

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Издание предназначено для использования в качестве учебного пособия по дисциплинам «Наружные сети водоснабжения и водоотведения», «Инженерные системы водоснабжения и водоотведения» для бакалавров и студентов направлений «Строительство», «Природообустройство и водопользование» общестроительных и транспортных вузов.

Предлагаемый материал имеет целью научить будущих специалистов пониманию современных конструкций, рабочих процессов и технических характеристик насосов, устройства, состава и принципов компоновки насосных станций водоснабжения и водоотведения. В учебном пособии сжато и последовательно изложены наиболее важные разделы дисциплин в соответствии с образовательными стандартами.

# ВВЕДЕНИЕ

## ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

В современном коммунальном хозяйстве и промышленности широко используются разнообразные *гидравлические машины*, основное назначение которых:

- преобразование энергии жидкости в механическую энергию и обратно;
- транспортировка жидкости;
- передача с помощью жидкости усилий внутри машин, механизмов и между различными устройствами.

К гидравлическим машинам относятся:

- насосы;
- гидравлические двигатели — гидравлические турбины и гидромоторы;
- гидропередачи — гидроприводы.

### Насосы

Наиболее распространенным видом гидромашин являются насосы.

*Насосы* — это гидравлические машины, сообщające протекающей через них жидкости механическую энергию, за счет которой жидкость перемещается и в ней повышается давление.

Насосы используются в разных отраслях промышленности и коммунального хозяйства и имеют весьма разнообразное назначение. Обширная группа водяных насосов применяется в водопроводах, системах охлаждения, откачивает воду из колодцев и шахт. Существуют насосы, предназначенные для перекачивания агрессивных жидкостей, их смесей с твердыми

веществами (пульпы), подачи смол, масел, нефтепродуктов и других густых жидкостей.

Конструктивное исполнение насосов зависит от их назначения. Например, детали насосов, соприкасающиеся с агрессивными жидкостями, изготавливаются из керамики, пластмассы и других материалов, устойчивых к разъеданию. Детали пульпонасосов (углесосов, землесосов) выполняются из износоустойчивых материалов, футеруются ими, например, наплавляются высокопрочными сталями и сплавами.

Как известно, удельная механическая энергия жидкости определяется тремя составляющими, описываемыми уравнением Бернулли

$$E = z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g},$$

где  $z$  — удельная потенциальная энергия положения частицы жидкости;

$\frac{p}{\rho g}$  — удельная потенциальная энергия давления;  $\frac{v^2}{2g}$  — удельная кинетическая энергия.

Насосы могут сообщать жидкости энергию всех трех видов, и в соответствии с этим существуют три группы насосов.

К первой группе относятся водоподъемные механизмы, изменяющие только энергию положения. Это водочерпальные колеса, журавли, архимедовы винты и т. п. Машины такого типа в современной технике почти не применяются, поэтому специально мы их рассматривать здесь не будем.

В насосах второй группы энергия сообщается жидкости за счет непосредственного изменения давления движущимся поршнем (поршневые насосы) или при помощи вращающегося ротора (ротационные насосы). Такие насосы называются *объемными*.

В насосах третьей группы жидкости сообщается кинетическая энергия, которая затем уже переводится в энергию давления. К этой группе относятся *лопастные* насосы: центробежные и осевые.

## Объемные насосы

В объемных насосах подача жидкости и повышение давления происходят вследствие вытеснения ее из рабочего объема движущимся рабочим органом.

В *поршневом* насосе, схема которого приведена на рис. В.1, возвратно-поступательно движущийся поршень 1 вытесняет жидкость из цилиндра через открывающийся при этом нагнетательный клапан 2.

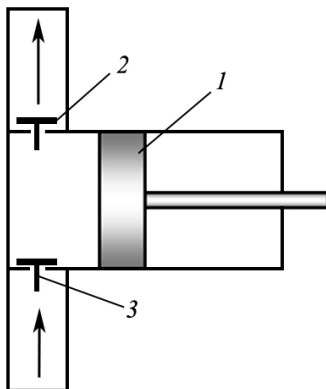


Рис. В.1

При обратном ходе поршня в цилиндре создается разрежение, и жидкость всасывается в цилиндр через всасывающий клапан 3.

