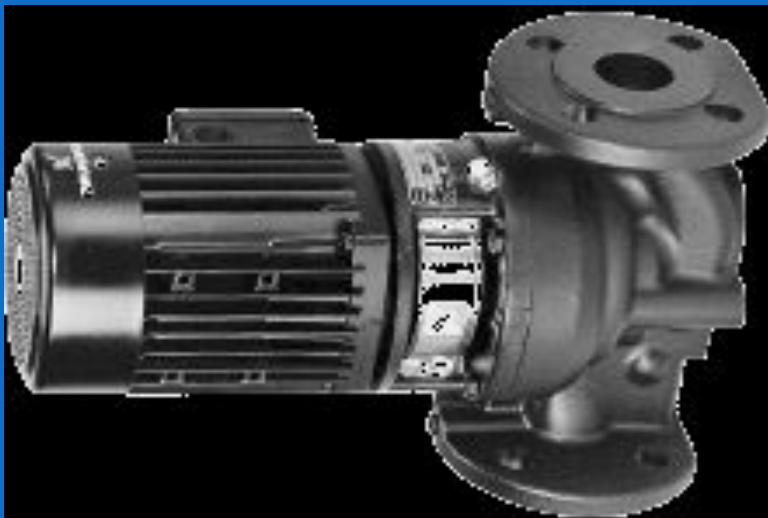
Классификация
центробежных насосов



По расположению патрубков насосов

Насос «ин-лайн» типа

Жидкость поступает в центр рабочего колеса (импеллера). Патрубки друга. расположены под 90°C относительно друг



Консольные насосы

У данного типа насоса всасывающий и нагнетательный патрубок находятся на одной линии друг напротив друга. Перекачиваемая жидкость проходит сквозь насос. Насос устанавливается на прямых участках трубопровода.



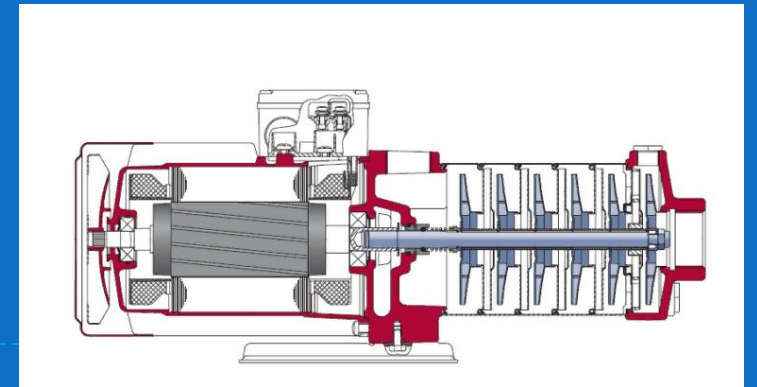
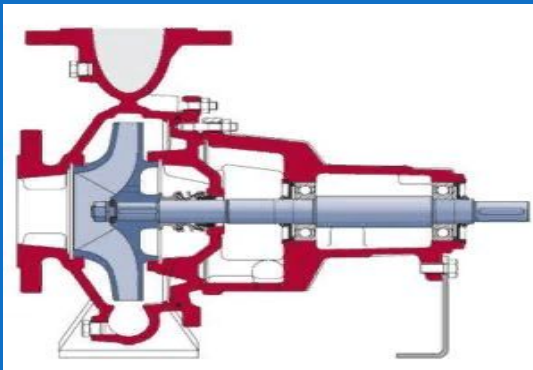
По количеству ступеней насоса

