

**Тема:**

# Нагревание

- **Наибольшее распространение в химической технике получили следующие методы нагревания:**  
*водяным паром, топочными газами, промежуточными теплоносителями, электрическим током.*

# Нагревание водяным паром

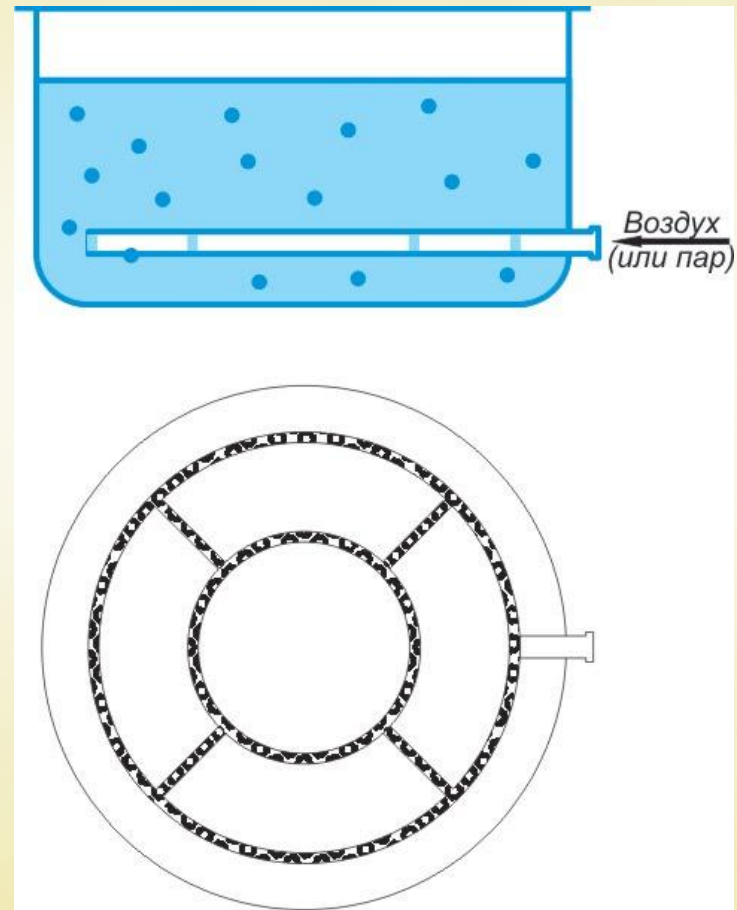
- Для нагревания применяются преимущественно насыщенный водяной пар при абсолютном давлении 10-12атм. Нагревание ограничено  $T = 180$ .
- В процессе нагревания насыщенный пар конденсируется, выделяя при этом тепло равное теплоте испарения жидкости.

## **Преимущества водяного пара как нагревающего агента:**

- 1) высокий коэффициент теплоотдачи;
- 2) большое количество тепла, выделяемое при конденсации единицей количества пара;
- 3) возможность транспортировки по трубопроводам на значительные расстояния;
- 4) равномерность обогрева, т.к. конденсация пара происходит при постоянной температуре;
- 5) легкое регулирование обогрева.

# Нагревание "острым" паром

При нагревании "острым" паром водяной пар вводится непосредственно в нагреваемую жидкость; конденсируясь, он отдает тепло нагреваемой жидкости, а конденсат смешивается с жидкостью. Для одновременного нагревания и перемешивания жидкости пар вводится через барботер-трубу с рядом небольших отверстий. Барботер располагают на дне в виде спирали или колец.



# Расход острого пара определяют по формуле:

$$D = (G \cdot c \cdot (t_2 - t_1) + Q_n) / (H - t_2)$$

где:

- G - количество нагреваемой жидкости, кг/ч;
- c - теплоемкость нагреваемой жидкости, ккал/кг.град.;
- $t_2, t_1$  - температура жидкости соответственно до и после нагревания, С;
- D - расход греющего пара;
- H - энтальпия греющего пара, ккал/кг;
- $Q_n$  - потери тепла в окружающую среду, ккал/кг.

При обогреве "острым" паром происходит неизбежное разбавление жидкости конденсатом.

# Нагревание "глухим" паром

- Если контакт нагреваемой жидкости с водой недопустим, то применяют нагревание "глухим" паром. В этом случае жидкость нагревается паром через разделяющую их стенку в аппаратах с рубашками, со змеевиками и др. Греющий пар целиком конденсируется и выводится из парового; пространства нагреваемого аппарата в виде конденсата.

**Расход "глухого" пара определяют по уравнению:**

$$D = (G c (t_2 - t_1) + Q_n) / (H - H_k)$$

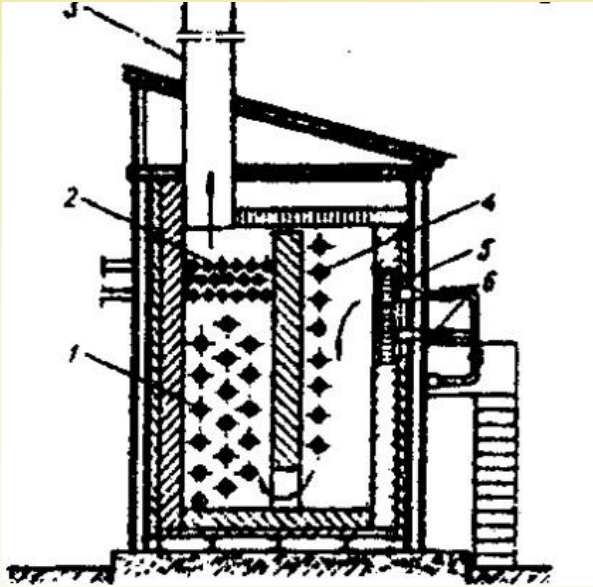
где:  $H_k$  - энтальпия конденсата, отводимого из парового пространства нагревателя.

