

# **Основные параметры насосов**

К **основным** параметрам насосов относятся три величины. Это производительность, напор и мощность.

**1. Производительность  $Q$**  - это объём жидкости, подаваемый насосом в нагнетательную линию в единицу времени.

Измеряется  $\text{м}^3/\text{с}$  [СИ],  $\text{м}^3/\text{час}$ , млн.  $\text{м}^3/\text{год}$  и т.д.

В гидродинамике мы использовали понятие объёмного расхода  $V$ .

Это одно и то же: для сети название «объёмный расход» и обозначение  $V$ , а для насоса — производительность (подача)  $Q$ .

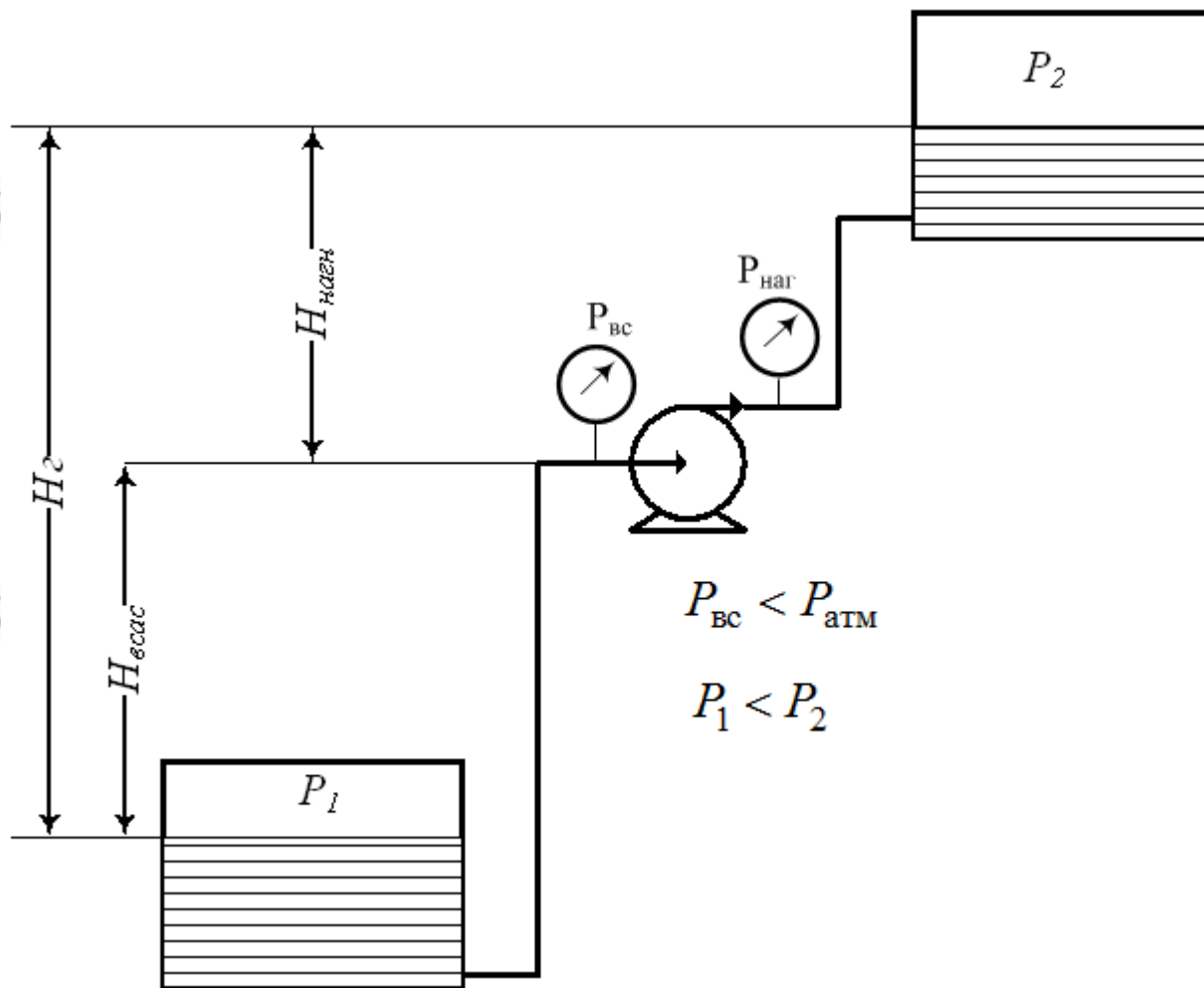
## **2. Напор $H$ (м) насоса.**

**С точки зрения энергетики напор - это избыточная удельная энергия, которую насос сообщает единице веса жидкости.**

С инженерной точки зрения (и это более важно и проще запомнить) **напор** – это та **высота, на которую насос может поднять (закачать) жидкость.** Измеряется в метрах!

Рассмотрим напор насоса подробнее. Изобразим схему простейшей насосной установки, например, перекачивание воды из колодца.

Насос расположен выше уровня в приёмной ёмкости,  $P_{\text{вс}} < P_{\text{атм}}$



Строго доказываемся, что напор насоса складывается из четырёх слагаемых:

1. необходимо поднять жидкость с одного уровня на другой, т.е. на высоту  $H_{\Gamma}$ ;
2. необходимо преодолеть разность давлений между ёмкостями  $P_2 - P_1$ ;
3. надо скомпенсировать потерю энергии (напора!) в трубопроводе  $h_{\text{пот}}$ ;
4. потоку нужно сообщить скорость, т.е. дать ему скоростной напор

$$h_{\text{ск}} = \frac{w^2}{2g}$$

Математически это записывается так

$$H = H_{\Gamma} + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_{\text{пот}} + \frac{w^2}{2g}$$

Но последнее слагаемое, как правило, имеет очень небольшое значение. В самом деле, при скорости потока 2 м/с величина скоростного напора составит всего