Одноступенчатый насос

Многоступенчатый насос

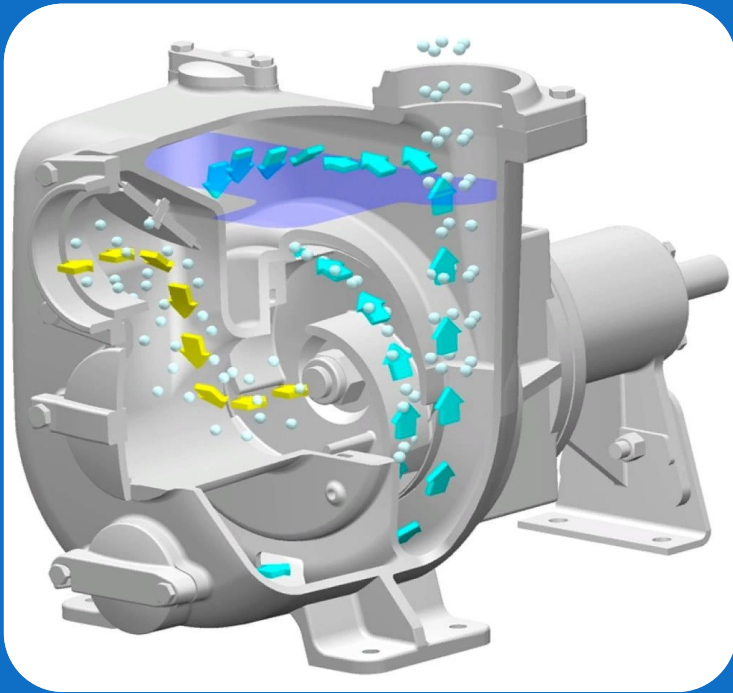
Насос с одним рабочим колесом на валу.
Данные насосы используются при задачах, где не требуется обеспечивать высокий напор. Максимальный напор у одноступенчатых насосах обычно не превышает.

Многоступенчатый насос имеет на валу более одного последовательно соединённых колес. Такой тип насосов используется для обеспечения высокого напора при сравнительно небольшом расходе. Высокий напор создается благодаря сумме напоров, создаваемых каждым отдельным колесом. Перекачиваемая жидкость переходит последовательно от одной ступени к другой.



Жидкость перемещается между колесами по специальному проводному каналу, находящемуся в крышке насосного агрегата.

Центробежное колесо внутри корпуса фиксируется во избежание возможного осевого перемещения, а конструкция вихревого колеса обычно предусматривается плавающей. В некоторых моделях оба элемента располагаются на одном валу в общем корпусе. Вихревое колесо имеет отверстия, что позволяет при работе уравнивать осевое усилие.



Центробежно-вихревые насосы

Центробежно-вихревые насосы выпускают в соответствии с нормативами ГОСТ 10392-89, где прописано, что данные устройства предназначены для перекачки безопасных жидкостей в температурном режиме от -15 до +105 градусов по Цельсию. Здесь же, в зависимости от типоразмеров насосов, указываются дополнительные расчетные параметры, определяющие:

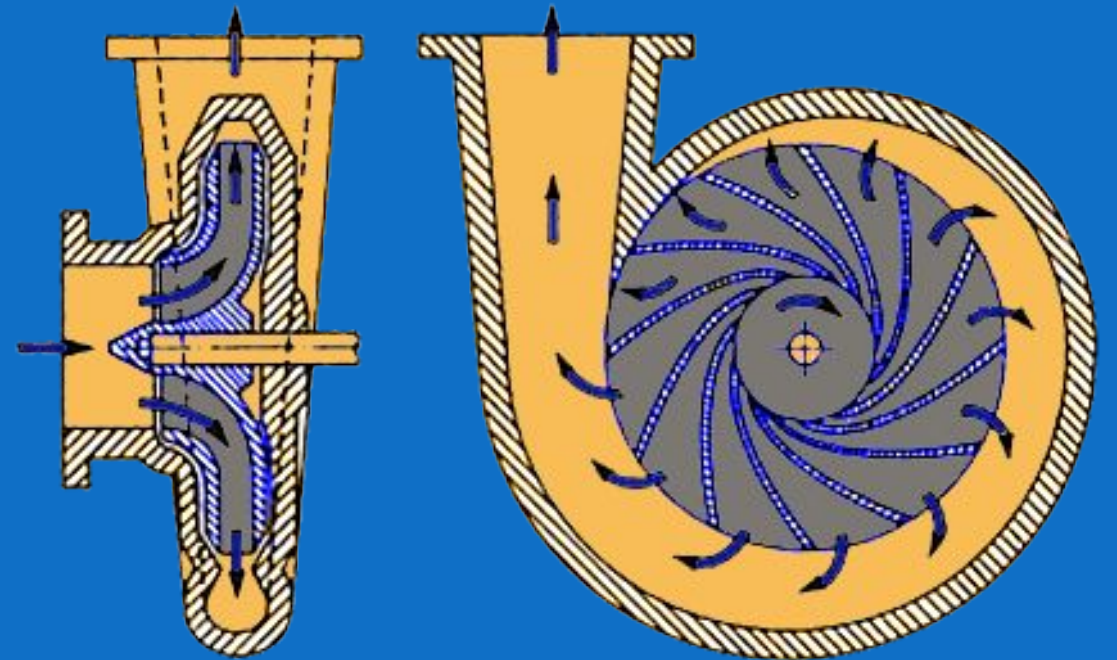
- максимальную высоту всасывания;
- кавитационный запас;
- КПД;
- частоту вращения;
- массу.

