

Сложный теплообмен

Теплопередача.

Уравнение теплопередачи.

Интенсификация теплообмена.

Теплопередача

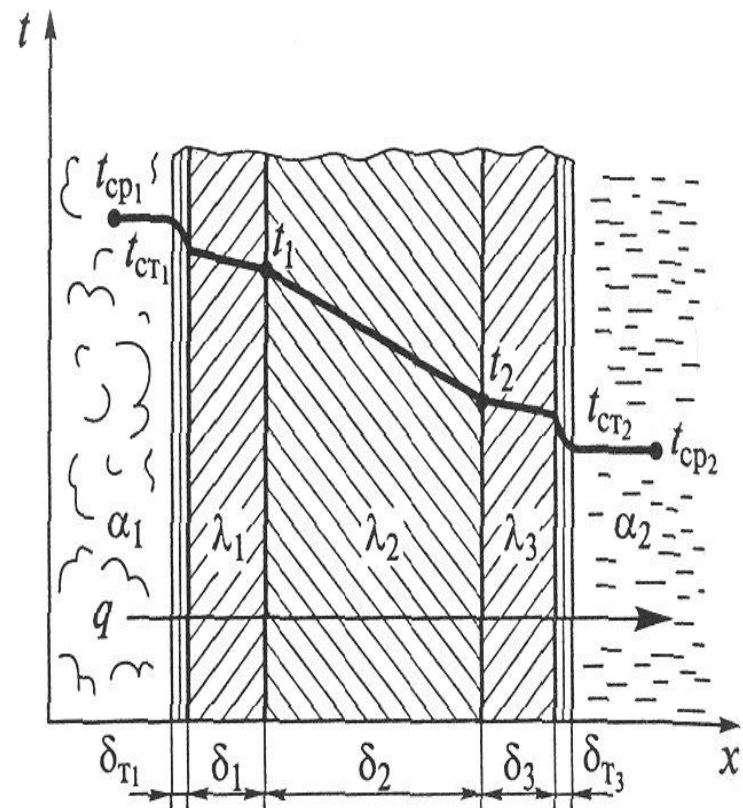
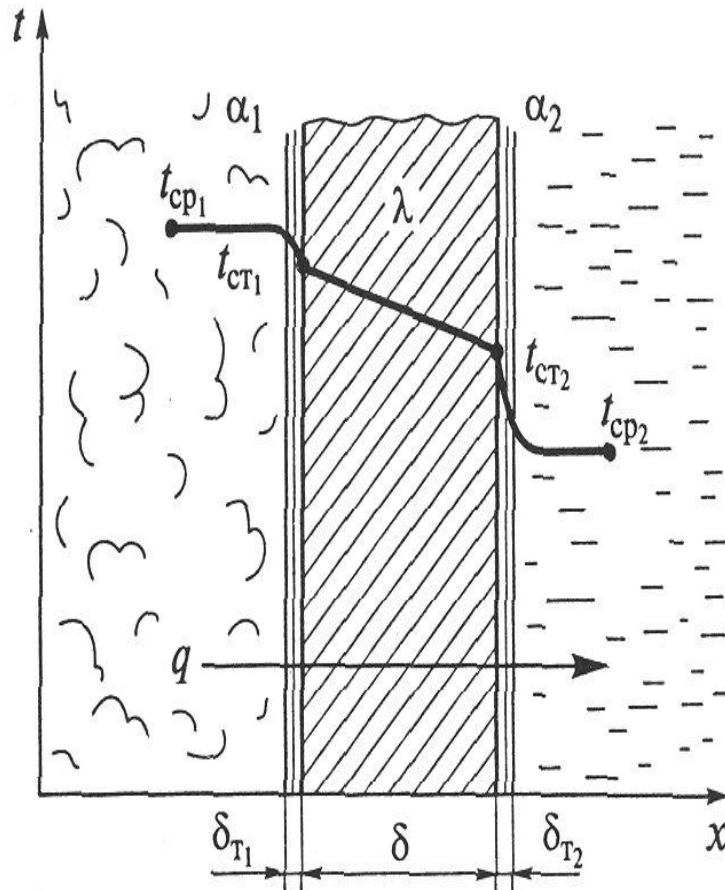
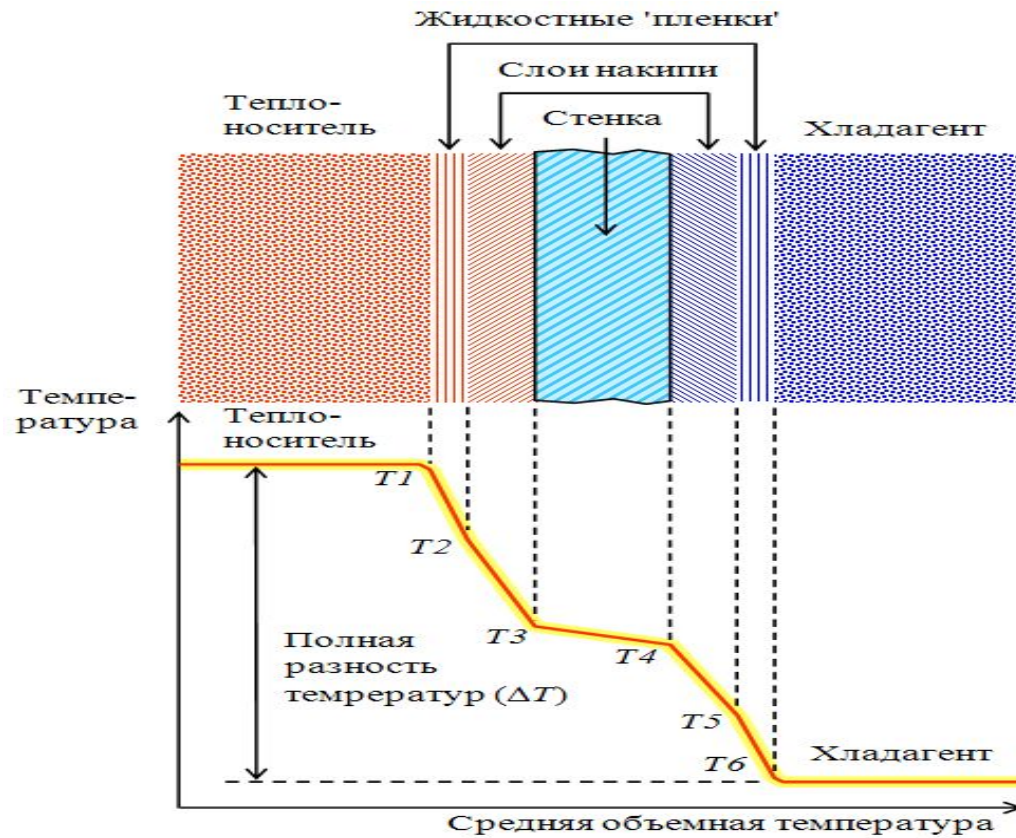


