

Тема 6

Характеристики
лопастных насосов.

Применение
центробежных
насосов в
нефтегазовой
отрасли.

Центробежные насосы в нефтяной промышленности

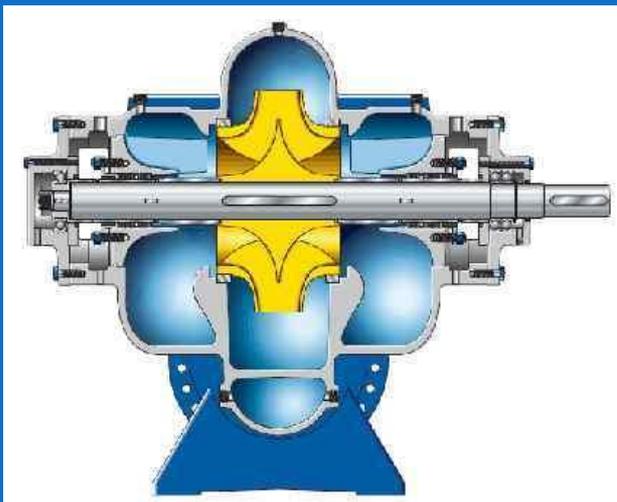
Центробежные насосы — это класс насосных установок, в основу работы которых взята движущая центробежная сила. Центробежные насосы чаще всего оснащены лопастными колесами различного типа. В этот класс насосов можно включить любые лопастные установки в том числе: консольные, оседагональные. Однако на практике к центробежным насосам для нефтепродуктов относят традиционные лопастные установки, где основным механизмом — вращающееся на валу лопастное колесо..



Лопастные насосы

Лопастными называют динамические насосы, в которых жидкость перемещается путем обтекания лопастей.

Если жидкость в насосе перемещается вдоль оси вращения рабочего колеса с лопастями, то насос называют осевым, если жидкость перемещается перпендикулярно оси вращения, то насос называют центробежным, если жидкость движется по диагонали между осью вращения и перпендикуляру к ней, то насос называют диагональным.



Различия между этими типами лопастных насосов заключаются не только на направлении движения жидкости, но и в характеристиках. Центробежные лопастные насосы способны развить самый большой напор (среди лопастных машин), осевые - самую большую подачу, диагональные насосы - промежуточный вариант. В некоторой литературе встречается некорректное название пластинчатых насосов лопастными. Это неверно, так как пластинчатые насосы - относятся к классу объемных машин, а лопастными, согласно ГОСТ 17398-72, считаются динамические - центробежные, диагональные и осевые машины.

Принцип работы лопастного насоса

Жидкость в лопастном насосе перемещается в результате воздействия лопастей. При вращении рабочего колеса энергия от лопаток передается частицам жидкости, которые по инерции двигаются в осевом, радиальном направлении или по диагонали между этими направлениями. Воздействие лопаток на частицы перекачиваемой среды показано на видео:



Принцип работы лопастного насоса

Герметичное разделение всасывающего и напорного патрубка в лопастных насосах отсутствует, что обуславливает значительное увлечение перетечек из нагнетания во всасывание при увеличении давления. По этой причине лопастные насосы не используют в системах высокого давления.

