

Раздел 7. Теплообменные аппараты, градирни ТЭС

Лекция №8

Теплообменные аппараты

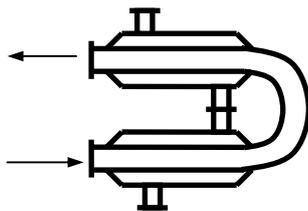
В зависимости от способа передачи тепла различают две основные группы теплообменников:

1. поверхностные теплообменники, в которых перенос тепла между обменивающимися телом средами происходит через разделяющую их поверхность теплообмена – глухую стенку;

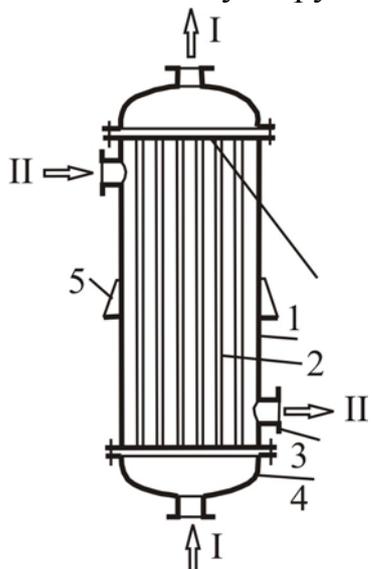
2. теплообменники смешения, в которых тепло передается от одной среды к другой при их непосредственном соприкосновении.

Конструкции аппаратов

1. Двухтрубчатые теплообменники - «Труба в трубе».



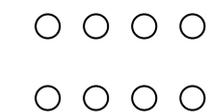
2. Кожухотрубчатый теплообменник



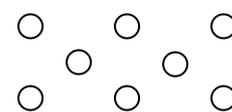
2 – трубная решетка

3 – трубы

Теплообменные трубы могут размещаться в виде:

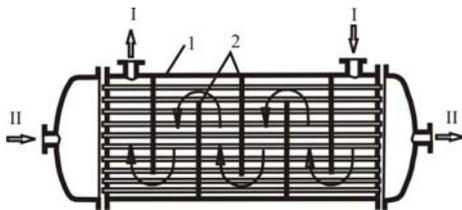


Коридорные

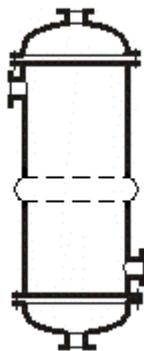


Шахматные

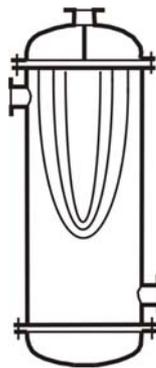
Для повышения эффективности кожухотрубчатых теплообменников исполняют многоходовое движение теплоносителей, для этого устанавливают специальные перегородки.



Если разность температур между теплоносителями более 50°C , то теплообменник за счет температурного расширения материала может быть разрушен. Для того, чтобы корпус аппарата не разрушался, делают линзовые компенсаторы (рис. а). Также исполняют теплообменники с U-образным расположением труб (б).



а



б

Основы расчета теплообменников

Требуется рассчитать теплообменник для нагрева жидкости от $T_{\text{нач}}$ до $T_{\text{кон}}$. Расход жидкости L (кг/с). Определить расход греющего агента G , поверхность теплопередачи F , диаметр D , длину аппарата H .

Рассмотреть 2 случая: 1. греющий агент водяной пар, 2. греющий агент горячая жидкость.

Составляется температурная схема (противоток)



- 1) $T_{\text{г.п.}} = \text{const}$
- 2) $T_{\text{г.ж.}} \neq \text{const}$

Находится разность температур Δt_{δ} , $\Delta t_{\text{м}}$

Если $\Delta t_{\delta}/\Delta t_{\text{м}} > 2$, то $\Delta T_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}}$,

если $\Delta t_{\delta}/\Delta t_m < 2$, то $\Delta T_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_m}{2}$.

Записывается тепловой баланс для теплообменника

$$Q = L\rho C_p (T_K - T_H) = G(H_K - H_H), \text{ Н} - \text{энтальпия}$$

Из основного уравнения теплопередачи находится ориентировочное значение поверхности теплообменника

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \Delta T_{cp}}, K \approx 200.$$

По значению F_{op} по каталогу выбирается теплообменник: $F_T, S_{тр}, S_{м.тр.}, H$

Скорость потока в трубном пространстве

$$W_{тр} = \frac{L}{\rho_{жс} S_{тр}}$$

Скорость потока в межтрубном пространстве

$$W_{м.тр} = \frac{G}{\rho_n S_{м.тр}}$$

G находится из теплового баланса.

Определяется режим течения в трубном и межтрубном пространстве

$$Re = \frac{Wd}{\nu}$$

$$Nu = A Re^n Pr^m$$

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda}$$

Определяется коэффициент теплопередачи K' по уравнению аддитивности.

Находим второе приближение по поверхности теплопередачи

$$F' = \frac{Q}{K' \Delta T_{cp}} \text{ Если } F' > F_{op}, \text{ то расчет заканчивается; если } F' \gg F_{op}, \text{ то по}$$

каталогу выбирается следующий теплообменник и расчет повторяется.

Методы интенсификации процессов теплообмена

Методы подразделяются на:

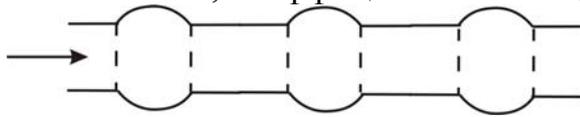
- пассивные, т.е. за счет изменения конструкции аппаратов и поверхности теплообмена,
- активные, т.е. за счет ввода дополнительной энергии в аппарат.

1. *Пассивные методы.* Все они заключаются в повышении турбулизации среды и уменьшения толщины пограничного слоя.

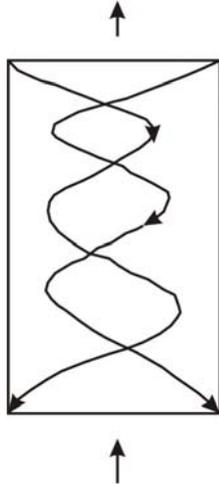
Из пленочной модели следует зависимость $\alpha \sim \lambda/\delta$.



Дополнительные элементы способствуют постоянному разрушению пограничного слоя, коэффициент теплоотдачи увеличивается.



Также в трубах может создаваться закрученное движение потока за счет различных завихрителей.



2. Активнее методы осуществляются за счет ввода механической энергии в рабочую среду (например, аппарат с мешалкой), за счет проведения процесса в электромагнитном переменном поле, за счет вибрационного или пульсационного движения среды в аппарате, т.е. на входе в аппарат может устанавливаться пульсатор, за счет акустических колебаний.

Почти все рассмотренные способы интенсификации вызывает увеличение гидравлического сопротивления аппарата (ΔP), поэтому для выбора способов увеличения надо делать техникоэкономический анализ, в частности одним из критериев такого анализа является энергетический коэффициент, т.е. отношение теплового потока к мощности, затрачиваемой на подачу теплоносителя.

$$E = \frac{Q}{N} = \frac{KF\Delta T_{cp}}{\Delta P G/\rho}, \text{ чем больше } E, \text{ тем способ интенсификации более}$$

экономически целесообразен.