# Нагревание топочными газами

- Нагревание топочными газами - самый старый способ обогрева в химической промышленности. Этим способом осуществляется нагревание до  $t=180-1000$ . Дымовые газы образуются при сжигании твердого, жидкого или газообразного топлива в топках или печах различной конструкции. Особенностью нагрева дымовыми газами являются "жесткие" условия нагревания: значительные перепады температур.



# Трубчатая печь



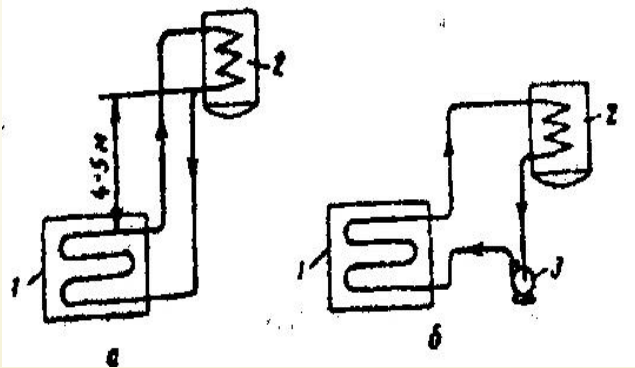
- Для нагрева жидких продуктов, работающая на газообразном топливе.
- Горючий газ, обычно природный, выходя из сопла горелки-6, инжигирует необходимое количество воздуха, смешиваясь с ним поступает на пористую панель-5 из керамического материала. При горении газа, которое происходит на поверхности излучающей панели, пламя отсутствует. Поэтому горелки такого типа называют беспламенными. Раскаленная поверхность испускает мощный поток тепловой радиации.

Образовавшиеся топочные газы с высокой температурой поступают в первую по ходу радиантную часть рабочего пространства печи, в которой теплота к нагреваемой поверхности-4 змеевика передается в основном за счет радиации.

Во второй - конвективной части печи-1 - теплота от несколько охлажденных газов передается змеевикам главным образом за счет конвекции. Для лучшего использования теплоты на пути отходящих газов иногда устанавливают дополнительные теплообменные устройства, например, змеевик-подогреватель-2. Газы удаляются через дымовую трубу-3.

# Органические теплоносители

- Минеральные масла являются одним из старейших промежуточных теплоносителей, используемых для равномерного нагрева различных продуктов. В качестве нагревающих агентов применяются масла, отличающиеся высокой температурой вспышки до 310°C (цилиндровое, компрессорное). Поэтому верхний предел нагрева маслами ограничен  $T = 250 - 300^\circ\text{C}$
- Нагрев с помощью минеральных масел производят либо помещая теплоиспользующий аппарат с рубашкой, заполненной маслом в печь, в которой тепло передается маслу топочными газами, либо устанавливая электронагреватели внутри масляной рубашки.
- Иногда масло нагревают вне теплоиспользующего аппарата (огне- и взрывоопасные производства) с естественной и принудительной циркуляцией.



- 1- печь со змеевиком;
- 2- теплоиспользующий аппарат;
- 3- подъемный трубопровод,
- 4 опускной трубопровод.

К группе высокотемпературных органических теплоносителей относятся: глицерин, этиленгликоль, нафталин. Наибольшее применение получила дифенильная смесь, состоящая из 26,5% дифенила и 78,5% дифенилового эфира.

$$T_{\text{пл}} = 12,3^\circ\text{C}; \quad T_{\text{кмп}} = 258^\circ\text{C}.$$

# Нагревание расплавленными солями

- Из различных неорганических солей и их сплавов, применяют для нагревания до высоких температур, нитрит - нитратную смесь. Это тройная эвтектическая смесь, содержащая  
40%-; 7%-; 53%-  
 $T_{пл} \text{ Смеси} = 142,3^{\circ} \text{ C}.$
- Эта смесь применяется для нагрева до 500-540°C

# Нагревание жидкими металлами

- Для нагрева до температур 400-800°C и выше в качестве высокотемпературных теплоносителей могут быть эффективно использованы ртуть, Na, K, Rb и др. легкоплавкие металлы и сплавы.
- Большинство металлических носителей огне- и взрывоопасны, не агрессивны. Легкоплавкие металлы, кроме ртути, натрия и калия и их сплавов используются главным образом в качестве промежуточных теплоносителей для нагревательных бань.

# Нагревание электрическим током

- 1. Нагревание электрической дугой применяется в дуговых печах и дает возможность развивать высокие температуры (1500-2000°C) и выше. Различают печи:
  - а) с открытой дугой - пламя дуги образуется над нагреваемым материалом и тепло передается лучеиспусканием;
  - б) с закрытой дугой - пламя дуги образуется между электродом и самим материалом.
- 2. Нагревание сопротивлением производится непосредственным пропусканием электрического тока через нагреваемое тело, либо через специальные нагревательные элементы.
- 3. Нагревание индукционными токами. Производится следующим образом: аппарат окружают обмоткой, через которую пропускают переменный ток. При этом вокруг обмотки образуется переменное магнитное поле, индуцирующее в стенках аппарата электродвижущую силу. В результате в стенках аппарата возникает электрический ток, который и нагревает их по всей толщине.
- 4. Диэлектрическое нагревание или нагревание токами высокой частоты, основано на том, что при взаимодействии на диэлектрик (непроводник эл. тока) переменного электрополя, часть энергии затрачивается на преодоление трения между молекулами диэлектрика и превращается в тепло. При этом диэлектрик нагревается.