$$\frac{w^2}{2g} = \frac{2^2}{2 \cdot 9,8} = 0,2 \text{ м.}$$

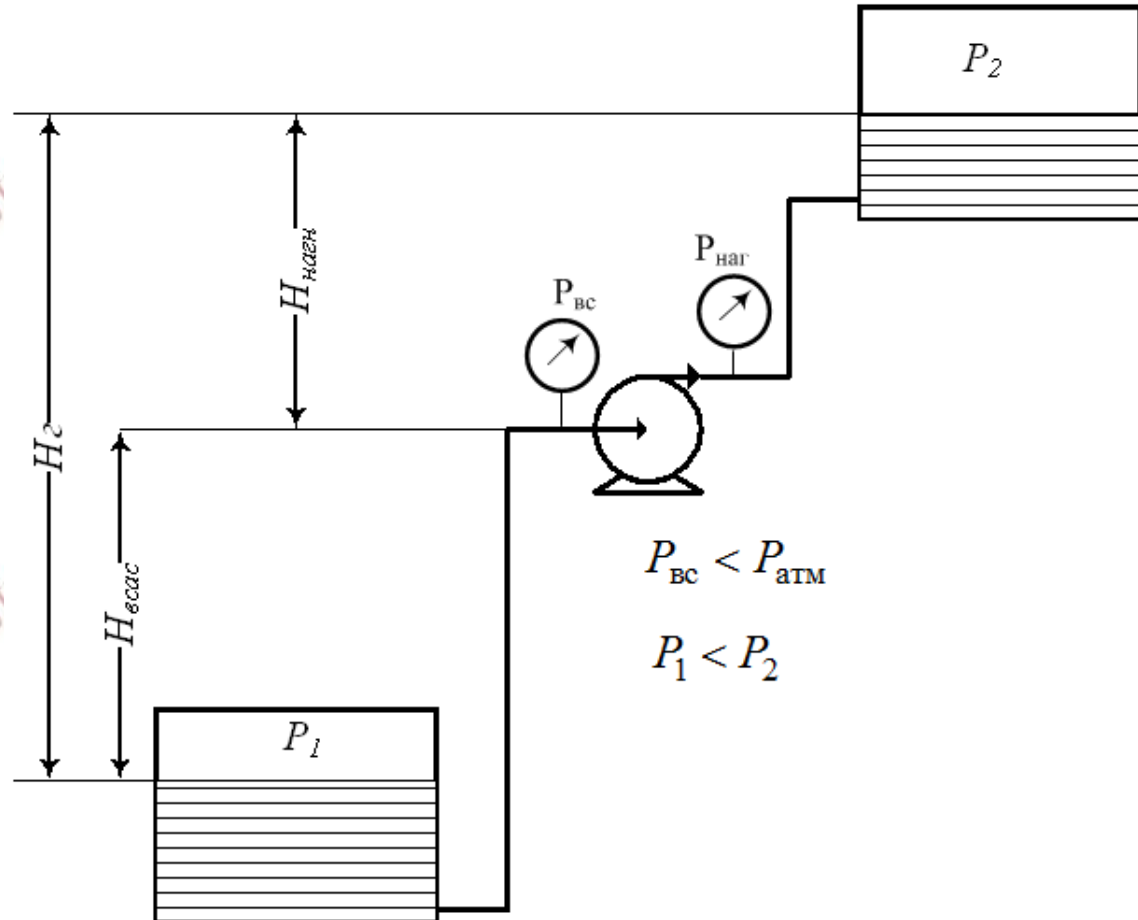


Поэтому в расчётах, как правило, используют формулу без этого последнего слагаемого

$$H = H_{\Gamma} + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_{\text{пот}}$$

