

НАСОСНЫЕ И ВОЗДУХОДУВНЫЕ СТАНЦИИ

Владимир Алексеевич
Гвоздев

НАСОСНЫЕ И ВОЗДУХОДУВНЫЕ СТАНЦИИ

Основная литература

1. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции. М. «БАСТЕТ», 2010.

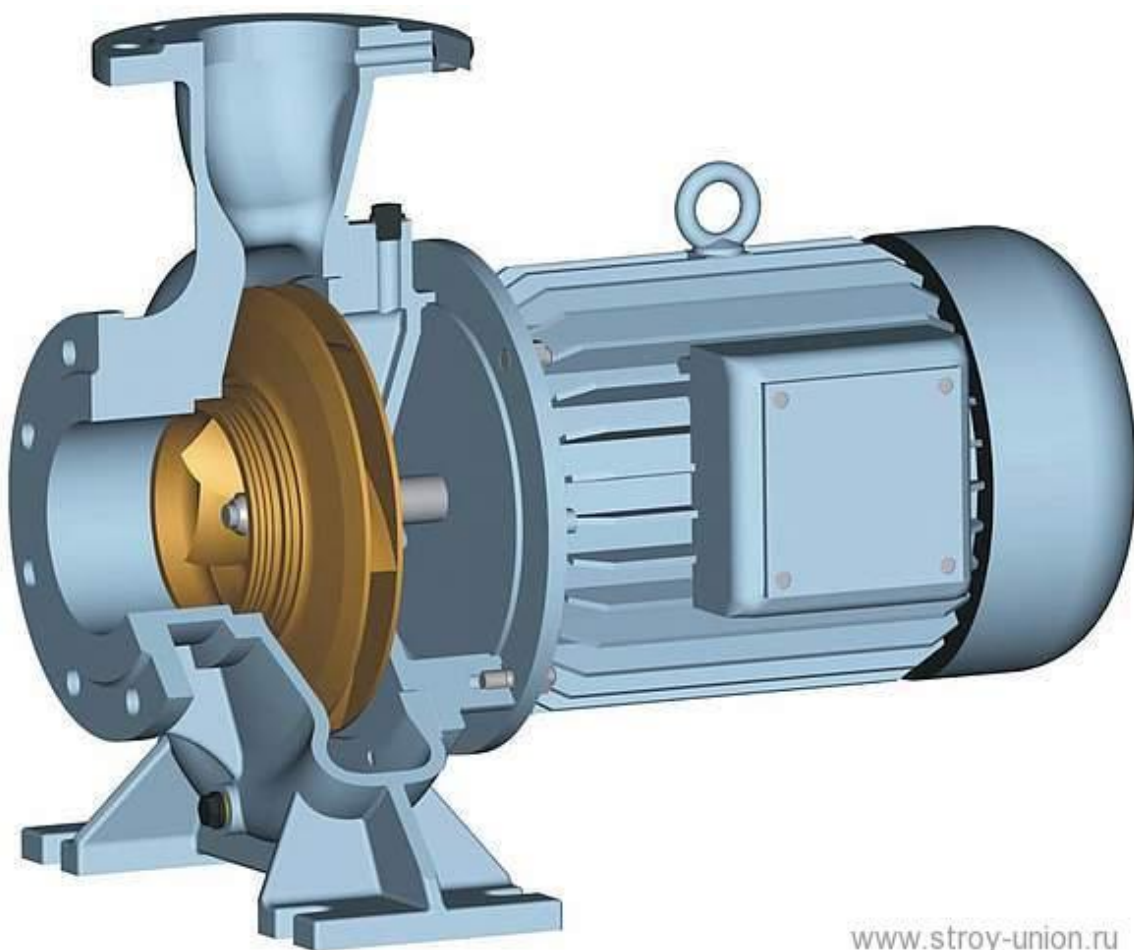
Дополнительная литература

2. В. А. Комков, Н. С. Тимахова. Насосные и воздуходувные станции: учебник д/средн. спец. образования. ИНФРА-М, 2015.
3. Карасев Б.В. Насосные и воздуходувные станции: учебник для ВУЗов. Минск: Вышэйшая школа, 1990.
4. Балыгин В. В. Исторический обзор развития водоподъемников и насосов. НГАСУ, 2002.
5. Насосные и воздуходувные станции. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов профиля «Водоснабжение и водоотведение» направления 270800 «Строительство» всех форм обучения. Составители: Балыгин А. В., Скитер Н. А., НГАСУ (Сибстрин), 2013.
6. Водопроводная насосная станция 2 подъема. Методические указания по выполнению курсового проекта для студентов профиля «Водоснабжение и водоотведение» направления 270800 «Строительство» всех форм обучения. Составители: Балыгин А. В., Гвоздев В. А., Ксенофонтова О. В. НГАСУ (Сибстрин), 2013.
7. Насосы. Каталог-справочник., НГАСУ, 2000.

Насос – это устройство (машина, аппарат) предназначенное для перекачивания жидкости.

Устройство, состоящее из насоса, двигателя, соединительной муфты и измерительных приборов, называется **насосным агрегатом** или **насосной установкой**.

НАСОСНЫЕ И ВОЗДУХОДУВНЫЕ СТАНЦИИ



Насосная станция – сложный комплекс насосных установок, устройств и сооружений, обеспечивающих в совокупности бесперебойную подачу воды (отведения сточной жидкости) в соответствии с запросом потребителей.