График изменения температуры между теплоносителем и хладагентом



Теплопередача

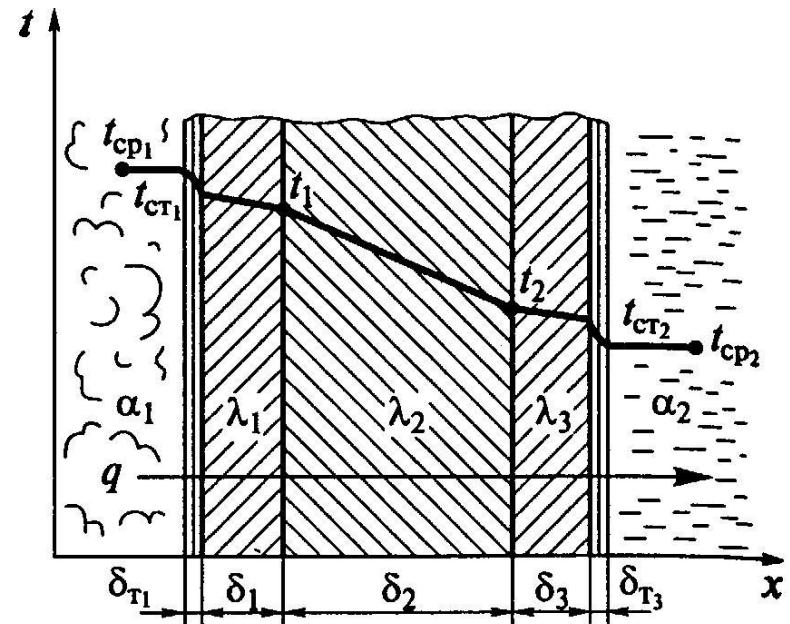
- Процесс передачи теплоты от одной фазы к другой через разделяющую поверхность.
- Основное уравнение:

$$Q = K \Delta t_{\text{ср}} F$$

Коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{град}}$$

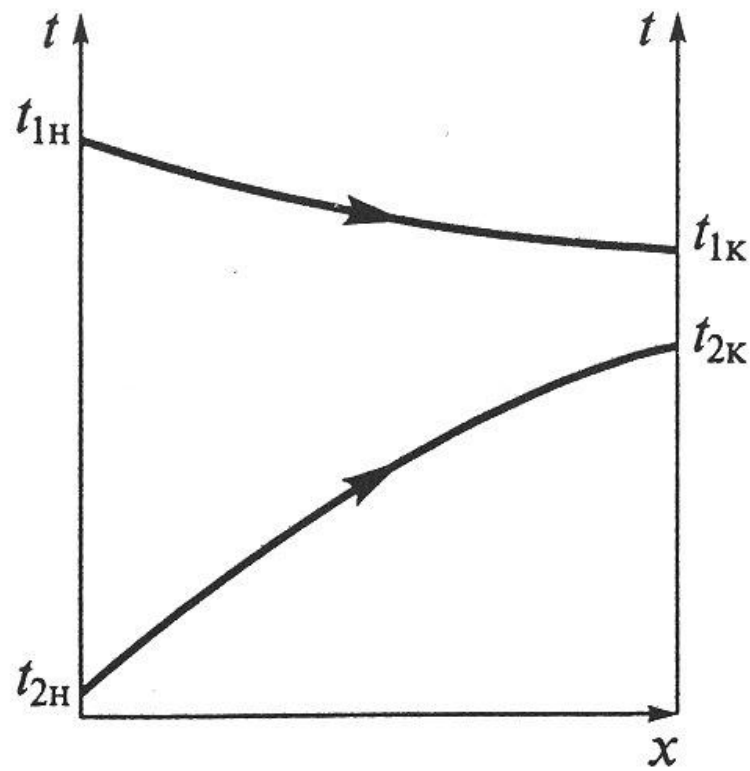
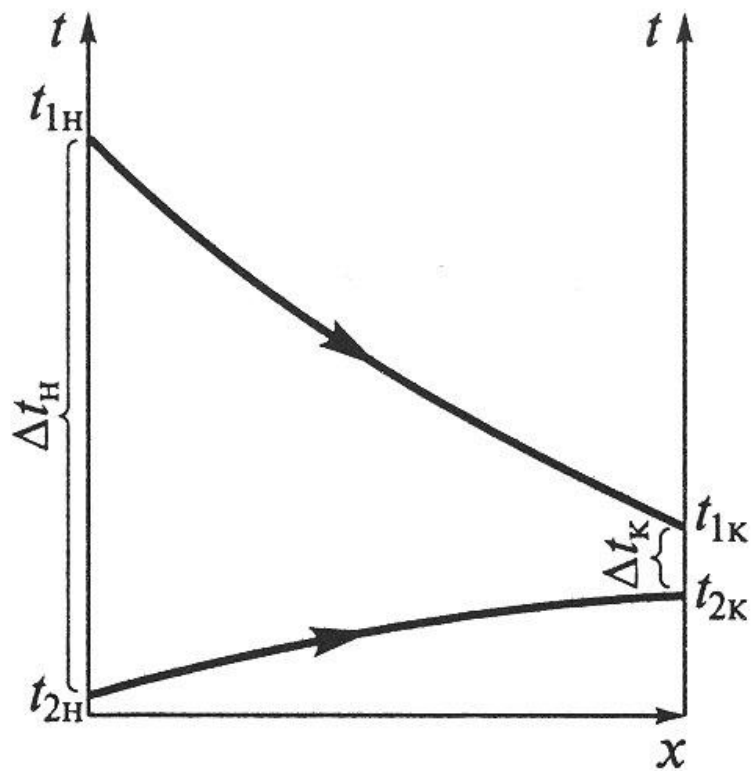
$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum r_i}$$



Тепловая проводимость загрязненной стенки

Теплоносители	$1/r$, Вт/(м ² К)
Вода загрязненная:	1400-1860
□ среднего качества	1860-2900
□ хорошего качества	2900-5800
□ очищенная	2900-5800
□ дистиллированная	11600
Нефтепродукты чистые, масла, пары хладагентов	2900
Нефтепродукты сырые	1160
Органические жидкости, рассолы, жидкие хладагенты	5800
Водяной пар (с содержанием масла)	5800
Органические пары	11600
Воздух	2800

Изменение температуры вдоль поверхности теплообмена



Средняя движущая сила

- Среднее арифметическое:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}}}{2}, \text{ если } \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} < 2$$

- Среднее логарифмическое:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}}, \text{ если } \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} > 2$$

Таблица 7.1

Теплоноситель	Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² ·К), при движении	
	вынужденном	свободном
Газ — газ	10...40	4...12
Газ — жидкость	10...60	6...20
Конденсирующийся пар — газ	10...60	6...12
Жидкость — жидкость:		
для воды	800...1700	140...340
для масел, углеводорода	120...270	30...60
Конденсирующийся водяной пар — вода	800...3500	300...1200
Конденсирующийся водяной пар — органическая жидкость	120...340	60...170
Конденсирующийся пар органической жидкости — вода	300...800	230...460
Конденсирующийся водяной пар — кипящая жидкость	—	300...2500