В ГОСТ приведены условные данные, исходящие из оптимального режима работы ЦВ насосов при температуре перекачиваемой жидкости около 20 градусов. Для других случаев предусматриваются допуски и отклонения. Более точные параметры и характеристики указываются в технической документации индивидуально для каждой конкретной модели центробежно-вихревого насоса.



Центробежное колесо состоит из двух дисков со вставленными между ними лопастями, развернутыми в противоположную от направления движения сторону. После наполнения через всасывающий патрубок полости первой ступени насоса колесо начинает вращаться. При этом возникает центробежная сила, отбрасывающая жидкость от центра рабочей камеры к ее стенкам.

Внутри агрегата создается определенное давление, вытесняющее воду через специальные каналы в сторону второй ступени насоса. В этот момент происходит разряжение давления в центральной части колеса, за счет чего поступает новая партия жидкости из всасывающего трубопровода. Таким образом вода непрерывно попадает в центробежную ступень рассматриваемого насоса и удаляется из камеры.

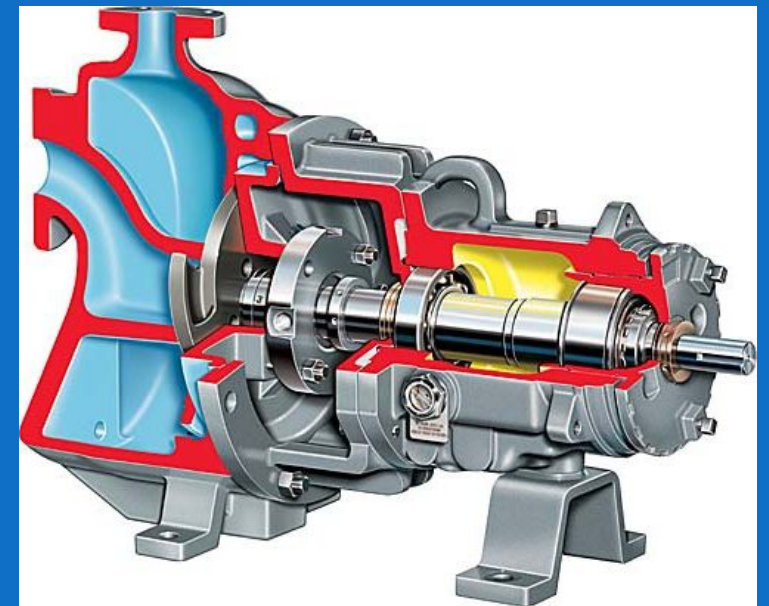


При вращении колеса в виде плоского диска, имеющего короткие лопасти радиальной формы, самовсасывающий вихревой насос дополнительно втягивает воздух через специальный патрубок за счет создания внутрипространственного вакуума. Поступающая из центробежной ступени перекачиваемая жидкость смешивается с воздухом.

Благодаря разнице плотностей, в камере происходит разделение компонентов. В результате, воздух выходит через соответствующее отверстие, а вода продолжает циркулировать внутри второй ступени насосного агрегата. После полного удаления воздушной массы насос начинает функционировать в центробежном режиме.