Если трубопровод горизонтальный и нет разности давлений, то весь напор (энергия!) расходуется на компенсацию потери на трение и местные сопротивления.

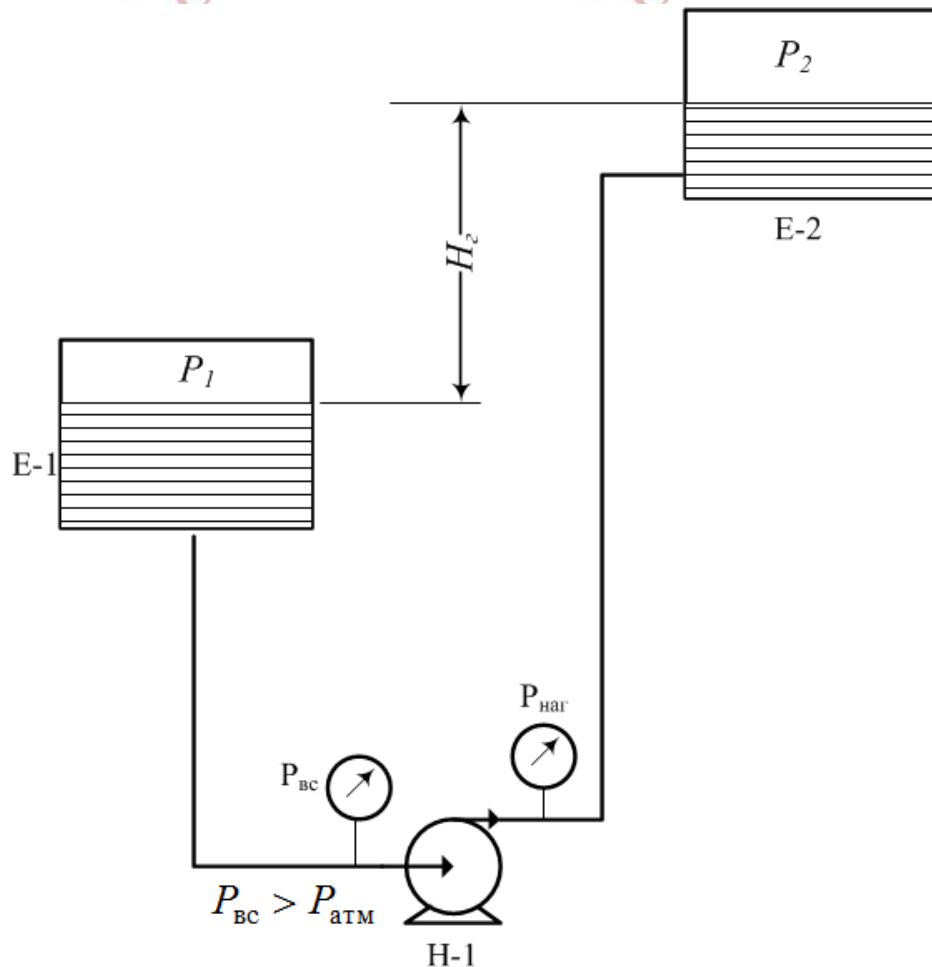
На нашем рисунке показана очень важная величина — высота всасывания  $H_{\text{всас}}$ . Имеет ли она предел?



