



большинстве технических нормативов (например, для большинства типов конструкций насосов в брошюре EUROPUMP «Допустимые силы и моменты фланцев для центробежных насосов» (издание 1986г.), а для одноступенчатых химических и нефтезаводских насосов в стандартах API STD 610 и ISO 5199). *см. рис. 1 Нагрузка на патрубки*

На примере одноступенчатых насосов со спиральным корпусом в брошюре EUROPUMP показана разница допустимых нагрузок при установке насоса на литой (сплошные линии) или нелитой (пунктирные линии) бетонной фундаментной плите. Допустимые моменты (T_{max} = оранжевые линии) в плоскости фланца, как и допустимые силы ($F_{H,max}$ в плоскости x, z и $F_{V,max}$ в направлении y) действуют согласно стандартам ISO 5199, DIN 24256/ ISO 2858 для одноступенчатых насосов со спиральным корпусом из ферритного стального литья или чугуна с шаровидным графитом при комнатной температуре.

Для аустенитного стального литья или чугуна с пластинчатым графитом или для более высоких температур используются более низкие численные значения.

Налеты

В противоположность покрывному или защитному слою налеты являются нежелательными явлениями, влияющими на параметры оптимального функционирования центробежного насоса.

Примеры налетов

- От продуктов коррозии
- От солей (например, карбонатов, сульфатов, фосфатов) вследствие нарушения химического равновесия (см. «Жесткость воды», «Водородный показатель pH»)
- Вследствие выпадения в осадок растворенных солей при испарении воды (например, на уплотнениях вала)
- От коллоидных (частицы в другой среде) до крупнодисперсных (нерастворимые или едва растворимые друг в друге или химически взаимосвязанные вещества) субстанций
- От песка (см. «Эрозия»)
- В связи с обрастанием (например, водорослями, бактериями) в водоемах с осветляемой, солоноватой и морской водой



Напор

Согласно стандарту EN 12723 одно из основных энергетических понятий центробежных насосов разделяют на понятия напора насоса и напора установки.

Напор насоса – это разность полных удельных энергий жидкости на выходе и входе насоса (см. «уравнение Бернулли»). Напор пропорционален производительности насоса (P_Q), передаваемой от насоса к перекачиваемой среде:

$$H = \frac{P_Q}{\rho \cdot g \cdot Q}$$

- ρ плотность перекачиваемой среды (кг/м³)
- g ускорение свободного падения (м/с²)
- H напор насоса (м)
- Q подача (м³/с)

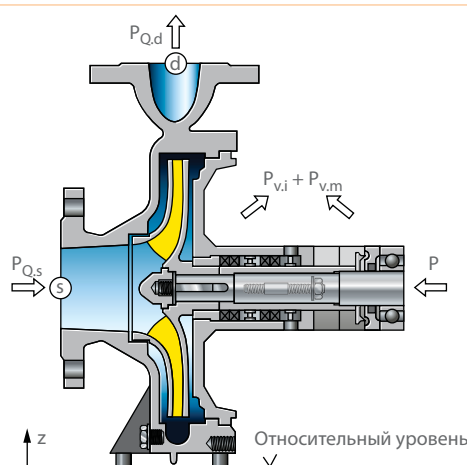


Рис. 1 Напор: для нахождения производительности насоса $P_Q = P_{Qd} - P_{Qs} = P - P_{v,i} - P_m$

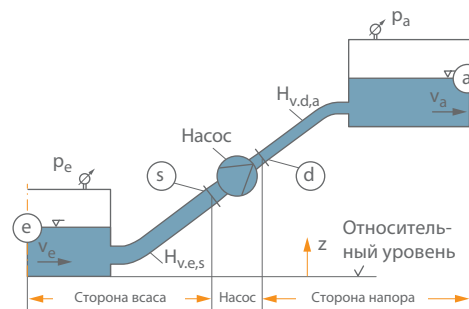


Рис. 2 Напор: наглядное изображение величин в напоре установки H_A



Сумма мощностей (положительная подводимая мощность, отрицательная отдаваемая мощность) в форме производительности (P_Q) в пределах системы равняется нулю. *см. рис. 1 Напор*