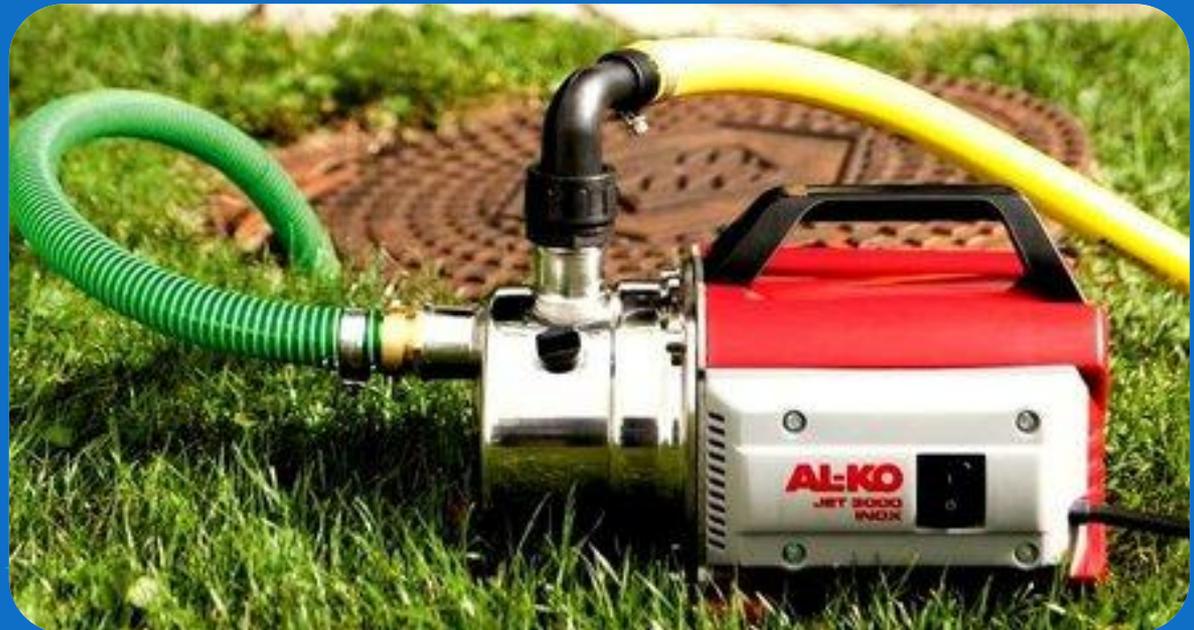
Для того, чтобы начать перекачку воды, лопастной насос нужно заполнить жидкостью, большинство этих насосов не обладает самовыравниванием.

Работа центробежного лопастного насоса показана в ролике:



Характеристика насоса для воды

Насос для перекачивания воды является гидравлическим агрегатом, который осуществляет забор, напорное нагнетание и перемещение жидкости горизонтальным или вертикальным способом. Это происходит посредством трансформирования электрической энергии в потенциальную или кинетическую. От способа преобразования энергии зависит внутреннее строение агрегата.



Характеристика вихревых и центробежных насосов для перекачивания воды



По способу транспортировки жидкости поверхностные насосы бывают вихревыми и центробежными. У первого типа агрегата лопасти рабочего колеса отличаются особой формой. Они имеют прямолинейную конфигурацию, благодаря чему жидкость характерным образом вращается между ними, что позволяет получить мощный вихревой поток, направленный в один канал.

Это обеспечивается благодаря тому, что каждый лопастной участок придает воде дополнительное ускорение. В результате такой насос выдает высокий напор, который в 5 раз превышает данный параметр центробежного насоса.



Характеристика вихревых и центробежных насосов для перекачивания воды

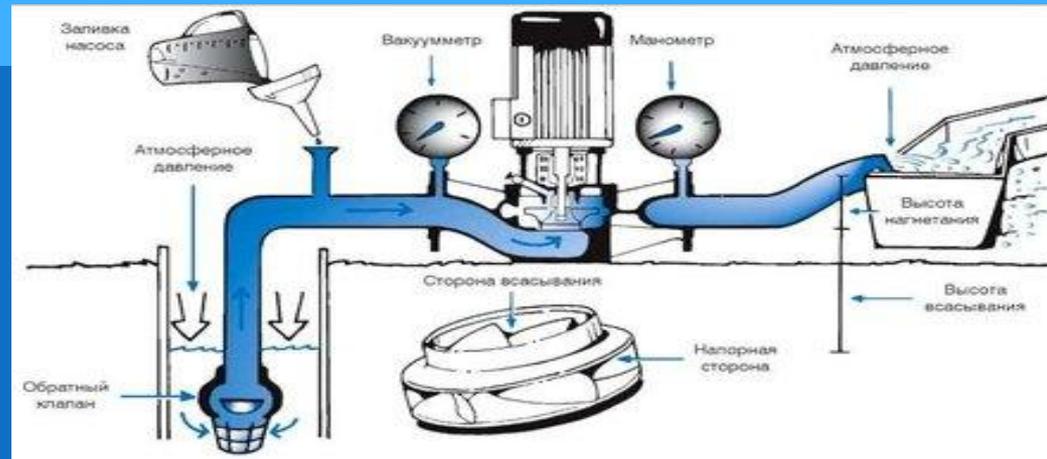
Вихревые насосы отличаются компактными размерами и небольшой стоимостью. Благодаря простоте конструкции агрегат удобен в эксплуатации, ремонте и обслуживании. Глубина погружения всасывающего шланга составляет 8 м. Однако такие маленькие насосы характеризуются низким КПД и перекачивают только чистую воду.

