

# **Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре**

**Классификация промышленных способов подвода и отвода тепла. Требования, предъявляемые к теплоносителям, их сравнительные характеристики и области применения.**

**Определение требуемого расхода теплоносителей**



# Классификация теплообменных процессов

- Высокотемпературные (пром.печи) 400-2000С;
- Среднетемпературные (выпарка) 150-700С;
- Низкотемпературные (отопление, вентиляция, кондиционирование, теплонасосные, холодильные) -150+150С;
- Криогенные (разделение воздуха) меньше -150С

# Основные понятия

- Вещества, участвующие в тепловых процессах, - теплоносители.
- Классификация теплоносителей:
  - по назначению;
  - по агрегатному состоянию;
  - диапазону рабочих температур.

# По назначению

- Греющий теплоноситель;
- Охлаждающий теплоноситель;
- Промежуточный тепло- и хладоноситель;
- хладагент

# По агрегатному состоянию

- однофазные;
- Многофазные.

# По диапазону рабочих температур

- Дымовые или топочные газы 1500С, Капельные жидкости (температура кипения больше 200С) мин.масла, расплавы солей, жидкие металлы;
- Водяной пар (до 650С), вода (до 375С) и воздух (до 100С);
- Температура кипения при давлении 0,1 МПа не превышает 0С, холодильные агенты – сжиженные газы.

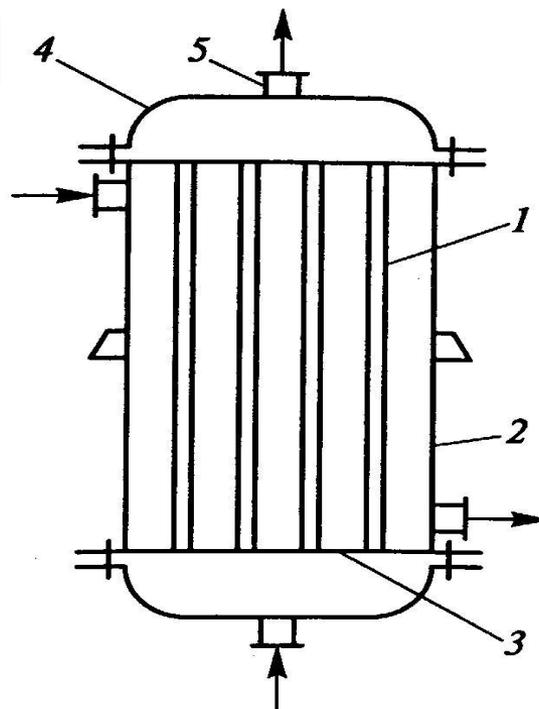
# Нагревание водяным паром

- Используют водяной пар давление которого 0,1-1,2 МПа;
- Температура до 190С;
- Большое количество тепла выделяется при конденсации ед.массы водяного пара (2260-1990 кДж/кг);
- Высокий коэффициент теплоотдачи (5000-18000 Вт/(м<sup>2</sup>град));
- Равномерность обогрева (конденсация при постоянной температуре).

# Способы нагрева водяным паром

- «Острый» пар:  
Разбавление нагреваемой среды, расход пара меньше.
- «Глухой» пар

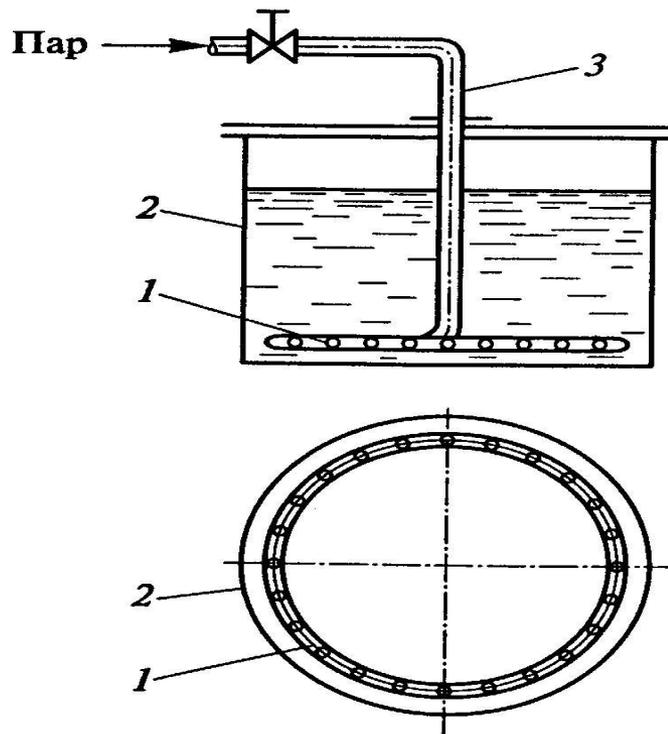
# «Глухой пар» Схема кожухотрубного теплообменника



1 – пучок труб; 2 – кожух; 3 – трубная решетка;  
4 – крышка; 5 - штуцер

# «Острый пар»

## Схема смесительного теплообменника с барботером



1 – барботер; 2 – корпус; 3 - паропровод

# Нагревание горячей водой

- Коэффициент теплоотдачи от горячей воды ниже, чем у конденсирующего пара;
- Температура воды снижается вдоль поверхности теплообмена;
- Температура не более 100С

# Расход тепло- и хладоносителей

- Количество переданной теплоты:

$$\Delta Q_{\Gamma} = \Delta Q_{\text{х}} + \Delta Q_{\text{п}}$$

- Уравнение теплового баланса в общем виде:

$$M_{\Gamma}(i_{\Gamma\text{н}} - i_{\Gamma\text{к}}) = M_{\text{х}}(i_{\text{хк}} - i_{\text{хн}}) + \Delta Q_{\text{п}}$$

- Если не происходит фазовых превращений:

$$M_{\Gamma}c_{\Gamma}(t_{\Gamma\text{н}} - t_{\Gamma\text{к}}) = M_{\text{х}}c_{\text{х}}(t_{\text{хк}} - t_{\text{хн}})$$

# Нагревание топочными газами

- Температура 180 – 1000С;
- «Жесткие» условия (значительные перепады температур и небольшие коэффициенты теплоотдачи 15-35 Вт/(м<sup>2</sup>град));
- Трудно регулировать процесс, неравномерность обогрева;
- Огнеопасно;
- При разбавлении топочных газов воздухом – окисление металлов.

# Промежуточные теплоносители

- Минеральные масла;
- Перегретая вода;
- Высокотемпературные органические теплоносители (ВОТ);
- Расплавленные смеси солей.

- Использование жидкостной бани;
- Естественная или вынужденная циркуляция теплоносителя

# Нагревание электрическим током

- Электроды прямого действия;
- Электроды сопротивления косвенного действия;
- Индукционные печи
- Дуговые печи.