

# Вспомогательная емкостная аппаратура

**Резервуары:**

- цилиндрические ,
- шаровые.

**По способу установки резервуары могут быть:**

- наземными,
- полуподземными,
- подземными.

**Цилиндрические резервуары: их изготавливают емкостью до 20000 м<sup>3</sup> с плоским дном и конической крышкой.**

# Вспомогательная емкостная аппаратура

Напорные баки – служат для поддержания постоянного напора жидкости.

Мерники емкостью не более 2-2,5м<sup>3</sup> применяют большей частью в периодических процессах для отмеривания заданного объема жидкости. Отмеривание производится по изменению уровня жидкости, для чего мерники снабжают поплавковым уровнемером или мерным стеклом. Мерники и напорные баки кроме патрубков наполнения и слива имеют обычно *переливные линии* на случай переполнения аппарата и *воздушники* (штуцера для сообщения с атмосферой).

# аппаратура

Флорентийские сосуды. Служат для размещения двух несмешивающихся жидкостей. После расслаивания через нижний штуцер сливается более тяжелая жидкость, а через боковые штуцера – легкая.

Фазоразделители используют для разделения жидкой и газовой фаз. Они представляют собой небольшие емкостные аппараты, в которых газожидкостная смесь расслаивается, что дает возможность разделить ее на два потока.

# Расчет емкостей

Непрерывные процессы:

Необходимо найти объем емкости:

– скорость  $V = \frac{G * \tau}{\varphi * \rho}$  жидкости пропустить через емкость кг/ч  
- время

- коэффициент заполнения

=0,5-0,6 – для пенящихся жидкостей

=0,7-0,8 – для нормальных жидкостей

G  
T  
φ  
φ  
φ

# Расчет емкостей

## Периодические процессы:

Объем емкости применяют из ГОСТ. Надо определить число емкости:

$$1) \quad n = \frac{V_{\text{сут}}}{V_{\text{рабочий объем}}}$$

$$V_{\text{рабочий объем}} = V_{\text{полн}} \cdot \alpha$$

$$2) \quad \alpha = 24 / \tau$$

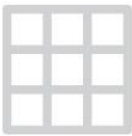
$$3) \quad n = \frac{V_{\text{сут}}}{V_{\text{полн}} \cdot \alpha}$$

(ка в рас эте реакторов)

$\beta$   $\tau$

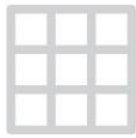
$\alpha$   $\beta$

# Насосы

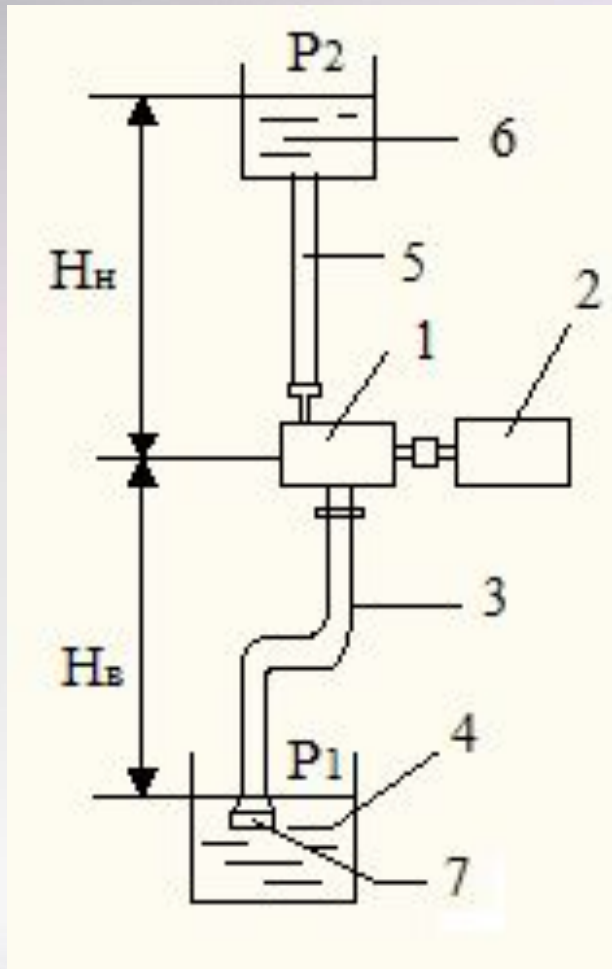


**Насосы – машины, предназначенные для создания потока жидкой среды.**

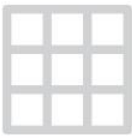
**Они широко применяются в химической и нефтехимической промышленности.**