Из всех видов насосов поршневые создают наибольшее давление, достигающее 100 МПа и более. Производительность поршневых насосов не превышает 40–50 литров в секунду.

В *пластинчатом* насосе (рис. В.2) жидкость переносится со стороны всасывания 1 на сторону нагнетания 2 между пластинами 3, совершающими круговое движение совместно с вращающимся ротором 4. Насосы этого типа создают давление до 18 МПа и имеют производительность до 5–7 литров в секунду.

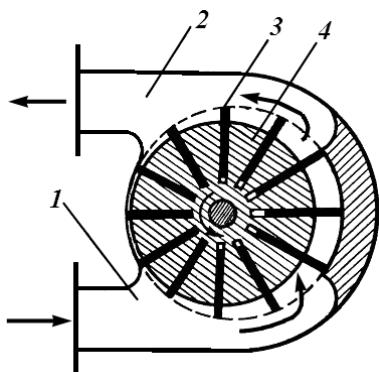


Рис. В.2

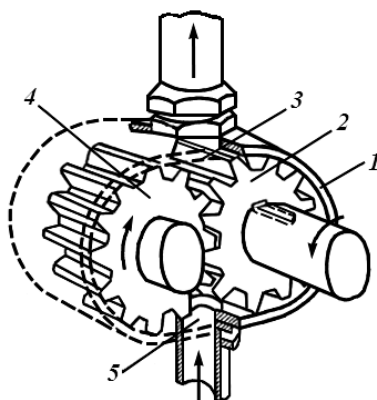


Рис. В.3

*Шестеренные* насосы (рис. В.3) обычно состоят из двух шестеренок (2 и 4), находящихся в зацеплении и помещенных с очень малыми радиальными и торцевыми зазорами в корпус 1.

При вращении шестеренок жидкость, заполняющая впадины между зубьями, переносится со стороны всасывания 5 на сторону нагнетания 3, где она вытесняется из впадин зубьями. Вследствие этого на стороне всасывания создается пониженное давление, а на стороне нагнетания давление повышается. Такие насосы создают давление до 20 МПа, их производительность достигает 8–10 литров в секунду.

### ***Лопастные насосы***

К группе лопастных относятся центробежные и осевые насосы.

В *центробежном* насосе (рис. В.4) на жидкость, заполняющую каналы между лопастями колеса 1 и вращающуюся вместе с ним, действует центробежная сила, отбрасывающая ее от центра колеса на периферию.

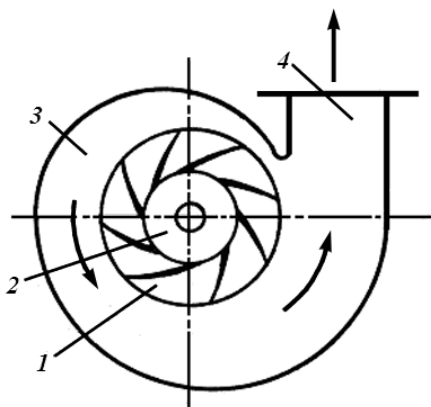


Рис. В.4

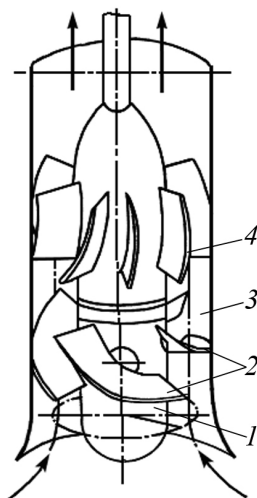


Рис. В.5

Таким образом создаются повышенное давление на периферии колеса и разрежение в его центре. Под действием этой разности давления все новые порции жидкости засасываются через центральное отверстие 2 колеса и выбрасываются с его периметра в сборную улитку 3, откуда через нагнетательный патрубок 4 жидкость подается к потребителю. Одноколесные центробежные насосы могут создавать давление не более 0,5–1 МПа, многоколесные — до 15–20 МПа. Производительность центробежных насосов достигает 3000 литров в секунду.