Эта величина лимитирована давлением пара перекачиваемой жидкости. Это давление должно быть меньше давления во всасывающей линии. Иначе жидкость закипит. Об этом поговорим дальше.

Сейчас же отметим, что на практике стараются обеспечить подпор жидкости во всасывающем трубопроводе (рисунок).

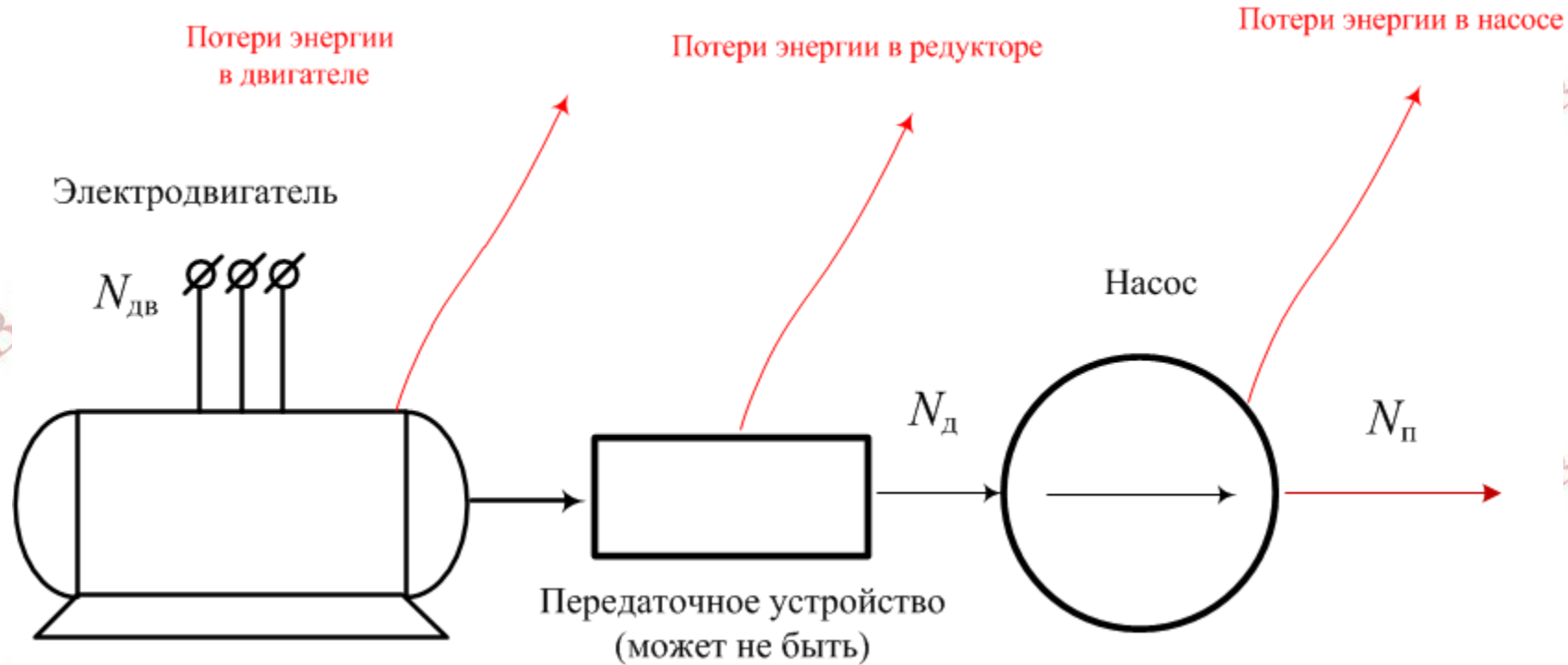
Насос расположен ниже уровня в приёмной ёмкости,  $P_{\text{вс}} > P_{\text{атм}}$