# Насосы



Насосная установка состоит из насоса 1 с приводом 2, всасывающего водопровода 3, соединяющего насос с местом забора жидкости из приемной жидкости 4, напорного трубопровода 5, по которому жидкость подводится к месту назначения, напорного резервуара 6. При перекачке загрязненных жидкостей на конец всасывающего трубопровода надевают сетчатый фильтр 7



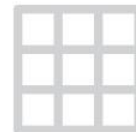
# Насосы

**Приводом насоса служат в основном электродвигатель.**

**Механическая энергия от двигателя к насосу может передаваться непосредственно или через передаточные механизмы. В первом случае вал двигателя соединяют с валом насоса муфтой, а иногда насос и двигатель имеют общий вал. В качестве передаточных механизмов в насосных установках применяют редукторы, ременные передачи, а в отдельных случаях и гидротрансформаторы.**



# Насосы



Насосы в зависимости от принципа действия подразделяют согласно ГОСТ 17398-72 «Насосы. Термины и определения» на 130 видов.

По виду рабочей камеры и сообщения ее со входом и выходом насоса их делят на 2 большие группы:

А) Динамические насосы

Б) Объемные насосы.

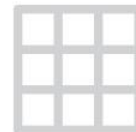
Динамический насос – насос, в котором жидкая среда перемещается под силовым воздействием на нее в камере, постоянно сообщаемой со входом и выходом насоса.

Объемный насос – насос, в котором жидкая среда перемещается путем периодического изменения объема занимаемой ею камеры, попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса.

# Параметры насоса

Всасывание жидкости насосом осуществляется под действием разности давления окружающей среды  $P_o$  и давление на входе в насос  $P_n$ . Чтобы всасывание происходило, давление  $P_n$  должно быть больше давления насыщенных паров перекачиваемой жидкости при данной  $t^0$ . Обычно вакууметрическая высота всасывания при перекачивании холодных жидкостей не превышает 5-6 метров, а при перекачивании горячих или вязких жидкостей она значительно снижается. В последнем случае жидкости подводят к насосу под некоторым избыточным давлением.

# Параметры насоса



Основные параметры характеризующие работу любого насоса следующие:

**Q** – производительность (подача); определяется объемом жидкости, подаваемой насосом в единицу времени.

**H** – напор - величина, определяемая зависимостью:

$$H = \frac{P}{\rho g}$$

**P** – давление насоса МН/м<sup>2</sup>

**ρ**- плотность жидкой среды кг/м<sup>3</sup>

**g** – ускорение свободного падения

**N** - мощность, потребляемая насосом.

# Параметры насоса

Насосы выбирают исходя из количества перекачиваемой жидкости, ее характеристики ( $t, P,$ ) и из расчета необходимого напора. При правильном выборе насоса сокращаются не только капитальные и эксплуатационные затраты, но и время на наладку, пуск и освоение проектной мощности проектируемого производства. Необходимое условие правильного выбора оборудования, в том числе и насосов, - знание условий эксплуатации.

# Параметры насоса

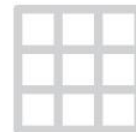
В соответствующих каталогах приводятся характеристики насосов при максимальной частоте вращения колеса  $n$ , которую нельзя увеличить произвольно, так как при изменении ее от  $n_1$  до  $n_2$  параметры насоса также изменяются по следующим законам пропорциональности:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

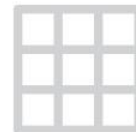
$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

# Поршневые насосы.



**Поршневые насосы относятся к классу объемных насосов, в процессе работы которых всасывающий и нагнетательный трубопроводы герметически отделены друг от друга, а количество жидкости, подаваемой в единицу времени, определяется только размерами насоса и скоростью движения его рабочих органов и не зависит от развиваемого напора.**

# Поршневые насосы.



## Достоинства поршневых насосов:

Способность создавать любой требуемый напор, пределы которого определяются только прочностью деталей насоса и мощностью привода;

Достаточно высокий КПД;

Малая чувствительность к изменению вязкости перекачиваемой жидкости.