Обратите внимание! Вихревой поверхностный насос может работать в двух направлениях, в том числе в реверсном режиме.

Вихревые насосы оснащаются закрытым или открытым рабочим колесом. В первом случае лопасти сделаны в виде ячеек, которые закрываются на торцах лопатками. Конструкция рабочего колеса открытого варианта не имеет никаких ограничений.



□ Центробежные насосы имеют такое строение рабочего колеса, при котором лопасти способствуют разбрасыванию воды по всем стенкам внутренней камеры. Повышение давления обеспечивается благодаря центробежной силе. Насосы боятся попадания внутрь воздуха, поэтому дополнительно оснащаются эжектором, который перед запуском и в процессе работы откачивает из насоса воздух.



□ Такие агрегаты отличаются большими габаритами, малозумной работой, высоким КПД. Глубина погружения всасывающего шланга составляет 10-13 м. Внутренний механизм меньше подвержен износу, чем у вихревых агрегатов, благодаря чему центробежный насос имеет больший срок эксплуатации.

□ Мощный насос для воды обеспечивает стабильный напор и давление в сети, причем имеется возможность отрегулировать данные параметры. Стоимость оборудования намного превышает цену вихревых аналогов. Поэтому их целесообразно использовать при обустройстве автономной системы водоснабжения. Поверхностные насосы могут быть самовсасывающими или фонтанного типа.

Перерасчет характеристик насосов с воды на вязкую жидкость. Безразмерная характеристика серии насосов.

- В паспорте насоса указываются характеристики центробежного насоса, полученные при испытании на воде вязкостью $\nu = 0,01 \text{ Ст}$ и температурой $t = 200 \text{ С}$. При перекачке вязких жидкостей параметры насоса изменяются, и характеристики требуется пересчитывать.
- ▶ Существуют различные методики пересчета характеристик центробежных насосов с воды на вязкую жидкость. Наиболее распространен метод, предложенный М.Д. Айзенштейном. По этому способу построение характеристик центробежных насосов производят при помощи поправочных коэффициентов $K_Q, K_H, K_h, K_{\Delta H}$, полученных опытным путем в зависимости от числа Re

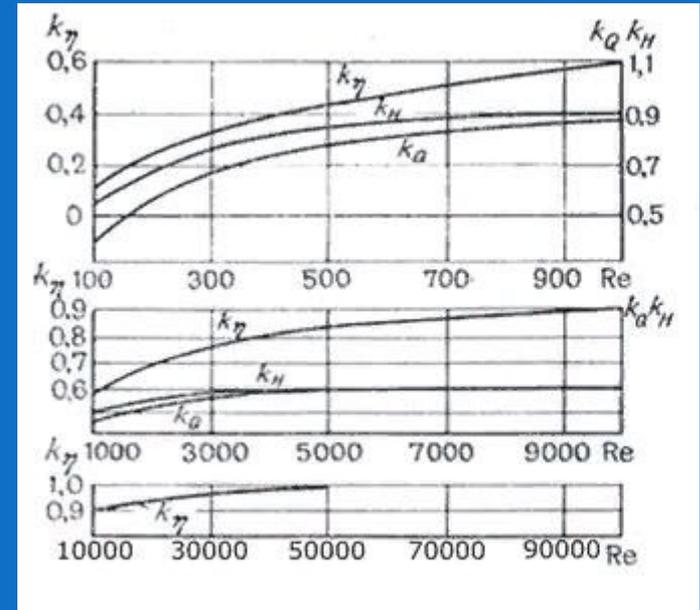
$$Re = \frac{Q_c}{D_{\text{ЭКВ}} \cdot \nu_1} = \frac{Q_c}{2 \cdot \sqrt{D_2 \cdot b_2 \cdot \psi \cdot \nu_1}}$$

Перерасчет характеристик насосов с воды на вязкую жидкость. Безразмерная характеристика серии насосов.