$$P + P_{Q,s} - P_{Q,d} - P_{v,i} - P_{v,m} = 0$$

- P потребляемая мощность насоса (мощность на валу)
 $P_{Q,s}$ энергия потока поступающей жидкости во всасывающем патрубке насоса (s)
 $P_{Q,d}$ энергия потока отводимой от насоса жидкости в напорном патрубке насоса (d)
 $P_{v,i}$ мощность потерь (мощность трения), возникающая внутри насоса между s и d, но не участвующая в повышении производительности (см. «Внутренний КПД»)
 $P_{v,m}$ механическая потеря мощности (см. «Механический КПД») в подшипниках насоса (см. «Подшипник скольжения», «Подшипник качения») и уплотнениях вала

Если использовать выражение $P_Q = P_{Q,d} - P_{Q,s}$, то производительность P_Q рассчитывается как полезная мощность:



$$P_Q = P - P_{v,i} - P_{v,m}$$

По формуле Бернулли (см. «Теория течений») полезная мощность рассчитывается так:

$$P_Q = [(p_d - p_s) + \frac{\rho}{2} \cdot (v_d^2 - v_s^2) + \rho \cdot g \cdot (z_d - z_s)] \cdot Q$$

- p статическое давление
 v скорость протекания
 z геодезическая высота

При этом получают напор насоса:

$$H = \frac{p_d - p_s}{\rho \cdot g} + \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} + z_d - z_s$$

При заметной сжимаемости перекачиваемой жидкости определяется среднее арифметическое значение плотности (ρ) в нагнетательном и всасывающем патрубках:

$$\rho = \frac{\rho_d + \rho_s}{2}$$

Напор установки определяется аналогично с учетом величин потерь напора (H_v):



$$H_A = \frac{p_a - p_e}{\rho \cdot g} + \frac{v_a^2 - v_e^2}{2 \cdot g} + z_a - z_e + H_{v,d,a} + H_{v,e,s}$$

- H_A напор установки
 $H_{v,d,a}$ величина потерь напора в напорном трубопроводе установки от выходного сечения (A_d) насоса до выходного сечения (A_a) установки, включая возможные потери при выходе и, например, в арматуре (см. «Потеря давления»)
 $H_{v,e,s}$ величина потерь напора во всасывающем или в подводящем трубопроводе установки, от входного поперечного сечения (A_e) установки до входного сечения (A_s) насоса, включая возможные потери при входе, в арматуре, фитингах и т.д.

Иногда вместо понятия «напор установки» используется понятие «геодезический напор» (H_{geo}), так выражается разница показателей высоты между выходным (A_a) и входным (A_e) сечением установки:

$$H_{geo} = z_a - z_e$$

В установившемся процессе перекачки (частота вращения (n) = const.) напоры насоса и установки равны:

$$H = H_A$$

Единица измерения напора – метр (м). В связи с напором возникают и другие понятия.

Напоры и их значение

- Наилучший напор (H_{opt}): напор насоса в рабочей точке наилучшего КПД
- Номинальный напор (H_N): напор, рассчитанный для насоса
- Высший предельный напор (H_{max}): максимально допустимый напор, при котором насос может продолжительно работать без повреждений
- Нижний предельный напор (H_{min}): минимально допустимый напор, при котором насос может работать без повреждений
- Нулевой напор (H_0): напор, при котором подача $Q = 0$ м³/с
- Высшая точка напора (H_{Sch}): напор в высшей точке (в относительном максимуме) нестабильной кривой напора *см. рис. 4 Характеристическая кривая*
- Статический напор ($H_{A,0}$ или H_{stat}): не зависящий от подачи (Q) участок кривой напора установки (см. «Характеристическая кривая установки» и «Характеристическая кривая»)



$$H_{A,0} = \frac{p_a - p_e}{\rho \cdot g} + H_{\text{geo}}$$

Напор при нулевой подаче

Напор при нулевой подаче насоса показывает, какое давление требуется, чтобы при включенном насосе подача в напорной трубе, соединенной с насосом, была равна нулю.