Способность поддерживать постоянный напор при переменной производительности;

Возможность «сухого» всасывания без предварительной заливки насоса и всасывающего трубопровода.

При постоянном числе оборотов производительность не зависит от преодолеваемого сопротивления сети.

# Поршневые насосы.

## Недостатки.

Тихоходность рабочих органов, что не позволяет осуществлять прямое соединение их с быстроходными приводами, а также создавать агрегаты большой производительности;

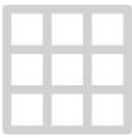
Непостоянство давления нагнетания и неравномерность раздачи жидкости (пульсирующая подача), сложность конструкции отдельных узлов;

Наличие значительного количества деталей, совершающих возвратно-поступательное движение, передаточных устройств клапанов;

Меньшая экономичность в работе по сравнению с центробежными насосами.

Поршневые насосы рекомендуются применять для перекачивания вязких быстрозастывающих и весьма текучих горячих и холодных жидкостей.



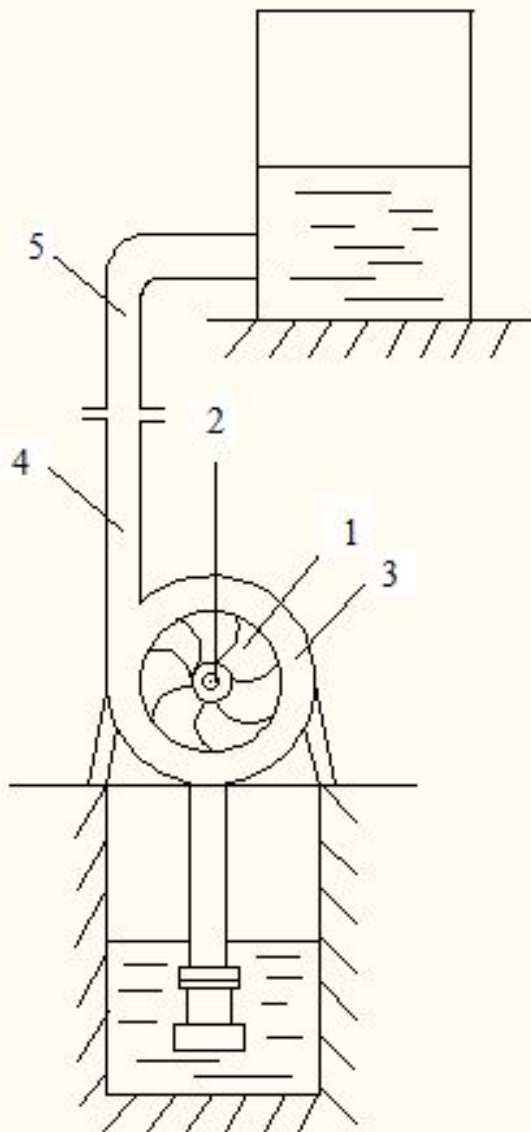


# Центробежные насосы

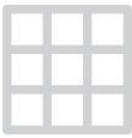
**В центробежном насосе всасывание и нагнетание жидкости происходит под действием центробежных сил, развиваемых вращающимся рабочим колесом с загнутыми назад лопатками.**

**По числу рабочих колес, устанавливаемых последовательно на одном валу в корпусе, центробежные насосы делятся на одноступенчатые и многоступенчатые, а по величине развиваемого напора – на насосы низкого давления (при напоре до 15м), среднего давления (при напоре 15-40 метров) и высокого давления (при напоре свыше 40м).**

# Центробежные насосы

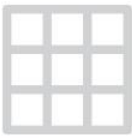


В центробежном одноступенчатом насосе на валу 2 жестко закреплено рабочее колесо 1 с криволинейными лопатками. Вал приводится во вращение от электродвигателя непосредственно через редуктор или клиноременную передачу. Рабочее колесо помещено в корпус 3 насоса, выполненный в виде спиральной камеры переменного сечения с напорным 4 и приемным 5 патрубками.