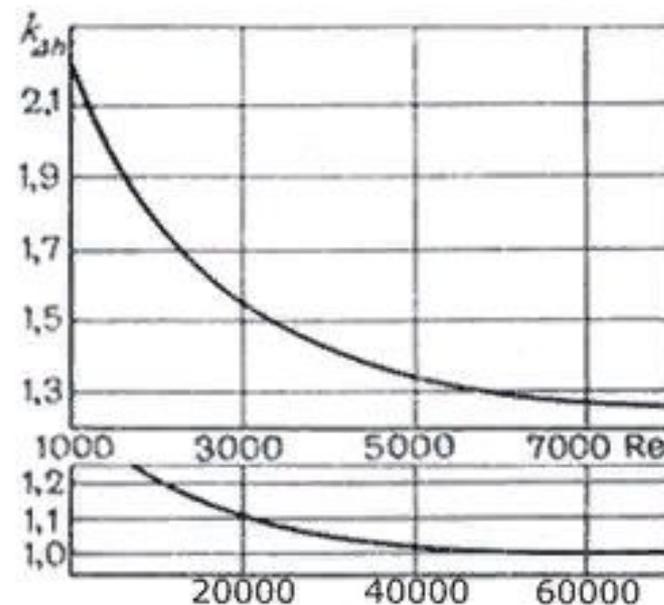
- ▣ Построения производят на основании предпосылок:
 - ▶ - при постоянной частоте вращения вала и переменной вязкости жидкости кривая $Q - H$ по мере увеличения вязкости жидкости опускается так, что напор при нулевой подаче и коэффициент быстроходности на режиме максимального кпд остаются постоянными;
 - ▶ - поправочные коэффициенты постоянны в диапазоне подач
 - ▶ $Q = (0,8 \dots 1,2)Q_0$.
 - ▶ Таким образом, подача, напор, кпд, допустимый кавитационный запас при работе насоса на вязкой жидкости определяются:

Безразмерная характеристика серии насосов.

- Безразмерные характеристики выражают зависимости одной безразмерной комбинации параметров насоса от другой. Безразмерные характеристики могут быть распространены на весь безразмерный (подобный) ряд насосов, характеризуемых, например, геометрическим масштабным коэффициентом.



□ С этой точки зрения они очень удобны. Однако при использовании безразмерных характеристик необходимо учитывать возможность нарушения условий кинематического и динамического подобия, например вследствие возникновения кавитации или из-за влияния вязкости и других факторов.



π-теорема

π - теорема для безразмерных комплексов

соотношение между n размерными величинами, для измерения которых использовано k основных независимых единиц измерения, можно представить в виде соотношения $(n - k)$ безразмерных комбинаций – комплексов этих величин

Упругое деформирование

В инварианте C укажем, обособим геометрические параметры l, A и характеристику материала X :

$$\Delta l = C F = F \times f(l, A, X) \quad (1)$$

Зависимость (1) содержит $n = 5$ размерных величин:

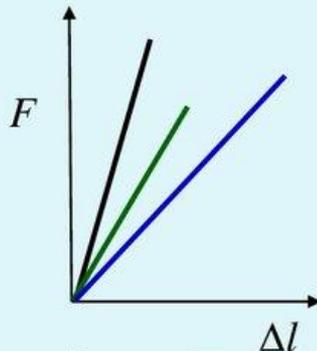
$$\Delta l, F, l, A, X;$$

и $k = 3$ основных единиц измерения: $m, кг, с$.

Постулируется создание $(n - k) = 2$

безразмерных комплексов:

$$K_1 = \Delta l / l = \varepsilon; \quad K_2 = f(A, X, F) = ?.$$



Закон Гука

$$\Delta l = C F$$

Податливость C есть

инвариант данного образца

Размерность $C = м/Н$

гидродинамического подобия в лопастных насосах.