Основные параметры насосов

Насосы с точки зрения потребителя характеризуются тремя величинами: *производительностью, напором и мощностью.*

Соотношение между полезной гидравлической энергией и подведенной механической энергией определяется **коэффициентом полезного действия (КПД)**, который характеризует совершенство насоса.

Производительность насоса – количество (объем или вес) жидкости, подаваемой в единицу времени.

Размерность объемной производительности (Q) выражается в $m^3/ч$, $m^3/с$, $л/с$.

Для измерения расхода служат расходомеры различных конструкций и принципа действия (механические, вихревые, ультразвуковые, электромагнитные и др.).

Напор (Н) – приращение удельной энергии перекачиваемой жидкости на участке от входа в насос до выхода из него или разность между удельными энергиями жидкости на выходе и входе в насос.

Напор (давление) выражается в метрах водяного столба (*м*), атмосферах (*атм*), барах (*бар*), килограмм-сила на квадратный сантиметр (*кгс/см²*) или мегапаскалях (*МПа*).

$$10 \text{ м} = 1 \text{ кгс/см}^2 \text{ (1 техническая атм)} \approx 1 \text{ атм} \approx 1 \text{ бар} \approx 0,1 \text{ МПа}$$

$$1 \text{ бар} = 100000 \text{ Па (0,1 МПа)} \approx 10,2 \text{ м}$$

$$1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па} = 1,01325 \text{ бар}$$

За рубежом распространены единицы psi (фунт-сила на квадратный дюйм):

$$1 \text{ psi} \approx 0,7 \text{ м} \approx 0,07 \text{ атм}; \quad 1 \text{ атм} \approx 14,7 \text{ psi}$$