Чтобы не допустить попадания воздуха и жидкости обратно в подающий канал, на всасывающем фланце располагают обратный клапан.

Удачное сочетание центробежного насоса и вихревым позволило намного улучшить их характеристики и увеличить область применения оборудования.



Насосы выбирают по подаче и давлению (или напору). Если одной точке с координатами Q , H соответствуют насосы разных типов, то возможные варианты сопоставляются по технико-экономическим показателям. В зависимости от назначения насоса и условий эксплуатации одному и тому же показателю придается различное значение.

Например, при непрерывной работе насоса особенно важно, чтобы он имел высокий КПД. Стоимость электроэнергии или топлива в этом случае является решающим экономическим фактором. Если насос работает в условиях частых пусков и остановок, то большое значение придается постоянной готовности и удобству запуска. Насос установки, монтируемой на платформе транспортного средства (трактора, автомобиля, возимой тележки), а также предназначенный для перевозки воздушным транспортом, должен быть не только эффективным, но также легким, компактным и менее нуждаться в постоянном наблюдении и обслуживании.



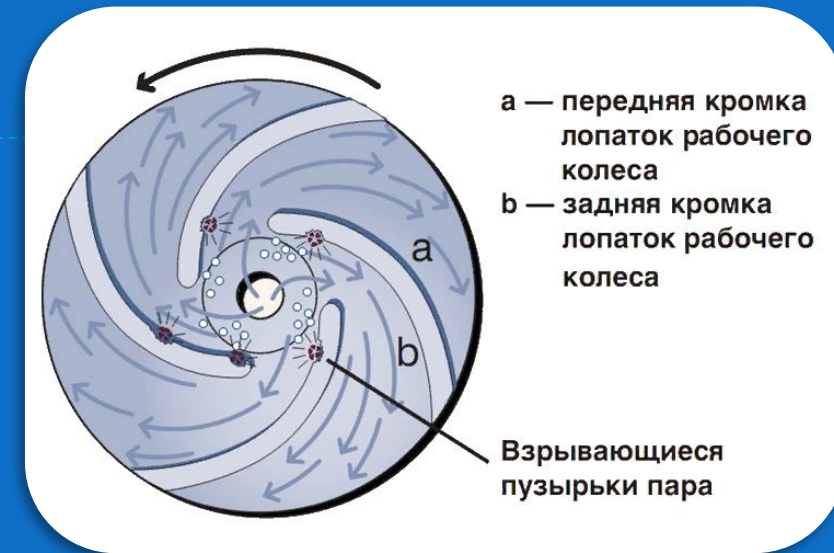
Методы изменения характеристики насоса для его приспособления к условиям перекачивания:

- 1) Уменьшение диаметра рабочего колеса путем его обточки. Обточка допускается в пределах до 16 % от нормального диаметра колеса.
- 2) Увеличения или уменьшения числа оборотов колеса, может производиться в довольно широких пределах, но при увеличении числа оборотов всегда следует проверять возможность работы механической части.
- 3) регулирование насосной установки, дросселирование на нагнетательном трубопроводе
- 4) изменение частоты вращения ротора насоса, поворот лопастей рабочего колеса, саморегулирование, поворот лопаток входного направляющего аппарата. Регулирование подачи насосных станций возможно также изменением числа работающих насосов.