- ▶ Гидродинамическое подобие складывается из трех составляющих: геометрического подобия, кинематического и динамического.
- ▶ Геометрическое подобие требует постоянного отношения между линейными размерами модели и натуре, то есть постоянного линейного масштаба K_L (*idem* – одинаково).

$$\text{▶ } K_L = \frac{L_1}{L_2} = \frac{D_1}{D_2} = \textit{idem}$$

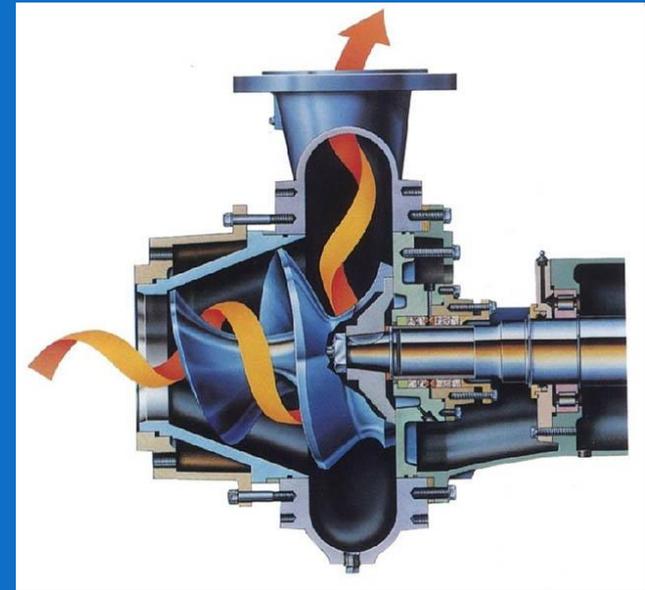
- ▶ Кинематическое подобие требует постоянного отношения между местными скоростями, ускорениями в натуре и на модели.

$$\text{▶ } K_2 = \frac{V_1}{V_2} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{W_1}{W_2} = \textit{idem}$$

гидродинамического подобия в лопастных насосах.

Динамическое подобие требует, чтобы силы, действующие в натуре, были подобны силам, действующим в модели.

В поисках жидкостей обычно действуют разные силы: силы давления, силы трения, тяжести, инерции. Осуществление на практике полного гидродинамического подобия оказывается весьма затруднительным, поэтому обычно имеют дело с частичным подобием, при котором соблюдается пропорциональность лишь главных основных сил.



Безразмерные комплексы. Принцип гидродинамического подобия в лопастных насосах.

- I. На жидкость действуют лишь силы давления и инерции.
- Тогда, условием гидродинамического подобия двух потоков является равенство чисел Эйлера.
- Число Эйлера есть величина пропорциональная отношению сил давления к силам инерции.

$$\blacktriangleright K_L = \frac{L_1}{L_2} = \frac{D_1}{D_2} = idem \frac{\Delta P_1}{\rho_1 V_1^2} = \frac{\Delta P_2}{\rho_2 V_2^2} = Eu = idem$$



Безразмерные комплексы. Принцип гидродинамического подобия в лопастных насосах.

- 2. На жидкость действуют силы вязкости, давления и инерции.
- В этом случае условием гидродинамического подобия потоков является равенство чисел Рейнольдса, величина пропорциональная отношению сил инерции к силам вязкости.

$$\triangleright K_L = \frac{L_1}{L_2} = \frac{D_1}{D_2} = \textit{idem} \frac{\Delta P_1}{\rho_1 V_1^2} = \frac{\Delta P_2}{\rho_2 V_2^2} = Eu = i \frac{V_1 L_1}{\gamma_1} = \frac{V_2 L_2}{\gamma_2} = Re = \textit{idemdem}$$

Безразмерные комплексы. Принцип гидродинамического подобия в лопастных насосах.

- 3. На жидкость действуют силы тяжести, давления и инерции. Следовательно, условием гидродинамического подобия потоков являются равенство чисел Фруда, величина пропорциональная отношению сил инерции к силам тяжести.
- ▶ Формула. Критерий Re является особенно важным при рассмотрении напорных потоков, а критерий Фруда – для безнапорных течений в открытых руслах.
- ▶ Помимо перечисленных основных критериев подобия (E_u, Re, Fr) в гидравлике применяются и другие критерии для особых случаев течения жидкости.