



**Энергомашиностроение.**

**6**

# **Лекция №15**

## **ОСНОВЫ РАСЧЁТА ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ**

- Основные положения
- Оценка экономичности теплообменного аппарата

## Основные положения

**Теплообменником** называется *аппарат, предназначенный для сообщения теплоты одному из теплоносителей в результате отвода от другого теплоносителя*. Процесс подвода и отвода теплоты в теплообменнике может преследовать различные технологические цели: нагревание (охлаждение) жидкости или газа, превращение жидкости в пар, конденсацию пара, выпаривание раствора и т. д.

По принципу действия теплообменники делят на **рекуперативные, регенеративные и смесительные**. **Рекуперативными** называют теплообменники, у которых передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку. **Регенеративными** называют теплообменники, у которых горячий теплоноситель соприкасается с твердым телом (керамической или металлической насадкой) и отдает ему теплоту; в последующий период с твердым телом соприкасается «холодный» теплоноситель, который и воспринимает теплоту, аккумулированную телом.

В металлургической промышленности регенеративные теплообменники с давних пор применяют для подогрева воздуха и горючих газов. Аккумулирующую насадку в теплообменнике делают из красного кирпича. Особенностью регенераторов является то, что процесс теплопередачи в них нестационарен. Поэтому технические расчеты регенеративных теплообменников выполняют по усредненным температурам во времени. **Смесительными** называются теплообменники, у которых передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется их непосредственным соприкосновением, следовательно, сопровождается полным или частичным обменом вещества.

При расчете теплообменников обычно встречаются два случая:

- 1) конструктивный расчет, когда известны параметры теплоносителей на входе и выходе и расходы теплоносителей (или расход теплоты). Выбрав предварительно конструкцию теплообменника расчетом, определяют поверхность теплообмена;
- 2) поверочный расчет, когда известны поверхность теплообмена и конструкция аппарата и частично известны параметры их на входе. Расчетом находят неизвестные параметры (например, параметры на выходе), расходы теплоносителей или другие характеристики аппарата (например, к. п. д.).

В обоих случаях основными расчетными уравнениями служат: уравнение теплового баланса

$$Q = m_1 c_1 (T_1' - T_1'') = m_2 c_2 (T_2'' - T_2') \quad (1)$$

$$Q = kF(T_1 - T_2)$$

$$dQ = k\Delta T dF \quad (2)$$

$$Q = \int_0^F k\Delta T dF = kF\Delta T_m \quad (3)$$

$$\frac{\Delta T_m}{\Delta T'} = \frac{\frac{\Delta T''}{\Delta T'} - 1}{\ln \frac{\Delta T''}{\Delta T'}} \quad (4)$$

$$\Delta T_m = \Delta T_{cp.ap} = \frac{1}{2} (\Delta T' + \Delta T'') \quad (5)$$