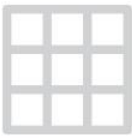
# Центробежные насосы

Напорный патрубок соединен с напорным трубопроводом, а приемный с всасывающим. На конце всасывающего трубопровода закрепляют сетку и обратный клапан. Сетка служит для задержания плавающих в перекачиваемой жидкости предметов, а обратный клапан позволяет заливать жидкостью насос и всасывающий трубопровод перед пуском его в работу, что является обязательным условием для центробежных насосов.



# Центробежные насосы

При вращении рабочего колеса жидкость, заполняющая его каналы, перемещается от центра колеса к его периферии, поступает в спиральную камеру и оттуда в напорный патрубок 4. В центральной части насоса, благодаря оттоку жидкости создается вакуум. Под действием внешнего давления, действующего на свободную поверхность жидкости, открывается обратный клапан и жидкость по всасывающему трубопроводу поступает в насос. Таким образом создается непрерывное движение жидкости через систему.



# Центробежные насосы

## Преимущества их по сравнению с поршневыми:

Обеспечивают равномерность подачи.

Более быстроходны.

Компактны.

Проще по конструкции

Могут быть использованы для перекачивания загрязненных жидкостей.

## Недостатки:

Невозможность создания больших давлений

Уменьшение производительности с увеличением напора

Низкий КПД

Необходимость заливки насоса перед пуском в работу

Центробежные насосы стандартизированы, они выпускаются на различные производительности и давления.

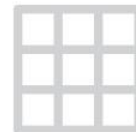
Имеются еще: осевые, роторные, вихревые насосы.

# Насосы



**Существуют также осевые, роторные, вихревые насосы.**

# Расчет насосов



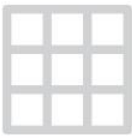
При проектировании обычно возникает задача определения необходимого напора и мощности, при заданной подаче (расходе) жидкости, перемещаемой насосом. Далее по этим характеристикам выбирают насос конкретной марки.

Полезная мощность, затрачиваемая на перекачивание жидкости, определяется по формуле.

$$N_n = \rho g Q H$$

Где  $Q$  – подача;

$H$  – напор насоса (в метрах столба перекачиваемой жидкости).



Напор рассчитывают по формуле:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + H_r + h_n$$

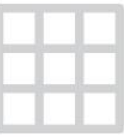
$p_2$  - давление в аппарате, из которого откачивается жидкость

$p_1$  - давление в аппарате, в которой подается жидкость

$H_r$  - геометрическая высота подъема жидкости

$h_n$  - суммарные потери напора во всасывающей и нагнетательной линиях.





Мощность которую должен развивать электродвигатель насоса на выходном валу при установившемся режиме работы, находятся по формуле:

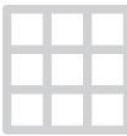
$$N = \frac{N_n}{\eta_n \cdot \eta_{пер}}$$

$\eta_n, \eta_{пер}$  - КПД соответственно насоса и передачи электродвигателя к насосу



**Если КПД насоса неизвестен, можно руководствоваться следующими примерными значениями его:**

Тип насоса	Центробежный	Осевой	Поршневой
$\eta_H$	0,4-0,7 малая и средняя подача	0,7-0,9 Большая подача	0,7-0,9 0,65-0,85



**КПД передачи зависит от способа передачи усилия.**

**В центробежных и осевых насосах обычно вал электродвигателя непосредственно соединяется с валом насоса; в этих случаях:**

$$\eta_{\text{пер}} \approx 1$$

**В поршневых насосах чаще всего используют зубчатую передачу:**

$$\eta_{\text{пер}} = 0,93 - 0,98$$

**Зная  $N$ , по каталогу выбирают электродвигатели к насосу; он должен иметь номинальную мощность  $N_{н'}$  равную  $N$ . Если в каталоге нет электродвигателя с такой мощностью, следует выбирать двигатель с ближайшей большей мощностью.**

# Центробежные насосы

При расчете затрат энергии на перекачивание необходимо учитывать, что мощность  $N_{дв}$ , потребляемая двигательная от сети, больше номинальной вследствие потерь энергии в самом двигателе.

$$N = \frac{N_H}{\eta_{дв}}$$

$\eta_{дв}$

- КПД двигателя



# Центробежные насосы

Если КПД двигателя неизвестен, его можно выбирать в зависимости от номинальной мощности.