*Осевой* насос (рис. В.5) имеет рабочее колесо 1, на втулке которого укреплены лопасти 2. Сечение лопастей имеет обтекаемую форму, схожую с формой самолетного крыла. Рабочее колесо насоса размещено в трубчатой камере 3, заполненной перекачиваемой жидкостью. При вращении колеса лопасти как бы ввинчиваются в жидкость, в процессе обтекания лопастей давление с одной стороны лопасти повышается, с другой стороны — уменьшается. Возникает подъемная сила, благодаря которой

основная масса жидкости движется вдоль оси насоса. Поэтому насос и называется осевым. Из-за вращения рабочего колеса перекачиваемая жидкость, двигаясь поступательно вдоль оси насоса, одновременно закручивается. Для устранения вращательного движения жидкости в трубчатой камере за рабочим колесом устанавливается выправляющий аппарат 4.

Осевые насосы создают сравнительно малое давление (до 0,5 МПа), но зато имеют большую производительность — до 20–25 тыс. литров в секунду.

### ***Насосы трения***

Насосы трения включают в себя весьма разнообразные как по принципу преобразования энергии, так и по виду рабочих органов механизмы и устройства.

К насосам трения принято относить:

- вихревые насосы;
- струйные насосы;
- шнековые насосы;
- воздушные подъемники (эрлифты);
- вибрационные насосы.

Разнообразие конструкций насосов определяется широкой сферой их применения. Так, например, для обслуживания гидропрессов чаще всего используются кривошипные поршневые насосы, создающие высокое давление и имеющие достаточную производительность. Пластинчатые и шестеренные насосы не обеспечивают необходимых для гидропрессов давления и производительности.

Для откачивания воды из шахт устанавливаются центробежные насосы. Осевые насосы при высокой производительности не обеспечивают необходимого напора.

Для подачи смазки обычно применяются шестеренные насосы ввиду их простоты и надежности. Центробежные насосы для этого непригодны из-за невозможности получения малых производительностей.



# ЧАСТЬ I. НАСОСЫ

## ГЛАВА I. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

### 1.1. Характеристики работы центробежного насоса

В центробежном насосе, простейшая схема которого приведена на рис. 1.1, передача энергии от рабочего колеса к жидкости происходит за счет динамического взаимодействия лопастей колеса с обтекающей жидкостью.

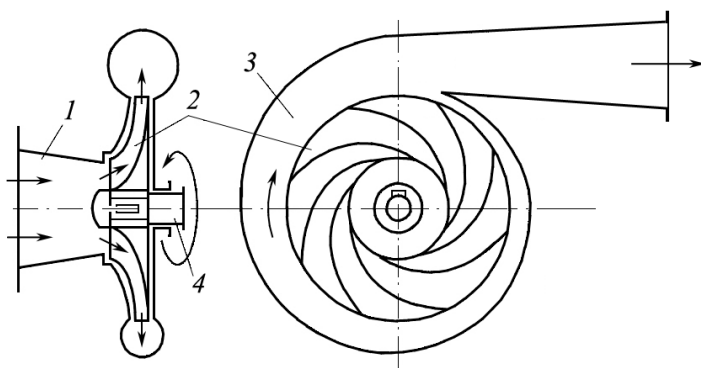


Рис. 1.1

Центробежный насос представляет собой лопастное колесо, расположенное в спиральном кожухе, переходящем в напорный трубопровод.

Основные элементы конструкции центробежного насоса (рис. 1.1):

- подвод 1 от всасывающего трубопровода;
- корпус, в котором вращается рабочее колесо 2 с лопатками;
- отвод 3 к напорному трубопроводу.

При вращении колеса под действием возникающих центробежных сил жидкость отбрасывается от центральной его части к периферии. Вблизи оси вращения насоса возникает разрежение — вакуум, а на периферии давление возрастает. Перекачиваемая жидкость по всасывающему трубопроводу через подвод подходит к рабочему колесу, обеспечивая непрерывную подачу ее насосом.