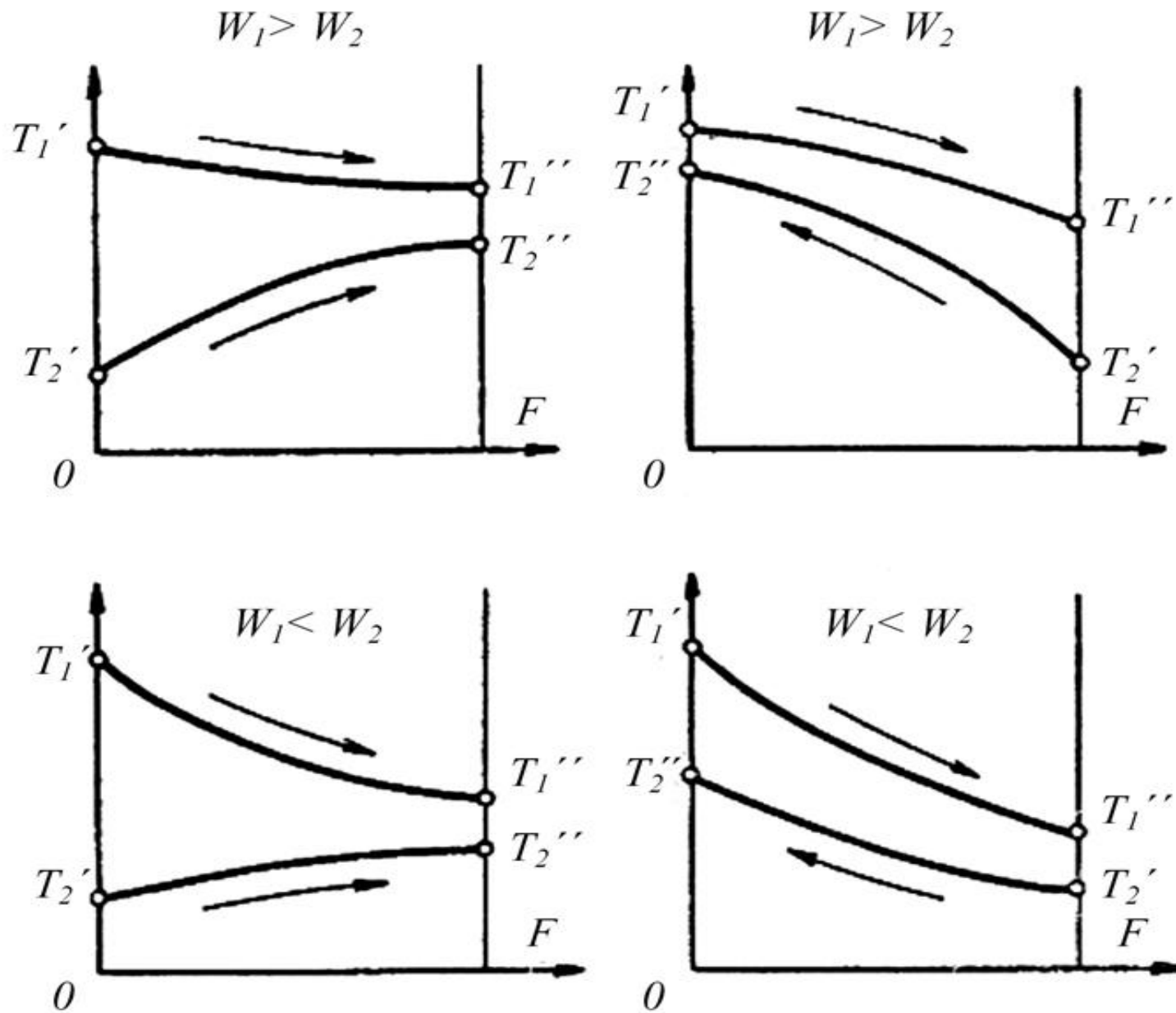


Рис. 1. Характер изменения температур теплоносителей при схемах прямотока и противотока

В тепловых расчетах важное значение имеет понятие так называемого **водяного эквивалента теплоносителя**  $W$ , которое определяет собой количество воды, эквивалентное по теплоемкости секундному расходу рассматриваемой жидкости

$$W = mc_p \quad (6)$$

$$\frac{T_1' - T_1''}{T_2'' - T_2'} = \frac{W_2}{W_1} \quad (7)$$

Если в теплообменнике горячая и холодные жидкости протекают параллельно и в одном направлении, то такая схема движения называется **прямоточной** (рис. 1, а). При противотоке жидкости движутся параллельно, но в противоположные стороны (рис. 1, б). В схеме перекрестного тока жидкости движутся в перекрещивающихся направлениях (рис. 1, в). Кроме перечисленных простых схем движения жидкостей, могут быть сложные, сочетающие в себе различные комбинации элементов простых схем (рис. 1, г и д).