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА

Способы интенсификации теплопередачи

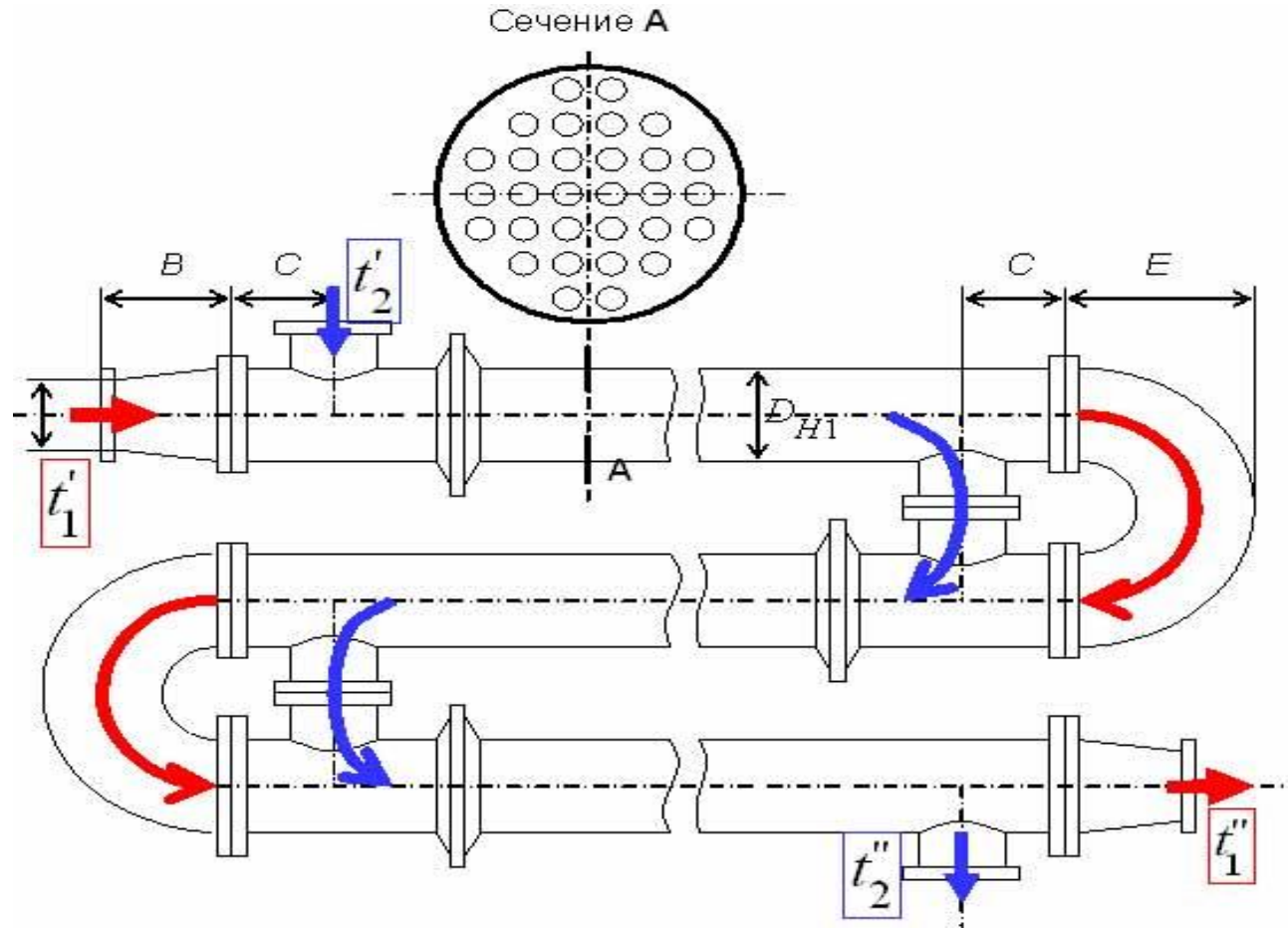
- Турбулентное движение сред;
- Замена свободной конвекции на вынужденную;
- Выбор направления движения сред

Движение теплоносителей

- Прямоток;
- Противоток;
- Перекрестный ток;
- Смешанный ток.

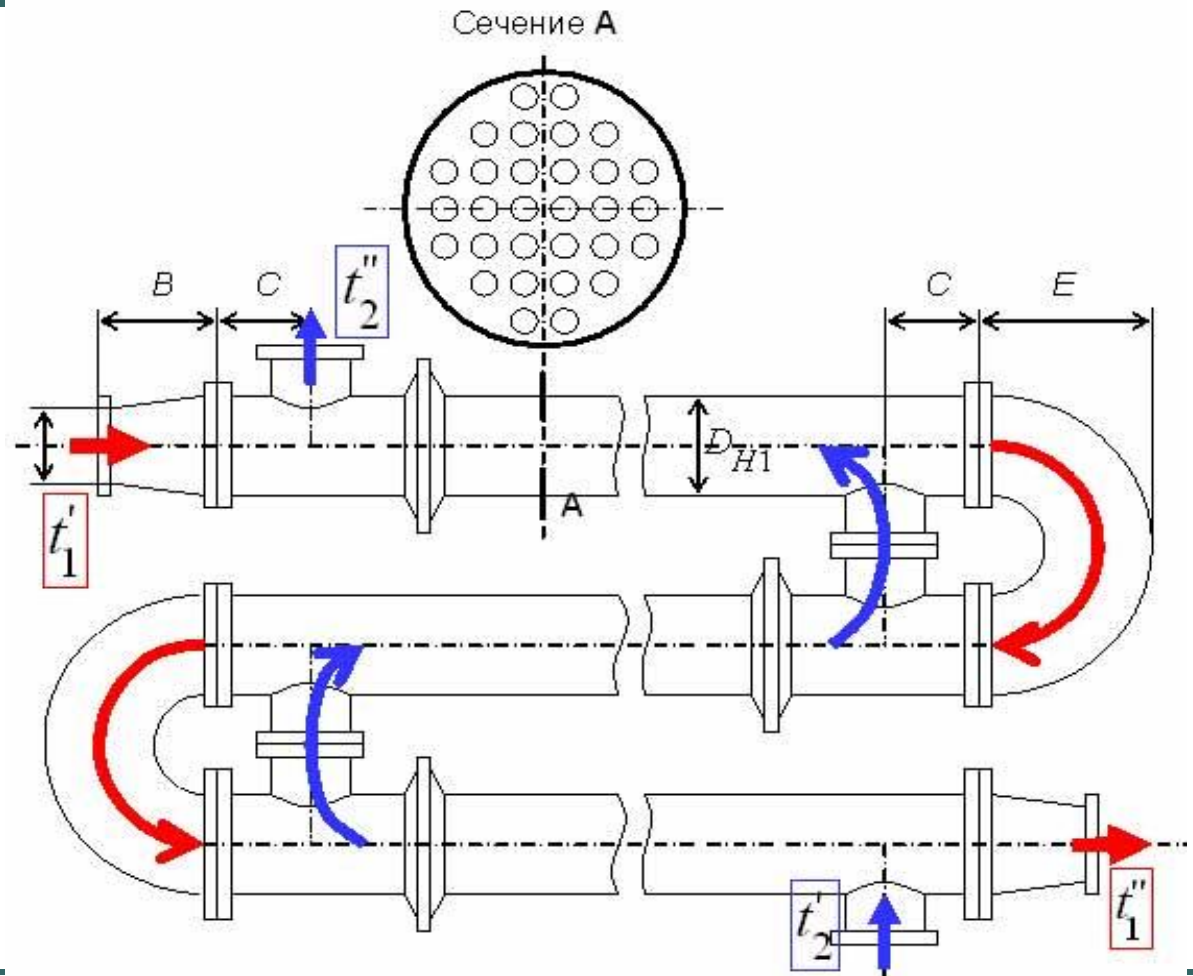
Прямоток

Прямоток – это когда оба теплоносителя движутся параллельно, в одном направлении.