*Подводом* называют часть проточной полости центробежного насоса, подводящую перемещаемую жидкость к входному отверстию рабочего колеса. Назначение подвода — подвести поток жидкости к рабочему колесу с равномерным распределением скорости по всему сечению, это необходимо для создания установившегося движения жидкости в каналах рабочего колеса. Для обеспечения большей устойчивости потока в подводящем канале необходимо создать скорости, постепенно нарастающие от всасывающего патрубка ко входу в колесо. Размеры всасывающего патрубка определяются по сечению подводящего трубопровода на основе гидравлического расчета. Для выравнивания поля скоростей по сечению потока непосредственно перед входом в рабочее колесо располагают конфузор, повышающий скорости потока на 15–20%.

*Рабочее колесо* представляет собой ограниченную двумя поверхностями вращения камеру, в которой расположена система лопастей. Колесо состоит из двух дисков — ведущего и ведомого, между которыми закреплены изогнутые лопасти. Ведущее колесо крепится к валу 4 (рис. 1.1) двигателя. При вращении рабочего колеса лопасти приводят протекающий поток жидкости во вращательное движение, увеличивая этим его механическую энергию. Входным сечением рабочее колесо примыкает к подводу, а выходным сечением — к отводу. Общий вид рабочего колеса центробежного насоса с односторонним входом приведен на рис. 1.2.

По *отводу* жидкость направляется от рабочего колеса к напорному патрубку или (в многоступенчатых насосах) к следующему колесу. Задача

отвода — собрать поток после прохождения им рабочего колеса и преобразовать его кинетическую энергию в потенциальную с наименьшими потерями.

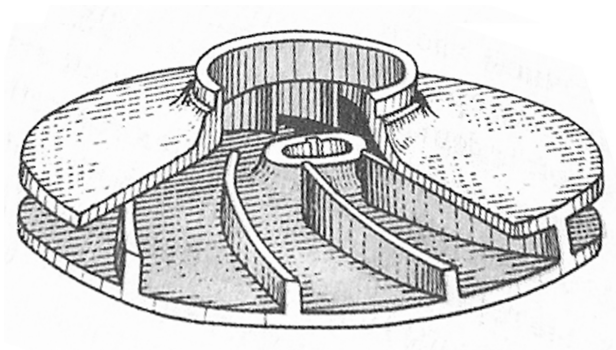


Рис. 1.2

Из рабочего колеса жидкость выходит с большой скоростью, и во избежание больших потерь напора подавать ее непосредственно в трубопровод не следует.

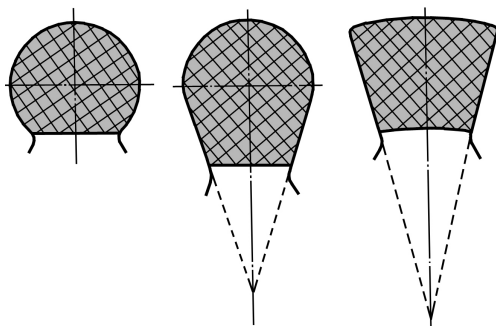


Рис. 1.3

Известны три основных типа отводов:

- кольцевой, представляющий собой цилиндрическое пространство постоянной ширины, охватывающее рабочее колесо, при этом форма поперечного сечения канала отвода может быть различной (рис. 1.3);

- спиральный, представляет собой комбинацию кольцевого отвода с криволинейным диффузором (рис. 1.1);
- лопаточный, обычно используется в многоступенчатых машинах и представляет собой систему нескольких диффузорных каналов, окружающих рабочее колесо (рис. 1.4).

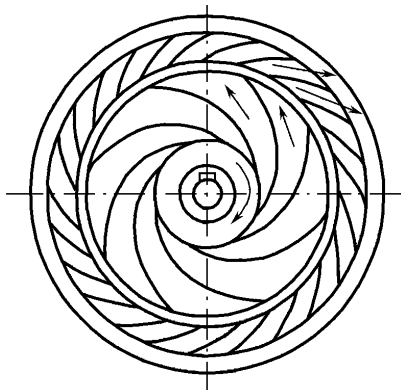


Рис. 1.4

Работа насоса определяется техническими характеристиками, важнейшими из которых являются:

- подача, производительность или расход  $Q$ ;
- напор или давление, развиваемое насосом вследствие преобразования механической энергии двигателя,  $H$ ;
- потребляемая мощность  $N_{\text{п}}$ ;
- коэффициент полезного действия (КПД)  $\eta$ ;
- частота вращения  $n$ .