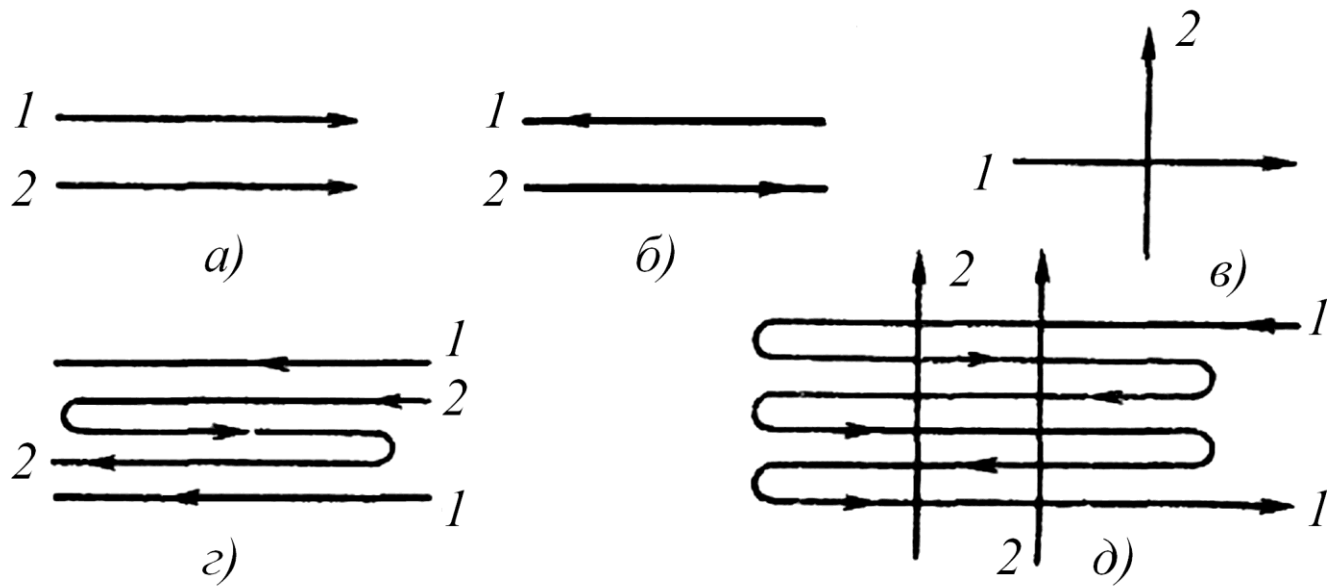


Рис. 2. Схемы движения рабочих жидкостей в теплообменниках

Из рассмотрения графиков можно сделать следующие выводы:

1. Для прямотока конечная температура холодной жидкости всегда ниже конечной температуры горячей жидкости;
2. Температурный напор вдоль поверхности при прямотоке изменяется значительно, и среднее его значение меньше, чем при противотоке, поэтому, как следует из формулы (3), при прямотоке передается меньшее количество теплоты, чем при противотоке.
3. Схемы прямотока и противотока можно считать равноценными, если температура хотя бы одного из теплоносителей постоянна. Так получается при кипении жидкостей и при конденсации паров, или когда величина водяного эквивалента одного из теплоносителей настолько велика, что его температура изменяется незначительно.
4. При противотоке конечная температура холодной жидкости  $T_2''$  может быть выше конечной температуры горячей, т. е. при одной и той же начальной температуре холодной жидкости при противотоке ее можно нагреть до более высокой температуры.

Пожалуй, единственным недостатком схемы противотока являются более тяжелые температурные условия для материала стенок теплообменника, так как отдельные участки со стороны входа горячей жидкости омываются с обеих сторон жидкостями с максимальной температурой.

Как указывалось выше, при поверочном расчете необходимо рассчитать конечные температуры теплоносителей  $T_1''$  и  $T_2''$  и количество переданной теплоты. В этом случае для приближенной оценки можно пользоваться зависимостями

$$\left. \begin{aligned} T_1'' &= T_1' - \frac{Q}{W_1} \\ T_2'' &= T_2' + \frac{Q}{W_2} \end{aligned} \right\} Q = \frac{T_1' - T_2'}{\frac{1}{kF} + \frac{1}{2W_1} + \frac{1}{2W_2}} \quad (8)$$

## Оценка экономичности теплообменного аппарата

Экономичность процесса в теплообменнике оценивают коэффициентом полезного действия и коэффициентом удержания теплоты.

1. Коэффициент полезного действия, характеризующий долю теплоты горячей жидкости, использованную для подогрева холодной жидкости,

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{расп}}$$

где  $Q_1$  — количество теплоты, воспринятой холодной жидкостью;  $Q_{расп}$  — располагаемое количество теплоты горячей жидкости.

2. Коэффициент удержания тепла, учитывающий потери теплоты в окружающую среду и представляющий собой отношение количества теплоты  $Q_1$  полученной холодной жидкостью, к количеству теплоты  $Q_2$ , отданной горячей жидкостью:

$$\varepsilon = \frac{Q_1}{Q_2}$$

Так как  $Q_2 = Q_1 + Q_n$ ,  $Q_n$  — теплотопотери в окружающую среду, то

$$\varepsilon = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_n} = \frac{1}{1 + \frac{Q_n}{Q_1}}$$

Величина  $\varepsilon$  зависит от конструкции аппарата и качества тепловой изоляции.

## Контрольные вопросы

- Теплообменный аппарат (теплообменник)
- Основные положения. Регенеративный, рекуперативный, смешительный
- Схемы движения рабочих жидкостей в теплообменниках
- Характер изменения температур теплоносителей при схемах прямотока и противотока
- Схемы движения рабочих жидкостей в теплообменниках
- Оценка экономичности теплообменного аппарата
- Водяной эквивалент теплоносителя
- КПД
- Коэффициент удержания тепла