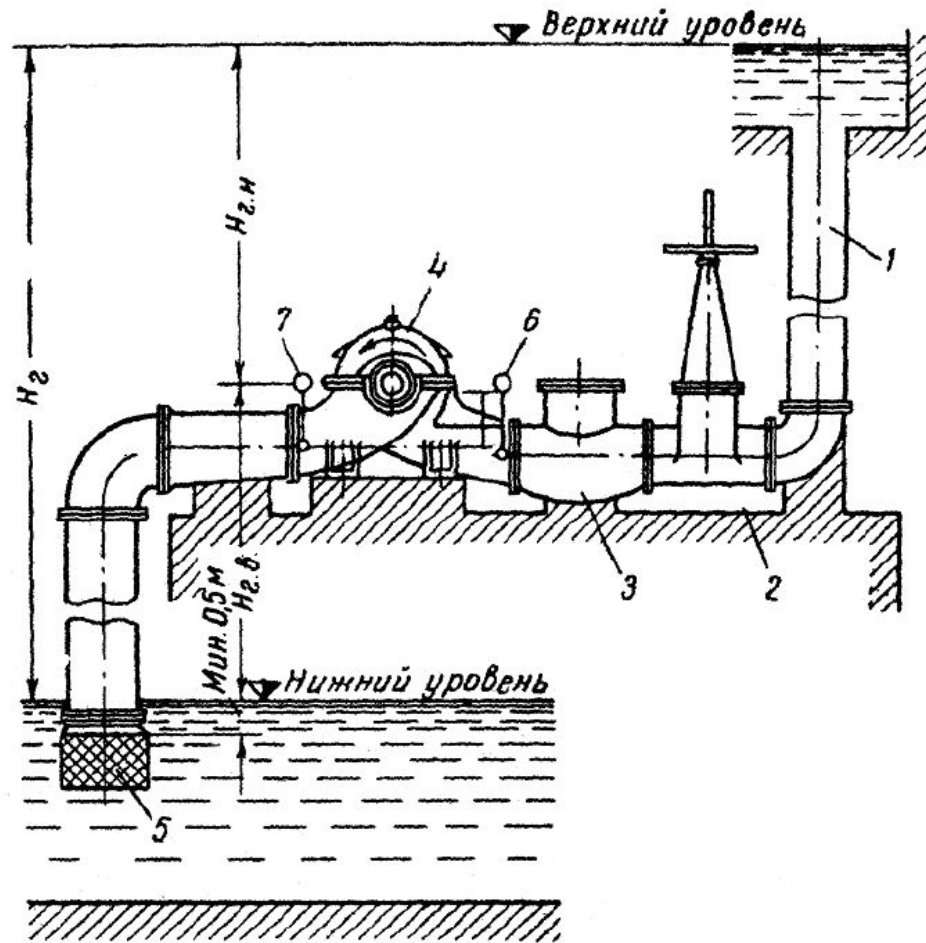


Схема установки центробежного насоса:

1 – напорный трубопровод; 2 – задвижка; 3 – обратный клапан; 4 – насос; 5 – приемный клапан; 6 – манометр; 7 – вакуумметр; $H_{г.н}$ – геометрическая высота нагнетания; $H_{г.в}$ – геометрическая высота всасывания; $H_г$ – геометрическая высота подъема

Напор насоса представляет собой сумму статической (геометрической) высоты подъема и гидравлических потерь, возникающих при движении перекачиваемой жидкости по системе всасывающего и напорного трубопровода от нижнего уровня воды до верхнего.

Геометрическая высота подъема представляет собой разницу отметок верхнего и нижнего уровней воды.

Уровни воды, а, следовательно, и статический напор входят в число исходных данных для проектирования насосной установки. Суммарные гидравлические потери для заданной подачи насоса определяются расчетом с учетом конструктивных особенностей: (диаметр, протяженность, материал, оборудование и других) всасывающего и напорного трубопроводов.

Полный напор насоса определяется по формуле:

$$H_{нас} = H_{Г} + h_{вс} + h_{нап}$$

где

$H_{нас}$ – напор насоса, м;

$H_{Г}$ – геометрическая высота подъема, м;

$h_{вс}$ – потери напора во всасывающих коммуникациях, м;

$h_{нап}$ – потери напора в напорных коммуникациях, м.

Геометрическая высота подъема насоса складывается из геометрической высоты всасывания ($H_{Г.В.}$) и геометрической высоты нагнетания ($H_{Г.Н.}$).

$H_{Г.В.}$ – разность отметок уровня воды в источнике и центра колеса.

$H_{Г.Н.}$ – разность отметок верхнего уровня воды (напр., в резервуаре) и центра колеса.

Мощность насоса и его коэффициент полезного действия.