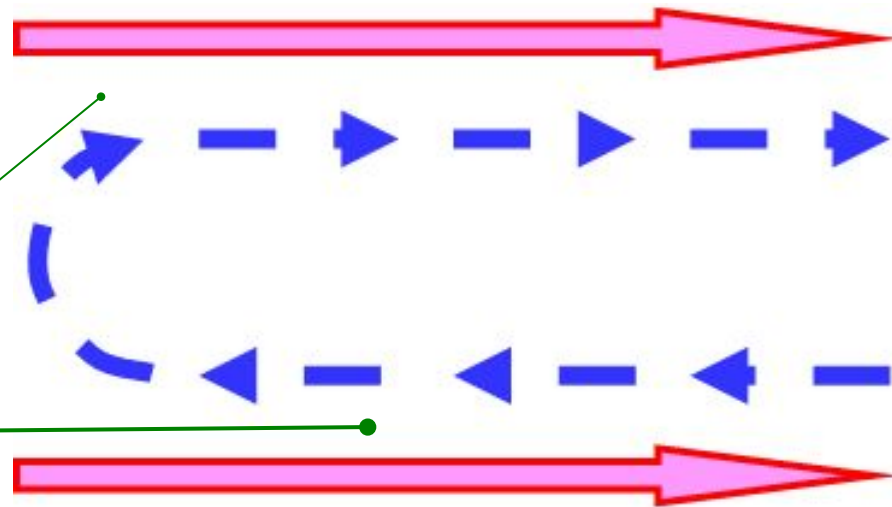
Противоток

Противоток – это когда оба теплоносителя движутся параллельно, в противоположных направлениях.