Напорный котел

Напорным называется котел, который может использоваться для работы с давлением, превышающим атмосферное (см. также «Напорный резервуар»).

Напорный патрубок

Напорным патрубком называется напорный патрубок насоса.

Напорный патрубок насоса

Напорным патрубком насоса называется определенное (круглое) сечение на выходной стороне корпуса насоса, разделяющее напорную насосную установку и насос (см. «Выходное сечение»).



Напорный резервуар

Напорный резервуар – это заполненный частично перекачиваемой жидкостью, частично газом (часто воздухом) резервуар, внутреннее давление которого, как правило, выше атмосферного. Напорные резервуары используются для хранения перекачиваемой жидкости под высоким давлением (например, на повыситель-

ных насосных станциях), для демпфирования гидроударов и в качестве накопителей энергии для продления срока эксплуатации центробежных насосов. Расчет параметров и оснащение арматурой, системой подачи сжатого воздуха и измерительными устройствами производится по результатам определения воздействия гидравлических ударов.

Напорные резервуары для автоматической манометрической системы установок водоснабжения (см. «Установка повышения давления») устанавливаются, как правило, вертикально, реже – горизонтально. *см. рис. 1 Напорный резервуар*

Размер резервуара зависит от числа переключений (Z) насоса в час. Учитываются и другие факторы, поэтому поставщикам электродвигателей следует получить подробную информацию (см. «Частота включений»).

Минимальный уровень воды при давлении включения (p_e) должен быть определен таким образом, чтобы воздух ни в коем случае не попал в нагнетательный трубопровод. Объем резервуара (V) должен превышать эффективный объем (J) на 25-40 %. Дополнительно резервуар может быть оснащен запорным клапаном сжатого воздуха. Он препятствует проникновению сжатого воздуха в нагнетательный трубопровод. При ином расположении соединительных трубопроводов (например, в установках

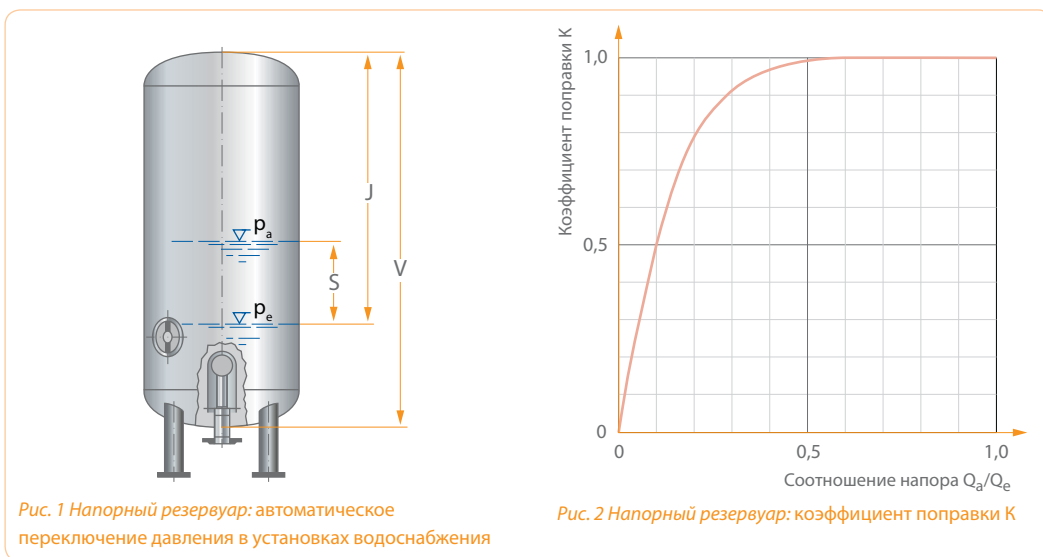


Рис. 1 Напорный резервуар: автоматическое переключение давления в установках водоснабжения

Рис. 2 Напорный резервуар: коэффициент поправки K