Полезная мощность насоса (N_n) равна

$$N_n = \rho g Q H,$$

где

Q – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – напор насоса, м ;

ρ – плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Потребляемая мощность (N) больше полезной мощности на величину всех потерь мощности в насосе. Эти потери оцениваются полным КПД насоса (η), который равен отношению полезной мощности насоса к потребляемой:

$$\eta = \frac{N_n}{N}$$

Потребляемая насосом мощность будет равна:

$$N = \frac{\rho g Q H}{\eta}$$

$$\eta = \eta_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{мех}}$$

η_{Γ} – гидравлический КПД;

$\eta_{\text{об}}$ – объемный КПД насоса;

$\eta_{\text{мех}}$ – механический КПД.

Значения КПД современных динамических насосов обычно лежат в пределах 0,6–0,9.

Высота всасывания

Высота всасывания относится к числу параметров, имеющих чрезвычайно важное значение при проектировании насосных станций. Высота всасывания, определяя положение насоса по отношению к уровню свободной поверхности в водоисточнике, определяет тем самым и глубину заложения фундамента машинного зала, а следовательно и капитальные затраты на строительство.

Различают геометрическую ($H_{г.в.}$) и вакуумметрическую ($H_{вак}$) высоты всасывания.

Геометрическая высота всасывания $H_{г.в.}$ – разность отметок оси насоса и свободного уровня поверхности воды в резервуаре или в источнике (рис. 1.5).

Вакуумметрическая высота всасывания $H_{\text{вак}}$ равна, (м):

$$H_{\text{вак}} = \frac{p_{\text{атм}} - p_1}{\rho g},$$

где $p_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, м;

p_1 – давление на входе в насос, м.

Геометрическая и вакуумметрическая высоты всасывания связаны следующими соотношениями:

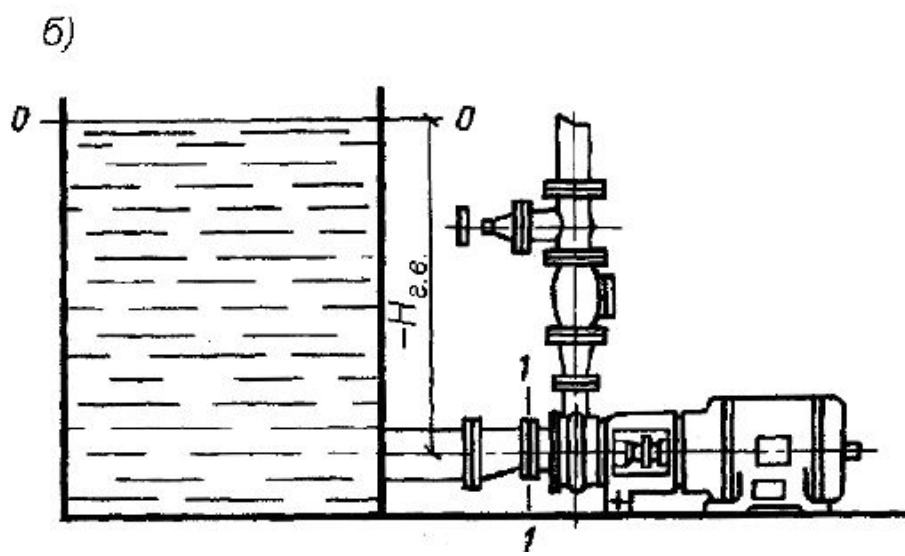
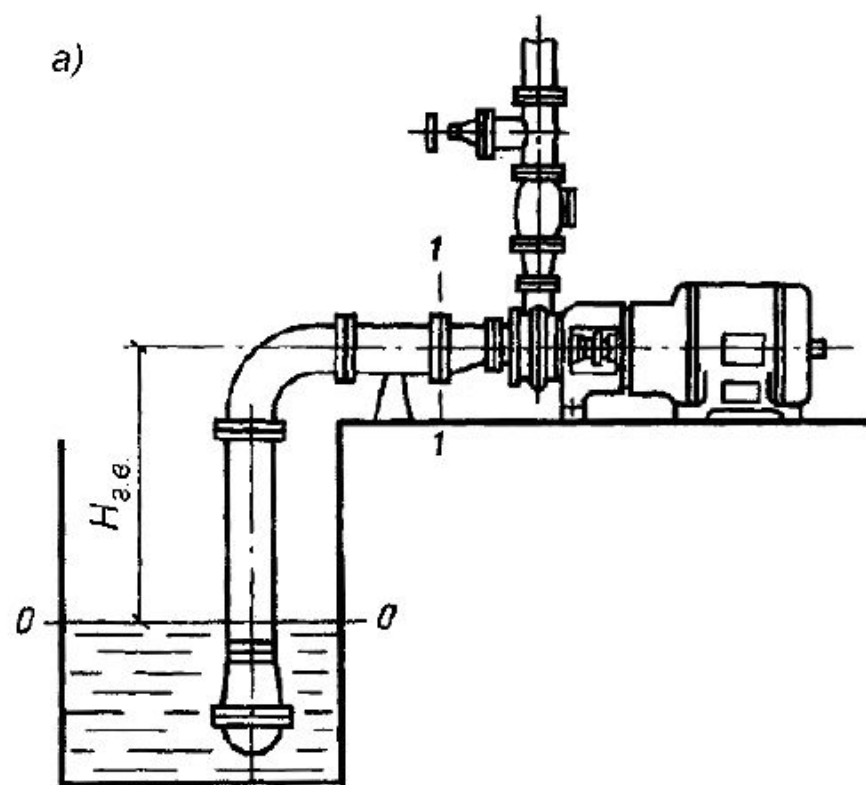
$$H_{г.в.} = H_{вак} - \frac{v_1^2}{2g} - h_{вс},$$