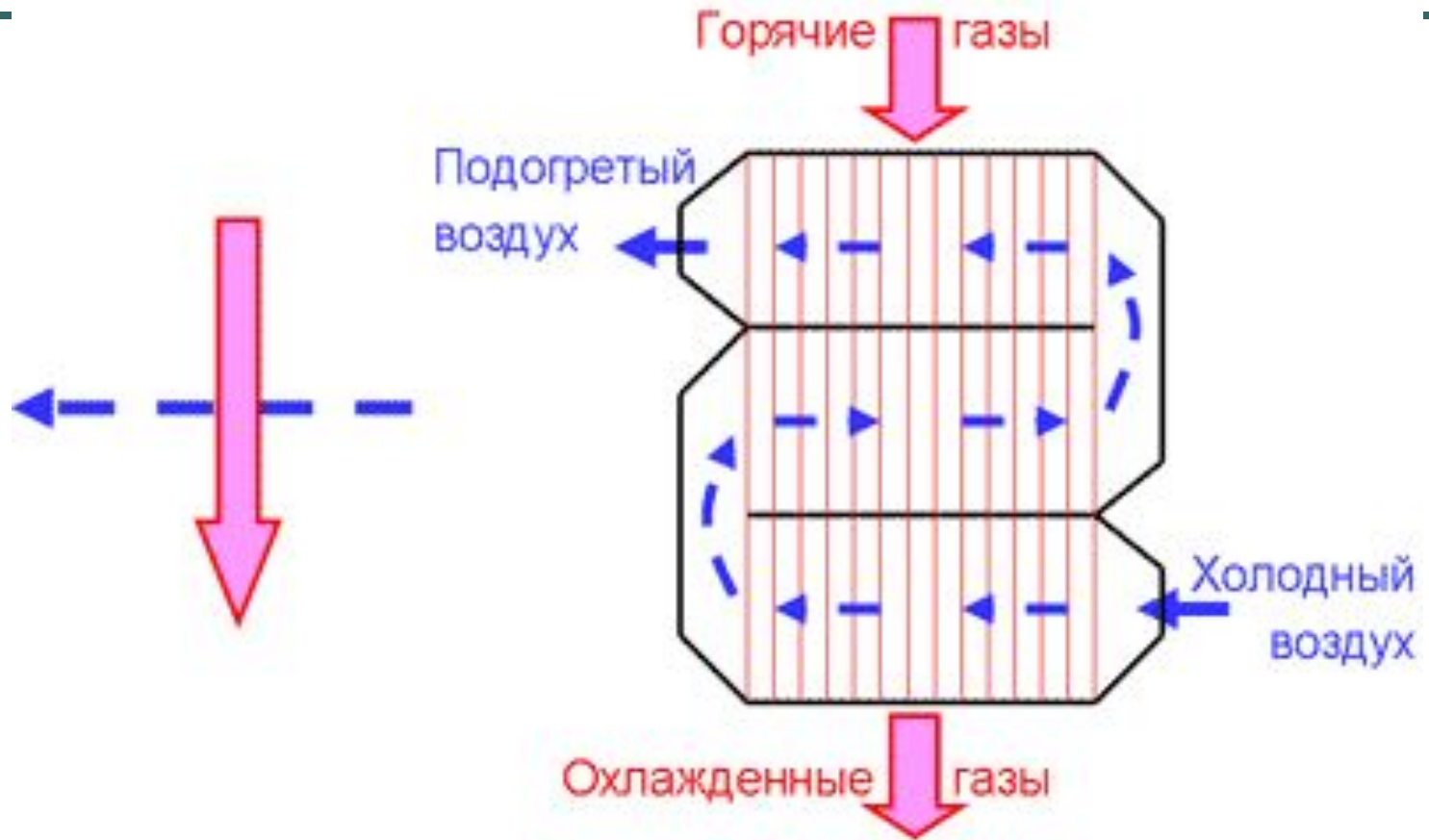


Смешанный ток

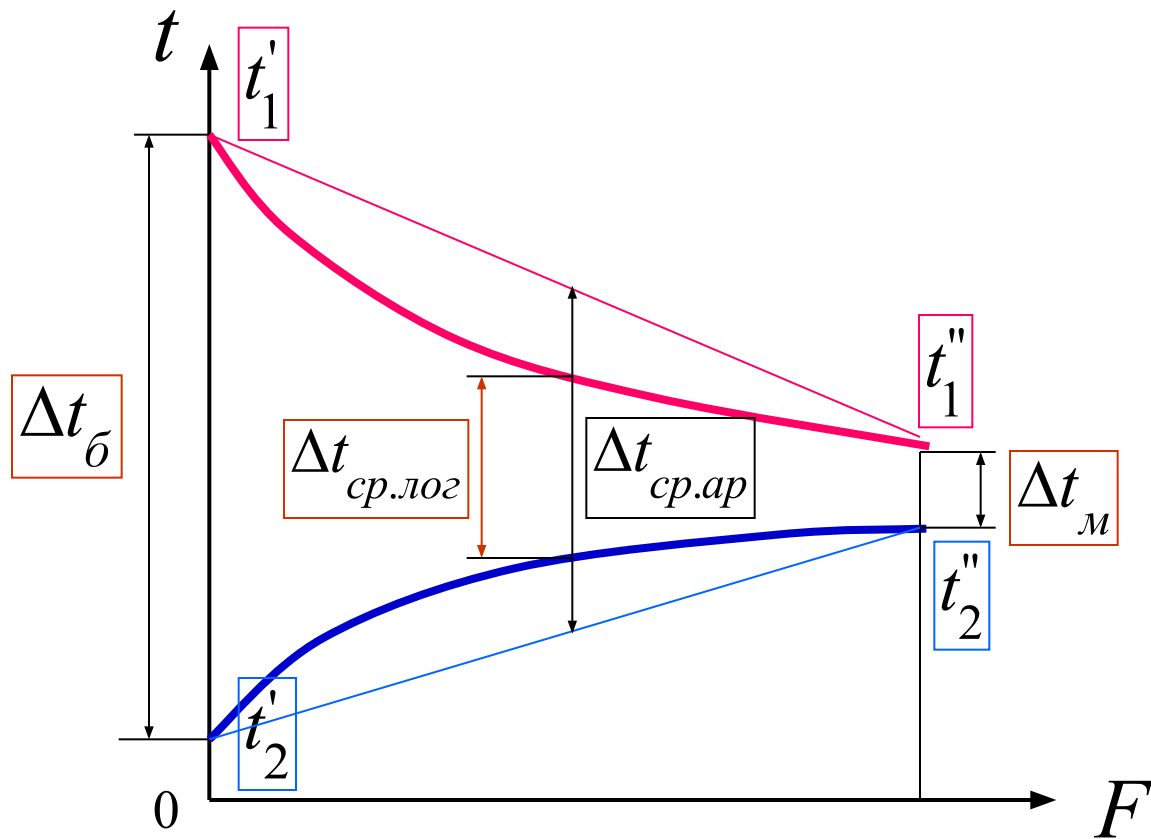
Смешанный ток -
это когда
теплоносители
движутся
то в прямотоке,
то в противотоке.



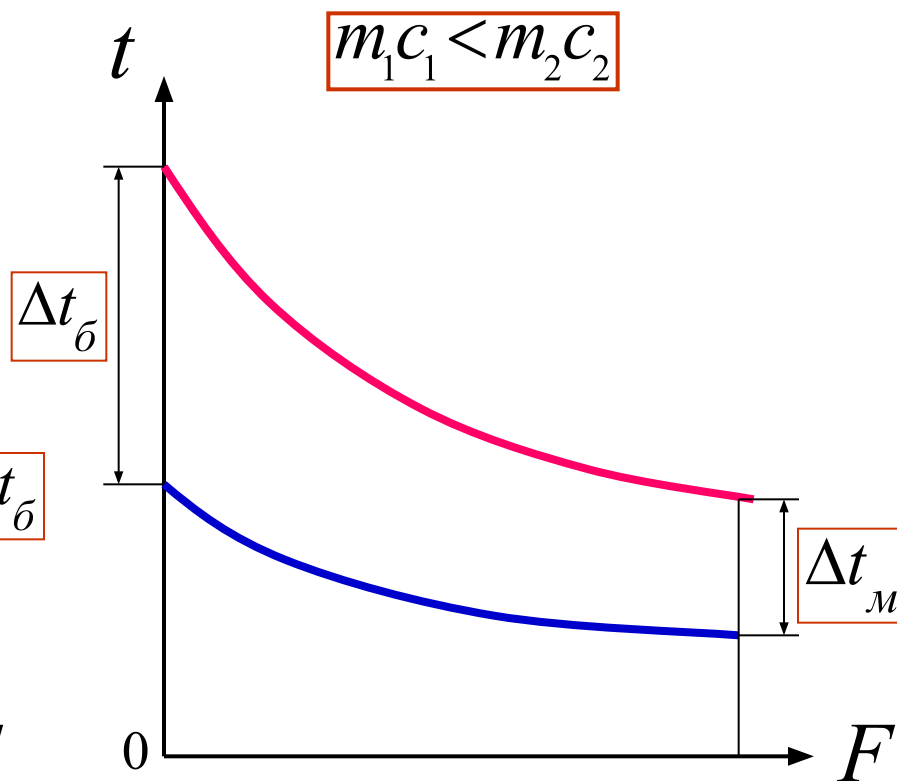
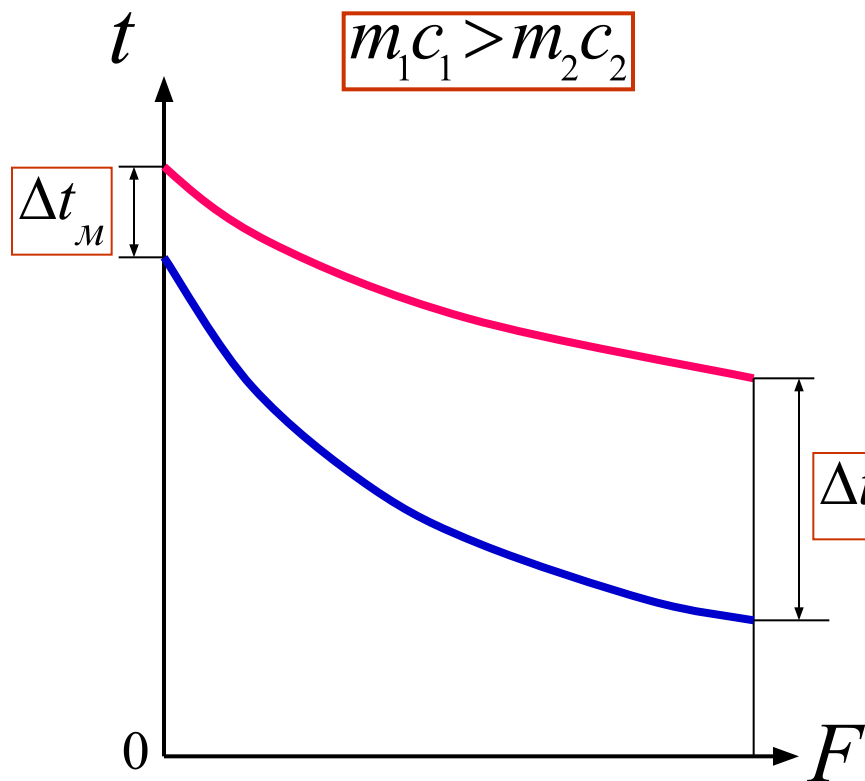
Перекрестный ток