В технологической практике насосы устанавливают на так называемой нулевой отметке, на уровне земли. Помещение, в котором установлены насосы, так и называется – насосная.

3. **Мощность, Вт или кВт.** О какой мощности идёт речь? Дело в том, что этих мощностей несколько.

Посмотрим на самую общую насосную установку. В её состав входят собственно насос, какое-то передаточное устройство (редуктор) и двигатель.



**Полезная мощность насоса  $N_{\Pi}$  – это та мощность, которую получает жидкость.**

**Она зависит от:**

**производительности  $Q$ ;**

**напора  $H$ ;**

**плотности жидкости  $\rho$  (а точнее – удельного веса!)**

$$N_{\Pi} = QHg\rho$$



**Действительная мощность** или **мощность** на валу  $N_d$  – это мощность, потребляемая насосом.

Насос получает мощность извне, преобразует её и передаёт жидкости.

Но за счёт несовершенства конструкции часть энергии «теряется»: на перемешивание жидкости в насосе, трение в подшипниках и т.д.

Мы знаем, что степень совершенства конструкции оценивается с помощью коэффициента полезного действия. Так вот для насоса он будет равен

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{д}}}$$

О значениях этого параметра для различных типов насосов мы поговорим позже.

При подборе электродвигателя для насоса необходимо учесть потери энергии как в передаточном устройстве, так и в самом электродвигателе. Эти потери учитывают к.п.д. передачи  $\eta_{\text{пер}}$  и к.п.д. двигателя  $\eta_{\text{дв.}}$ .

Тогда **мощность, которую потребляет двигатель, можно найти из соотношения**

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{д}}}{\eta_{\text{пер}} \eta_{\text{дв}}} = \frac{N_{\text{п}}}{\eta_{\text{н}} \eta_{\text{пер}} \eta_{\text{дв}}}.$$

Но в момент пуска электродвигателя ему нужно преодолеть силу инерции как деталей насоса, так и находящейся в нём жидкости.

Поэтому **установочная мощность электродвигателя** **больше потребляемой** на 10 – 50%.

Мы рассмотрели три основных параметра насосов, которые должен знать любой технически грамотный человек. Эти параметры обязательно указываются на самом насосе.