$N_H$ кВт	0,4-1	1-3	3-10
$\eta_{дв}$	0,7-0,78	0,78-0,83	0,83-0,87

# Вентиляторы

**Вентиляторы используются для вентиляции зданий, создания тяги и дутья в печах, топках, сушилках, циклонах, фильтрах и в системах пневмотранспорта. Они создают малые напоры, поэтому могут быть использованы только для преодоления сопротивления трубопроводов, газоходов топок, печей и сушилок.**

**Основная часть вентилятора - рабочее колесо с лопатками, укрепленное на вращающемся валу. Рабочее колесо вентилятора работает по тому же принципу, что и крыльчатка центробежного насоса: вращающиеся лопатки рабочего колеса сообщают газу ускорение в радиальном или основном направлении и создают на выходе из колеса избыточное давление.**

# Вентиляторы

Если газ движется в рабочем колесе в радиальном направлении, то вентилятор – центробежный, а если в осевом - осевой или пропеллерный.

Вентиляторы – машины, перемещающие газовые среды при степени повышения давления до 1,15.

В зависимости от давления, создаваемого вентиляторами, их подразделяют на три группы:

Низкого давления - до 981 Па;

Среднего давления – 981-2943 Па;

Высокого давления – 2943-11772 Па.

Центробежные вентиляторы охватывают все три группы, осевые – преимущественно низкого давления, в очень редких случаях – среднего.

Поскольку повышение давления в вентиляторах невелико, изменением термодинамического состояния газа в них можно пренебречь. Поэтому к ним применима теория машин для несжимаемой среды.

Мощность, потребляемую вентиляторами, рассчитывают по формулам:

$$N_n = \rho g \theta H$$

$$N = \frac{N_n}{\eta_n \cdot \eta_{\text{пер}}}$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_n}{\eta_{\text{дв}}}$$



Потребный напор вентилятора (в м.столба газа) определяют по формуле:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{\rho g} + h_{\Pi}$$

$P_1$  – давление в аппарате, из которого высасывается газ;

$P_2$  – давление в аппарате, в который подается газ;

$h_{\Pi}$  – суммарные потери напора во всасывающей и магнетательных линиях.

**КПД центробежных вентиляторов обычно составляет,**

$$\eta = 0,6 - 0,9$$

**осевых  $\eta_n$  0,7 - 0,9**

**При непосредственном соединении вентилятора и двигателя**

$$\eta_{\text{пер}} = 1$$

**При клиноременной**

$$\eta_{\text{пер}} = 0,92$$

# Тепловая изоляция оборудования

Значение ее возрастает в связи с выносом аппаратуры на открытые площадки.

Она необходима для того, чтобы

- 1** ■ Обезопасить обслуживающий персонал от контакта;
- 2** ■ Уменьшить потери энергии, тепла;
- 3** ■ В закрытых помещениях – предотвратить тепловые удары.

# Тепловая изоляция оборудования

## Требования к теплоизоляционным материалам

- 1** ■ Должен иметь минимальный коэффициент теплопроводности;
- 2** ■ Должен быть инертными по отношению к материалам, аппаратам, которые он изолирует;
- 3** ■ Не должен быть гигроскопичным и пористым;
- 4** ■ Должен обладать определенными механическими свойствами, чтобы не разрушался

# Тепловая изоляция оборудования

**1** ■ К ним относятся как материалы органического так и неорганического происхождения. Наибольшее распространение получили материалы, получаемые путем расплавов шлаков, горных пород, стекло, ткани;

**2** ■ Материалы на основе асбеста: асбестовое волокно;

**3** ■ Керамические материалы, изготовленные из глины путем формовки, обжига.

**4** ■ Используются непосредственно материалы на основе ВМС (пенополиуретины, полистирол).  
По способу закрепления материалов на теплоизолирующей поверхности они делятся на:

**1** ■ Мастичные – изготавливаются в виде мастик и в виде мастик наносятся на поверхности трубопровода. Закрепляются проволокой, создающей каркас и предотвращающей разрушение мастики;