Изменение температур теплоносителей при прямотоке



Изменение температур теплоносителей при противотоке



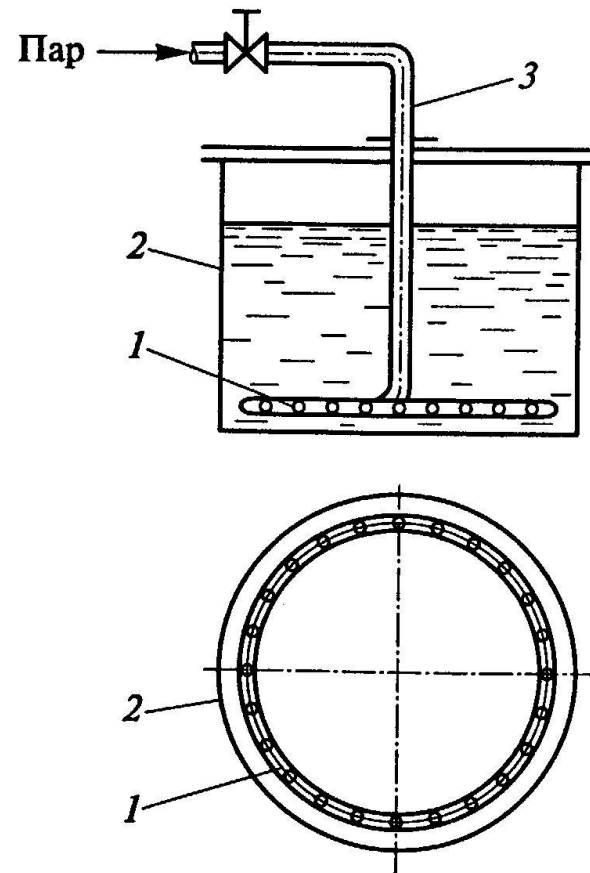
**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОТЫ В ОТРАСЛИ.
ТЕПЛОРЕГЕНЕРИРУЮЩИЕ
УСТРОЙСТВА**

Классификация

- Теплообменные аппараты – устройства, в которых одна среда передает теплоту другой среде.
- По принципу действия теплообменные аппараты делятся на **поверхностные** и **смесительные**.

Смесительные

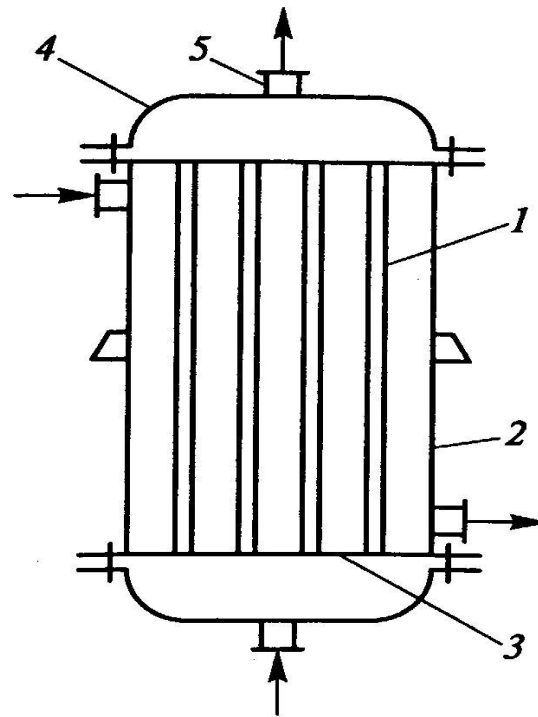
- Передача теплоты происходит при непосредственном смешении холодной и горячей сред.
- 1 – барботер; 2 – корпус; 3 - паропровод



Поверхностные

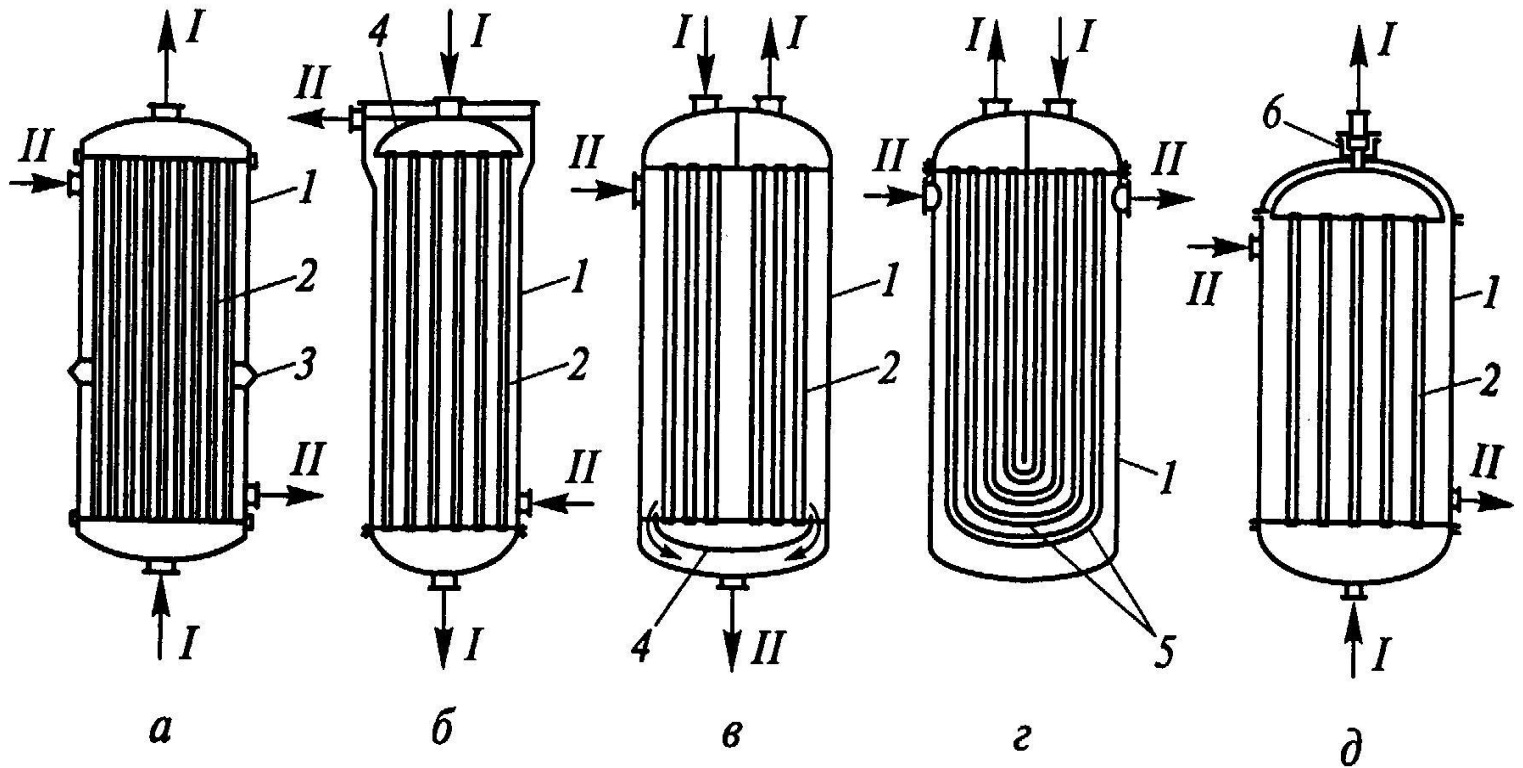
- **Регенеративные** – горячий теплоноситель отдает теплоту аккумулирующему устройству, которое периодически отдает теплоту холодному теплоносителю.
- **Рекуперативные** – теплота от горячего теплоносителя передается холодному через разделительную стенку.