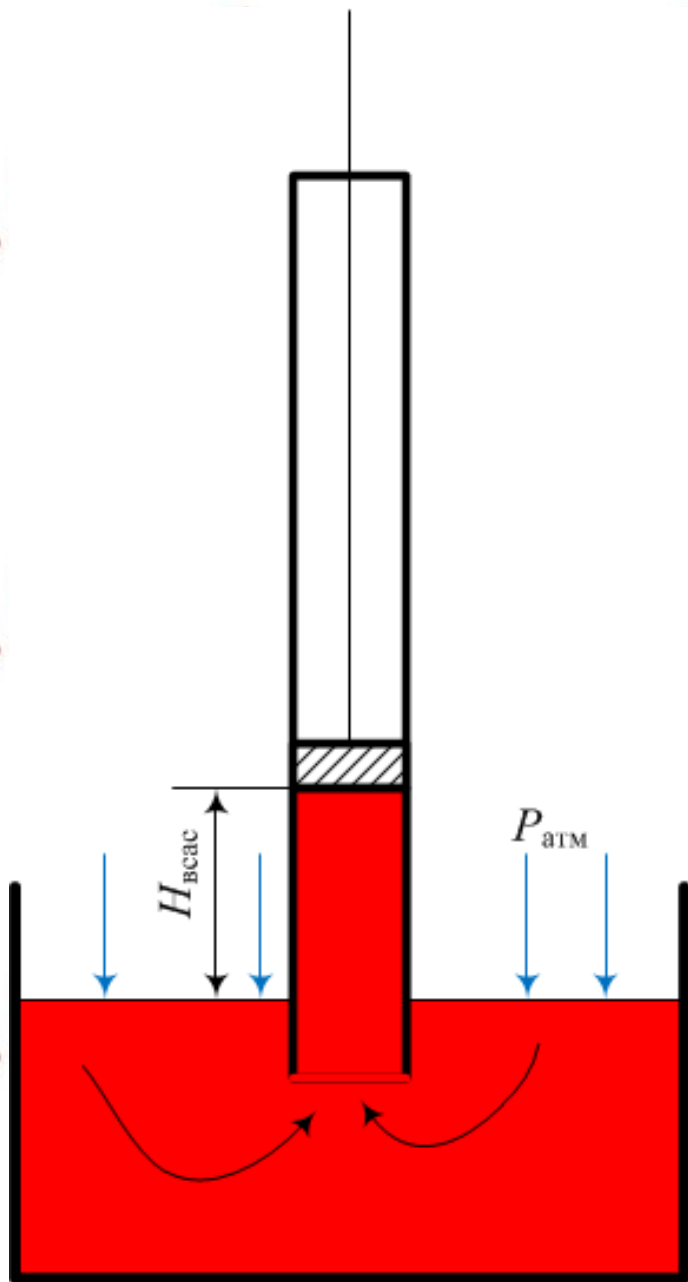
Теперь рассмотрим параметры, которые должен знать специалист химик-технолог.

## 4. **Высота всасывания. Явление кавитации. Кавитационный запас.**

Итак, вернёмся к вопросу — имеет ли высота всасывания  $H_{\text{всас}}$  какой-то предел или нет.

Мысленно сделаем такой эксперимент:  
будем всасывать шприцем жидкость (воду,  
спирт, лёгкий углеводород) из ёмкости,  
находящейся под атмосферным давлением.





Почему жидкость заходит в шприц? Её туда гонит атмосферное давление. До каких пор жидкость будет подниматься вслед за поршнем? Теоретически до тех пор, пока давление столба жидкости не сравняется с атмосферным

$$P_{\text{атм}} = \rho g H_{\text{всас}}$$

Для воды при  $20^\circ\text{C}$  теоретическая высота всасывания будет равна ( $P_{\text{атм}} = 745 \text{ мм рт. ст.}$ )

$$H_{\text{всас}} = \frac{745 \cdot 133}{998 \cdot 9,8} = 10,1 \text{ м}$$

Но это теоретически. Мы не учли давление пара над жидкостью. Вспомним условие кипения:

**Жидкость начинает кипеть, когда давление её пара будет равно внешнему давлению.**

Если учесть давление пара жидкости, то формулу надо записать так

$$P_{\text{вн}} = \rho g H_{\text{всас}}$$

Пересчитаем высоту всасывания

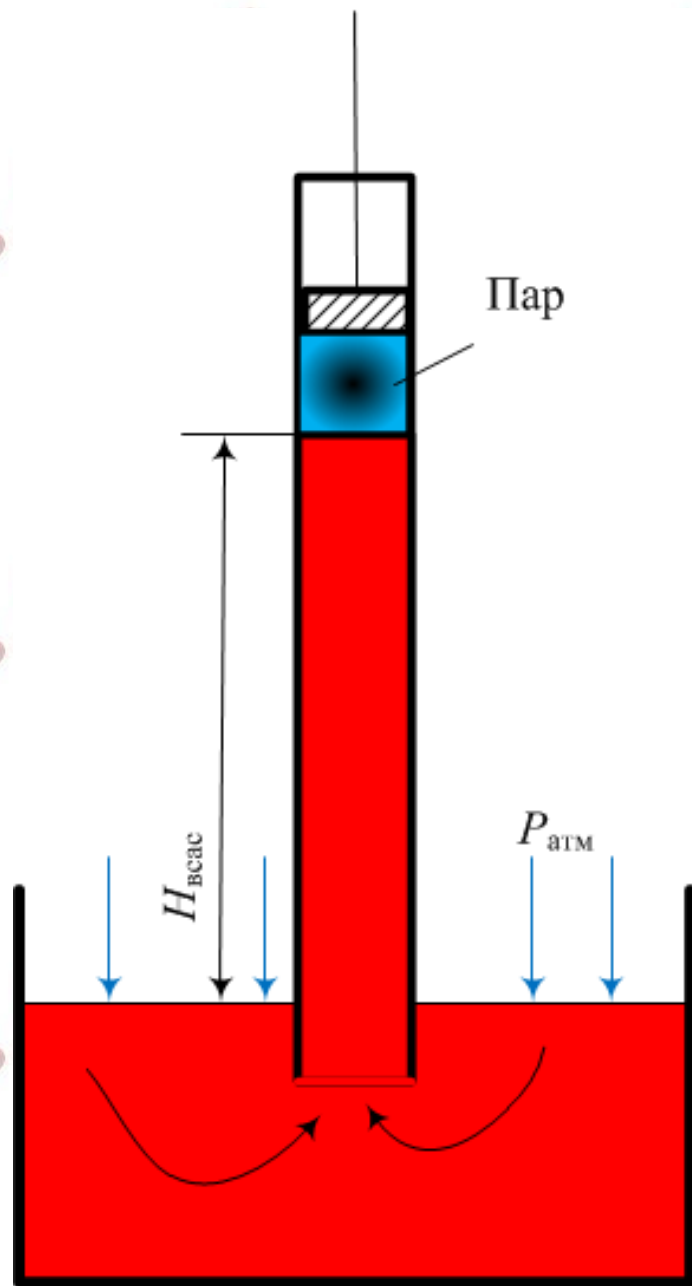
$$H_{\text{всас}} = \frac{P_{\text{вн}}}{\rho g} = \frac{(745 \cdot 133) - 2335}{998 \cdot 9,8} = 9,9 \text{ м}$$

Результат изменился мало.

Но если взять воду, нагретую до  $90^\circ \text{C}$ , то давление её пара будет уже  $70117 \text{ Па}$  – близко к атмосферному. Высота всасывания составит

$$H_{\text{всас}} = \frac{P_{\text{вн}}}{\rho g} = \frac{(745 \cdot 133) - 71117}{965 \cdot 9,8} = 3 \text{ м.}$$

При дальнейшем понижении давления во всасывающей линии начинает образовываться паровая фаза



Это мы рассматривали статические условия. В реальном насосе жидкость движется с большой скоростью. А из уравнения Бернулли мы помним — чем выше скорость, тем меньше давление. При этом возможно как вскипание жидкости, так и выделение из неё растворённого газа. Начинается **кавитация**.

**Кавита́ция (от лат. Cavita - пустота) — процесс образования и последующего схлопывания пузырьков в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами.**

**Это очень опасное явление, приводящее к разрушению насоса. Что происходит при кавитации?**



1. Появляются стуки, треск, вибрация, свидетельствующие о ненормальной работе насоса.

2. Падает напор, мощность и к.п.д.

3. Начинается эрозия (механическое разрушение) насоса.

4. Происходит местное повышение температуры. При конденсации выделяется теплота. Местная температура может достигать  $300^{\circ}\text{C}$ .