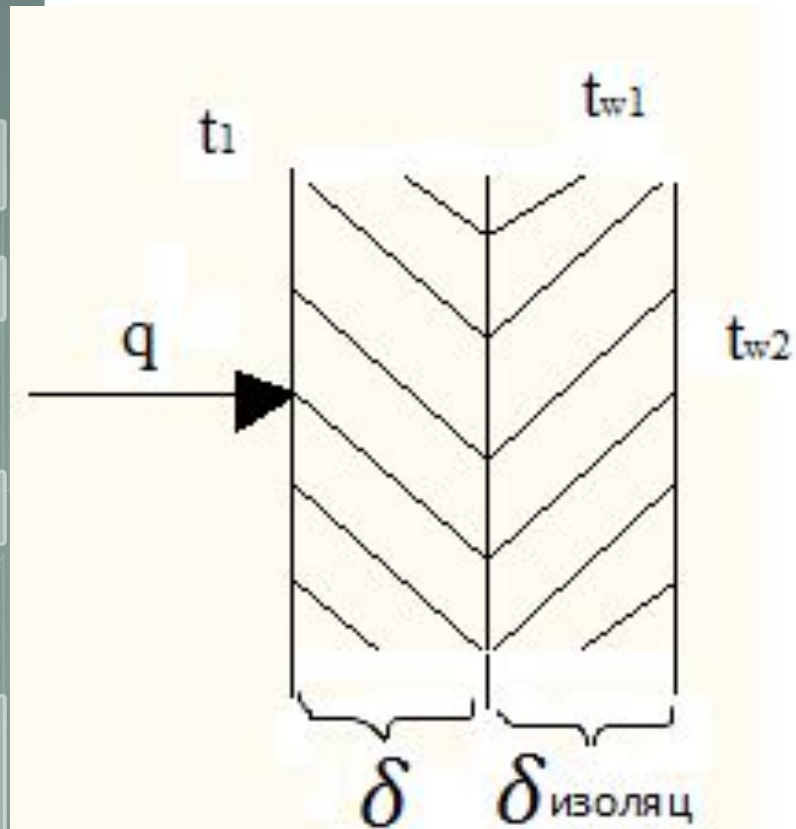
**2** ■ Засыпные – засыпают материал в специально подготовленный кожух (пенополистирол);

**3** ■ Наносится в виде листов на поверхность – оберточные теплоизоляторы, их закрывают проволокой или изготавливают кожух из Ме.

По температуре применения:

**1** ■ Высокотемпературные до 450°C

# Расчет толщины теплоизоляции



На основе уравнения теплопередачи:

Через поверхность проходит удельный тепловой поток  $q$ , внутри реакционной массы температура  $t_1$  и она больше  $t_{\text{окр'среды}} = t_{w2}$

# Расчет толщины теплоизоляции

1. Задаются температурой изоляционного слоя  $t_{w1}$

2. По эмпирическим формулам определяют коэффициент теплопередачи от изоляции в окружающую среду.

3. Определяют удельную теплоту потока:

$$q = k(t_1 - t_{w2}) = \alpha_2(t_1 - t_{w2})$$

4. Определяют толщину изоляции

$$q = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_M}{\lambda_M} + \frac{\delta_{ИЗ}}{\lambda_{ИЗ}} + \frac{1}{\alpha_2}\right)} (t_1 - t_{w2})$$

# Расчет толщины теплоизоляции

Для работ внутри помещения

$$\alpha_2 = 8,4 + 0,06(t_{w1} - t_{w2})$$

Если аппарат на открытом воздухе, то  $\alpha_2$  зависит от скорости ветра и диаметра аппарата. ккал/м<sup>2</sup>час

$v=5$  м/с и цилиндрический аппарат малого диаметра  $\alpha_2 = 18$  ккал/м<sup>2</sup>час

с большим диаметром и плоской стенкой  $\alpha_2 = 20$  ккал/м<sup>2</sup>час

$v=10$  м/с соответствует значению  $\alpha_2 = 25$ ;

$v=15$  м/с соответствует значению  $\alpha_2 = 30$ ;