Схема кожухотрубного теплообменника



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

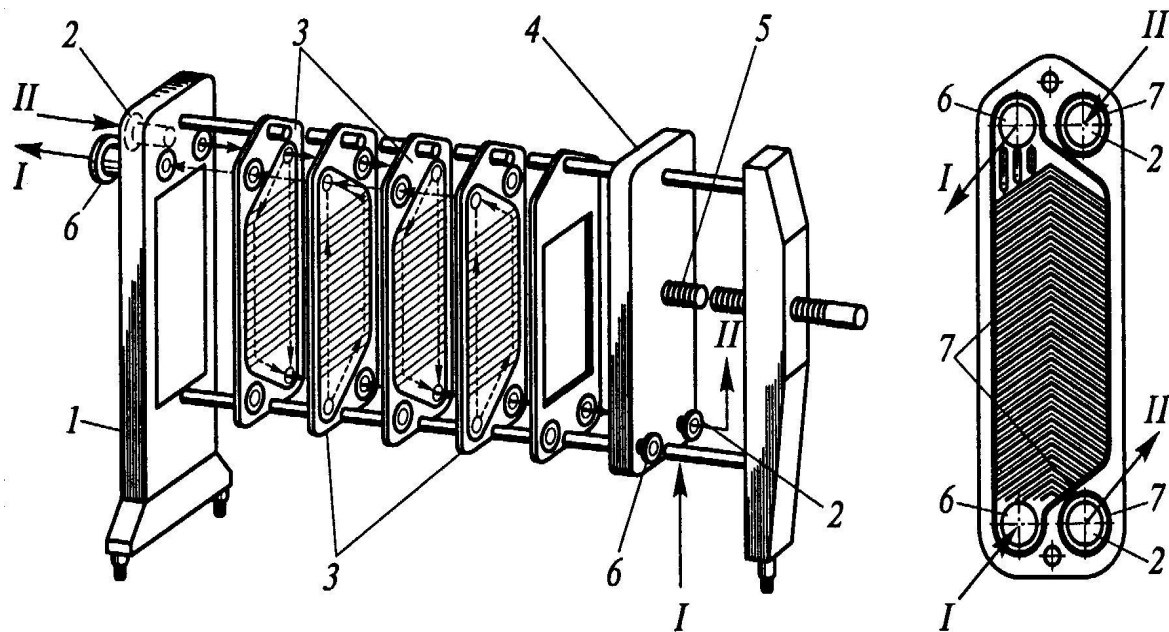
Схемы компенсирующих устройств кожухотрубных теплообменников



ПЛАСТИНЧАТЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК

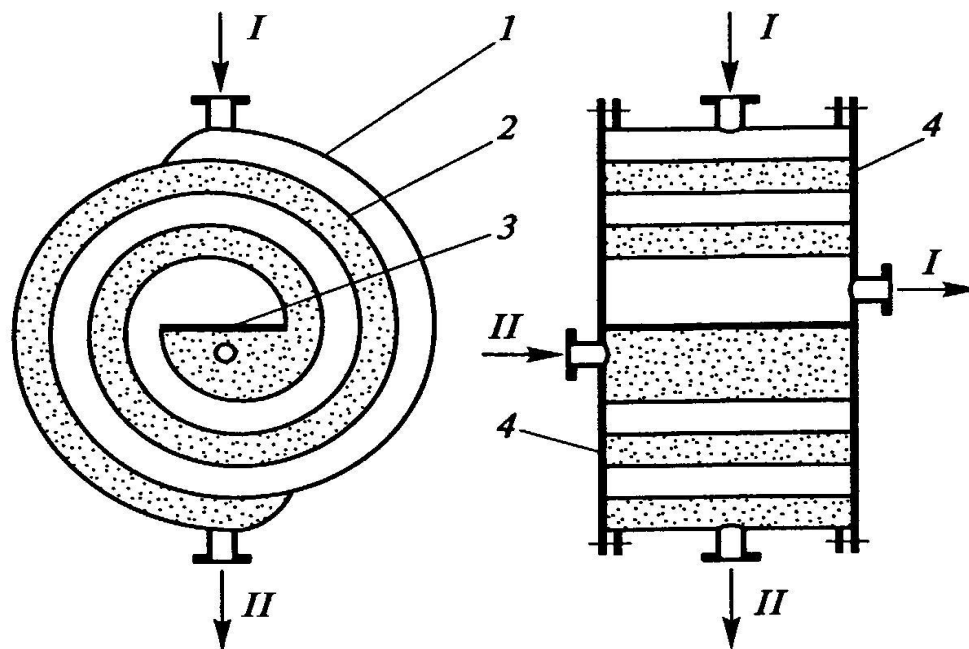


Схема движения теплоносителей в пластинчатом теплообменнике



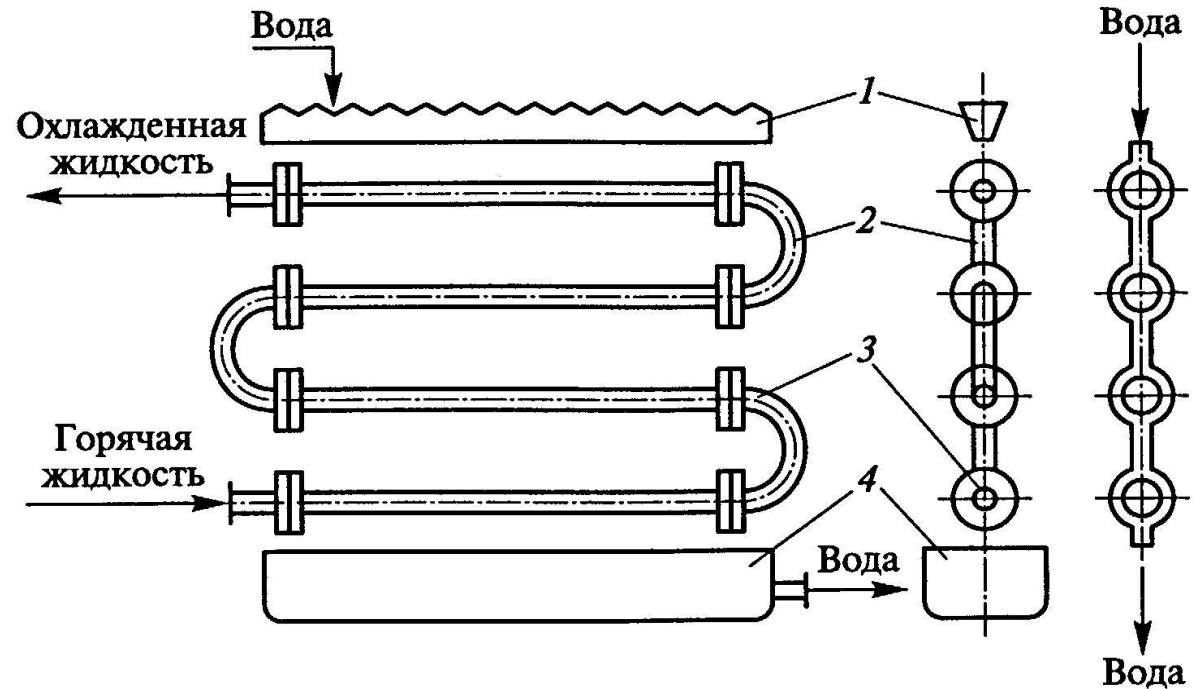
1 – неподвижная плита; 2 – штуцер для потока II; 3 – теплообменная пластина; 4 – подвижная плита; 5 – винтовое устройство; 6 – штуцер для потока I; 7 – прокладки; I, II – потоки теплоносителей