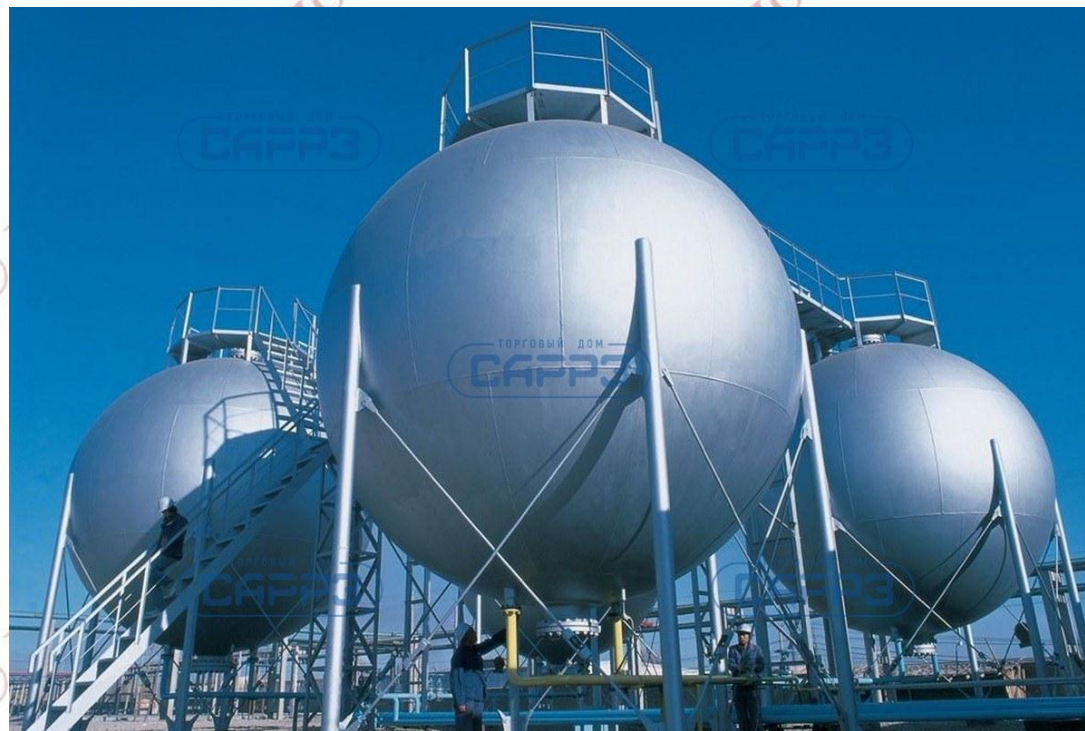
5. В зоне кавитации возникает разность электрических потенциалов, т.к. холодные и горячие участки образуют термопару.

Для исключения кавитации при проектировании насосных установок рассчитывается так называемый **допустимый кавитационный запас  $\Delta h$** . По физическому смыслу  $\Delta h$  – это подпор сверх упругости пара жидкости. При его учёте высота всасывания уменьшается. Расчёт допустимой высоты всасывания  $H_{\text{вс}}$  проводится по формуле

$$H_{\text{всас}} = \frac{P_1 - P_{\text{нас}}}{\rho g} - \Delta h - h_{\text{пот.всас}}$$

где  $P_{\text{нас}}$  — давление насыщенного пара перекачиваемой жидкости при её рабочей температуре;  $\Delta h$  — допустимый кавитационный запас, справочная величина;  $h_{\text{пот.всас}}$  — потеря напора во всасывающей линии.

Особая проблема – перекачивание сжиженных газов. Резервуары для их хранения называют газгольдерами.



Газгольдер Саратовского резервуарного завода

Перечень правил, которые необходимо выполнять при проектировании насосной установки:

1. Насос следует располагать на нулевой отметке.
2. Перекачивать желательно как можно менее холодный продукт. Но специальное охлаждение необходимо проверить экономически.
3. Уменьшить сопротивление всасывающей линии.
4. Тщательно уплотнять всасывающий трубопровод.
5. Избегать резких изгибов всасывающей линии.
6. Подвод всасывающего трубопровода должен быть по возможности вертикальным снизу-вверх.