$$H_{вак} = H_{г.в.} + \frac{v_1^2}{2g} + h_{вс}$$

где v_1 – скорость при входе в насос, м/с;

$h_{вс}$ – потери напора во всасывающих коммуникациях насоса, м.

Эта зависимость справедлива для случая, когда уровень воды в источнике ниже оси насоса, т.е. когда насос работает с положительной высотой всасывания



Кавитация в насосах. Допустимое значение высоты всасывания

При падении абсолютного давления у входа в рабочее колесо насоса, равного давлению насыщенного пара перекачиваемой жидкости, возникает явление кавитации, которое приводит к разрушению материала рабочего колеса и корпуса насоса, уменьшает величины H и η насоса, приводит к срыву работы насоса и даже его разрушению.

Кавитация (пустота) – физическое явление – нарушение сплошности внутри жидкости, т.е. образование в капельной жидкости полостей заполненной газом, парами или их смесью (так называемых кавитационных пузырьков или каверн).

Отсутствие кавитации в насосе определяется условием, при котором давление жидкости на входе в насос не должно опускаться ниже допустимого $P_{доп}$ (давления насыщенных паров жидкости):

$$H_{з.в.} \leq \frac{p_{атм} - P_{доп}}{\rho g} - \frac{v_1^2}{2g} - h_{\theta c} = H_{вак}^{доп} - \frac{v_1^2}{2g} - h_{\theta c},$$

где $H_{вак}^{доп}$ – допустимая вакуумметрическая высота всасывания, м.

$$H_{\text{вак}}^{\text{доп}} = \frac{p_{\text{атм}}}{\rho g} - \frac{p_{\text{нар}}}{\rho g} - \Delta h_{\text{д}} ,$$

где $\Delta h_{\text{д}}$ – допустимый кавитационный запас, м.

В каталогах и паспортах насосов обычно приводится или характеристика $Q - H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ или $Q - \Delta h_{\text{д}}$. Для определения допустимой вакуумметрической высоты всасывания через величину допустимого кавитационного запаса используют выражение:

$$H_{\text{вак}}^{\text{доп}} = 10 - \Delta h_{\text{д}}$$

Основные причины кавитации:

- низкое барометрическое давление на входе во всасывающий трубопровод;
- большая высота расположения насоса над уровнем жидкости;
- высокая температура перекачиваемой жидкости;
- большие потери напора во всасывающих коммуникациях насоса.