Схема спирального теплообменного аппарата



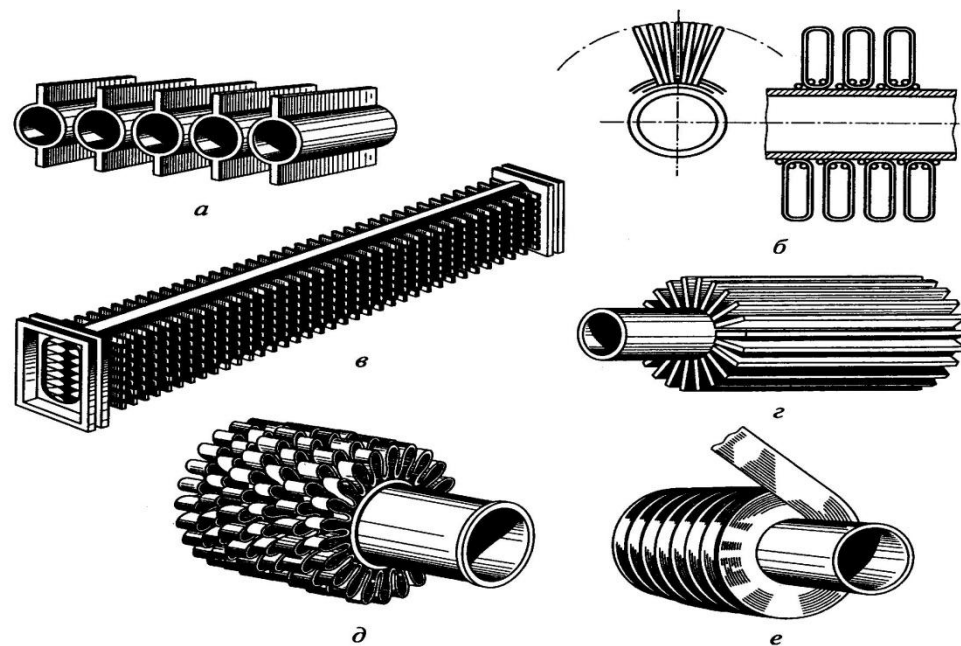
1,2 листы; 3 – разделительная перегородка; 4 - крышка

Схема оросительного теплообменника



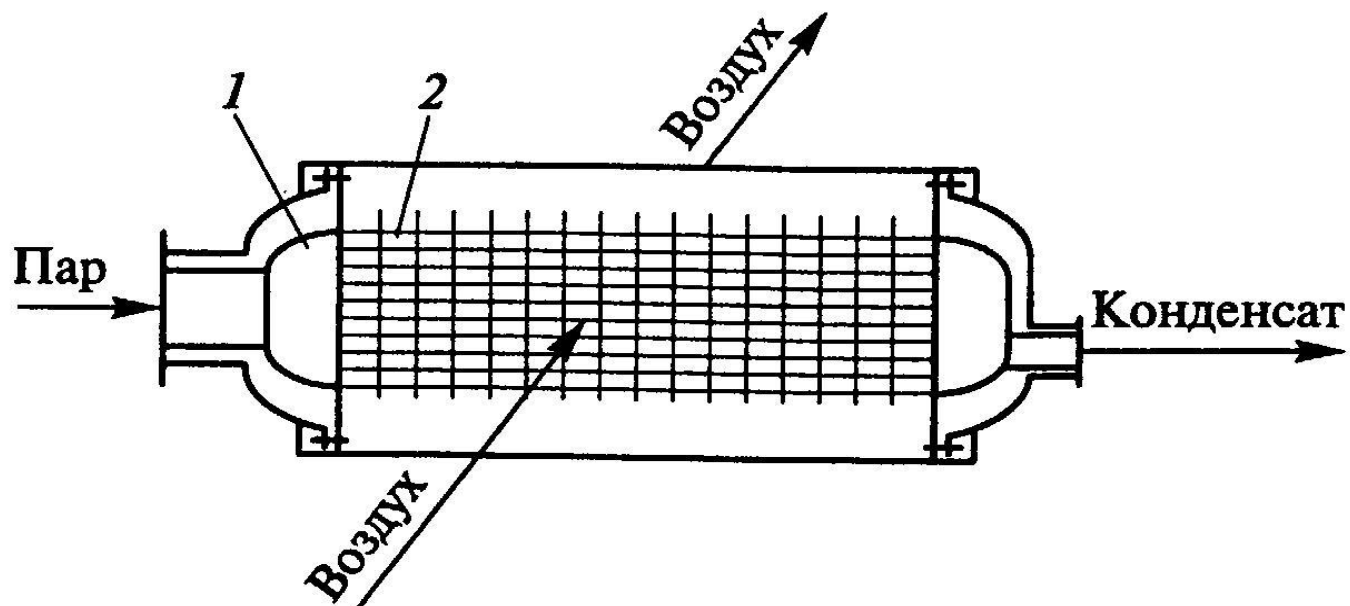
1 – желоб; 2 – калач; 3 – труба; 4 - поддон

Схемы теплообменников с оребренной поверхностью



а – плавниковое оребрение; б – проволочное оребрение;
в-игольчатое оребрение; г – прямоугольное оребрение;
д– многоресбристая труба; е - спиральное оребрение

Схема калорифера



1 – коллектор; 2 – трубы с оребрением

Расчет теплообменных аппаратов

При расчете теплообменников решают следующие задачи:

- Тепловой и материальный балансы;
- Удельные показатели, характеризующие эффективность работы аппарата;
- Конструктивный расчет:
 - Гидравлические параметры, характеризующие движение теплообменных сред;
 - Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи;
 - Размеры аппарата и прочность отдельных элементов

Тепловой и материальный балансы

- Позволяют определить количество переданной теплоты и расход тепло- и хладоносителей:

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

- 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:

$$M_{\Gamma}c_{\Gamma}(t_{\Gamma\text{Н}} - t_{\Gamma\text{К}}) = M_{\text{х}}c_{\text{х}}(t_{\text{хК}} - t_{\text{хН}})$$

Теплоноситель - пар

$$D(I - c_{\text{конд}} t_{\text{конд}}) = M_x c_x (t_{\text{хк}} - t_{\text{хн}})$$

- Если теплообменник поверхностный:

$$Dr = M_x c_x (t_{\text{хк}} - t_{\text{хн}})$$

- Если теплообменник смешительный:

$$D(I - c_{\Gamma} t_{\text{хк}}) = M_x c_x (t_{\text{хк}} - t_{\text{хн}})$$

где I - энтальпия (теплосодержание)
греющего пара, зависит от давления
пара, табличная величина, кДж/кг;

- r – теплота парообразования, зависит
от давления пара, табличная
величина, кДж/кг

Удельные показатели

- Характеризуют эффективность теплообменных аппаратов:

К.п.д., удельные расходы теплоты, пара, воды, среды и т.д.

Конструктивный расчет

- Используя уравнение теплопередачи:

$$Q = K \Delta t_{\text{ср}} F$$

определяют основные характеристики теплообменной аппаратуры и по рассчитанной площади подбирают теплообменный аппарат