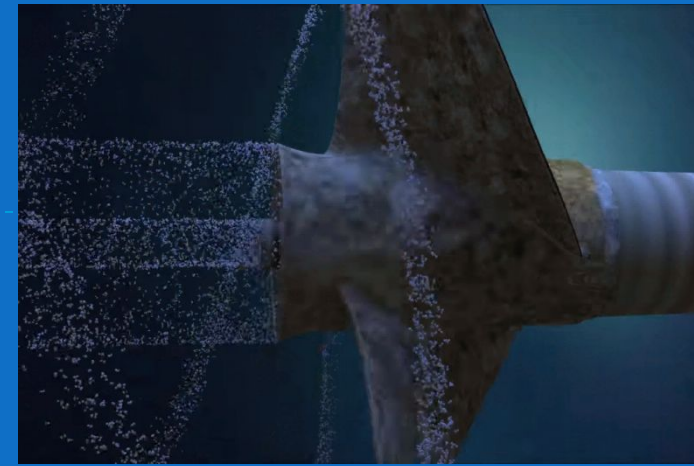
Кавитация в насосах

При эксплуатации насосов, имеющих давление во всасывающей патрубке ниже атмосферного, возникает опасность кавитации. Кавитацией называется местное выделение из жидкости газов и паров (вскипание жидкости) с последующим разрушением (конденсацией и смыканием) выделившихся парогазовых пузырьков, сопровождающимся непрерывными гидравлическими микроударами высокой частоты, большими давлениями и температурами в центрах конденсации. Это явление ограничивает возможности действия насосов, турбин, а также гребных винтов.



Признаки возникновения

кавитации:



1. Шум, происходящий в результате конденсации («захлопывания») паровых пузырьков и превышающий тот, который устанавливается при работе насоса в ударных режимах. Этот шум напоминает грохот перекатывающихся камней
2. Снижение технических показателей — подачи, мощности, к. п. д.
3. Интенсивный износ стенок (кавитационная эрозия) в зоне конденсации паровых пузырьков при длительной кавитации.



Устранение кавитации

- Главный принцип устранения причины кавитации в рабочем насосе – это то, что на входе в насос должно быть жидкости больше, чем на выходе. Этому можно добиться выполнив данные требования:
 - 1) необходимо заменить диаметр всасывающего патрубка на больший, чем стоит сейчас;
 - 2) необходимо переместить насос ближе в питающему резервуару;
 - 3) необходимо уменьшить сопротивление во всасывающей трубе, заменой существующей задвижки на новую шиберную;
 - 4) если всасывающая труба имеет повороты, то необходимо как можно меньше уменьшить их количество.

▶ Расчет процесса всасывания

1. В динамических насосах расчетным критерием служит так называемый кавитационный запас давления при входе, необходимый для компенсации динамического падения давления в тех точках потока, где давление минимальное

$$D_{pk} = p_0 - p_{\Pi} - g_r(z_l + h_l).$$

▶ С уменьшением кавитационного запаса давления до некоторого критического значения D_{pkp} возникает кавитация. Чтобы насос работал без нарушений, необходимо иметь кавитационный запас давления больше критического, т. е.

$$p_0 - p_{\Pi} - g_r(z_l + h_l) = AD_{pkp}$$



- ▶ Безразмерный комплекс физических величин называется кавитационным коэффициентом быстроходности. При работе насосов на невязкой жидкости он зависит только от коэффициента расхода $j = \frac{Q}{nD_{23}}$. Значение в оптимальном режиме для динамических насосов обычной конструкции находится в довольно узких пределах 0,40 — 0,55.
- ▶ Замечено, что если рабочее колесо обтачивают, то всасывающая способность не меняется. Явления кавитации связаны с формами входа, и поэтому представляет интерес оперировать с критериями, в которые входят, например, D_0 и c_0 (входная скорость):

$$D_{pkr/ru} = f\left(\frac{c_0}{u_0}\right), \text{ где } u_0 = pD_0n.$$

В объемных насосах в качестве расчетного критерия служит вакуумметрическая высота всасывания $H_B = z_H + h_1$. Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания в м $H_{B,д} = H_{B,к} - 0,5$ где $H_{B,к}$ — критическая вакуумметрическая высота всасывания, т. е. такая, при которой появляются повышенный шум и вибрация или подача падает на 10% (по ГОСТ 17335—79)

Меры улучшения процесса всасывания

- Для улучшения условий всасывания жидкости из бака и предотвращения кавитации в насосе в гидроприводе вращательного движения применен гидробак с наддувом, т.е. с повышенным давлением газа над поверхностью жидкости. При необходимости, это обычно обеспечивается при помощи специального компрессора.