*Подачей* насоса называется объем жидкости, подаваемой насосом в единицу времени. Иными словами, подача — это расход жидкости, проходящей через напорный (выходной) патрубок. Единица измерения подачи в СИ —  $\text{м}^3/\text{с}$ .

*Напором* называется приращение удельной энергии жидкости при прохождении ее через рабочие органы насоса, то есть разность энергии единицы веса жидкости в потоке после насоса и перед ним. Из уравнения Бернулли можно получить

$$H = \left[ z_{\text{нап}} + \frac{p_{\text{нап}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{нап}}^2}{2g} \right] - \left[ z_{\text{всас}} + \frac{p_{\text{всас}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{всас}}^2}{2g} \right] =$$

$$= (z_{\text{нап}} - z_{\text{всас}}) + \frac{p_{\text{нап}} - p_{\text{всас}}}{\rho g} + \frac{v_{\text{нап}}^2 - v_{\text{всас}}^2}{2g}.$$

Здесь величины с индексом «нап» относятся к напорному (выходному) сечению насоса, а индекс «всас» характеризует всасывающее (входное) сечение. Из уравнения видно, что напор насоса определяется изменением всех составляющих удельной энергии жидкости — потенциальной и кинетической.

Напор выражается в метрах.

*Мощность* насоса (потребляемая мощность) — это энергия, подводимая к нему от двигателя в единицу времени. Мощность можно определить из следующих соображений.

Каждая единица веса жидкости, прошедшая через насос, приобретает энергию, равную напору  $H$ . За единицу времени через насос проходит количество жидкости весом  $Q\rho g$ . Тогда энергия, приобретенная жидкостью в насосе за единицу времени, то есть *полезная* мощность насоса, будет

$$N_{\text{п}} = Q\rho gH. \quad (1.1)$$

Но *потребляемая* насосом мощность больше полезной мощности на величину потерь в насосе. Эти потери и оцениваются в помощью КПД насоса, который равен отношению полезной мощности к потребляемой:

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N}.$$

Отсюда мощность, потребляемая насосом, определится как

$$N = \frac{Q\rho gH}{\eta}. \quad (1.2)$$

По этой мощности и подбирается двигатель, вращающий вал насоса.

Мощность измеряется в ваттах (Вт).

*Коэффициент полезного действия* насоса  $\eta$  представляет собой отношение полезной мощности (энергии, приобретенной жидкостью за единицу времени) к мощности, потребляемой насосом (см. формулу (1.2)).

Полезная мощность всегда меньше мощности насоса из-за потерь, возникающих в нем.

В современных насосах КПД достигает сравнительно высоких значений — до 0,95–0,98.

Центробежные насосы классифицируются по ряду признаков.

*По числу сторон подвода жидкости*

Для увеличения пропускной способности колеса, а следовательно, и производительности насоса, жидкость можно подводить к рабочему колесу с обеих сторон (рис. 1.5б).

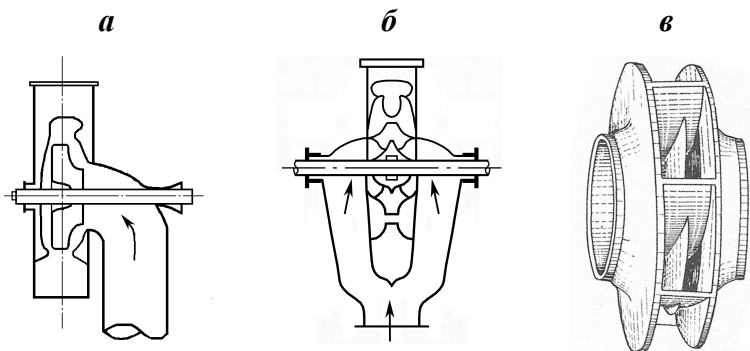


Рис. 1.5

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)