1. **Понятие и принцип действия теплообменного аппарата**

Теплообменный аппарат — это аппарат, в котором происходит обмен температурами между горячим и холодным теплоносителями. Рабочие среды в каналах аппарата движутся навстречу, непосредственно не соприкасаясь.

Исходя из принципа работы, теплообменные аппараты классифицируют на:

* рекуперативные;
* регенеративные.

В оборудовании первого типа движущиеся навстречу друг другу среды разделены перегородкой. К данному виду относится большинство аппаратов. В регенераторах горячий и нагреваемый (холодный) теплоносители контактируют с поверхностью по очереди.

**Разновидности аппаратов теплообмена**

Широкое распространение в промышленности, быту и в коммунальной сфере получили:

1. Пластинчатые теплообменники,
2. Кожухотрубные аппараты,
3. Оборудования теплообмена «труба в трубе»,
4. Секционные аппараты,
5. Погружные теплообменные аппараты,
6. Ребристые теплообменники,
7. Оросительные теплонагреватели, а также другие виды.

К наиболее распространенным аппаратам относятся кожухотрубные теплообменники. Это обусловлено, прежде всего, надежностью конструкции и большим набором вариантов исполнения для различных условий эксплуатации. Данные аппараты применяют для теплообмена и термохимических процессов между различными жидкостями, парами и газами — как без изменения, так и с изменением их агрегатного состояния.

Между тем, столь широкое разнообразие условий применения кожухотрубных теплообменников и их конструкций, не исключает поиск других, альтернативных решений, таких, как применение пластинчатых, спиральных или компактных теплообменников в тех случаях, когда их характеристики оказываются приемлемыми и их применение может привести к экономически более выгодным решениям.

**Конструкция кожухотрубного теплообменника**

Кожухотрубные теплообменники состоят из пучков труб, укрепленных в трубных досках, кожухов, крышек, камер, патрубков и опор. Трубное и межтрубное пространства в этих аппаратах разобщены, причем каждое из них может быть разделено перегородками на несколько ходов.

Теплопередающая поверхность аппаратов может составлять от нескольких сотен квадратных сантиметров до нескольких тысяч квадратных метров.

Кожухотрубчатые теплообменники могут быть:

* жесткой, нежесткой и полужесткой конструкции;
* одноходовые и многоходовые;
* прямоточные, противоточные и поперечноточные;
* горизонтальные, наклонные и вертикальные.

**Конструкция пластинчатого теплообменника**

Основными конструктивными элементами аппарата являются гофрированные пластины, которые изготавливаются из нержавеющей стали, меди, никеля, графита или титана (при использовании агрессивных рабочих сред). Контакт и теплопередача осуществляется через поверхность пластин, образующих каналы.

Пластины производят методом штамповки на гидравлических прессах при давлении в несколько тысяч тонн, а затем поверхность теплообмена подвергаются полировке. Идеально гладкая поверхность теплообмена гарантирует отсутствие накипи, исключает появление микротрещин.

Конечно же, такие элементарные теплообменники имеют достаточно простой механизм работы, но в общем плане представляют сложное оборудование, которое функционирует по трем принципам: посредством конвекции, посредством теплового излучения и посредством теплопроводности.

Как правило, каждое физическое явление достаточно редко способно работать самостоятельно. Например, во многих устройствах происходит сочетание, что непосредственно оказывает влияние на эффект теплообмена.

Современные [**теплообменники**](http://www.alest.info/) можно классифицировать по способу передачи тепла: смесительное и теплообменное оборудование. Причем, каждое из вышеперечисленных устройств имеет своеобразную конструкцию, что влияет на эффективность и на их предназначение. Таким образом, поверхностные теплообменники являются наиболее распространенными, так как их принцип действия заключается в том, что непосредственно теплообменные процессы осуществляются с использованием рабочих поверхностей (например, пластин, трубок). В смесительных устройствах теплообмен происходит путем смешивания двух различных сред (например, воздух и жидкость). Это позволяет достигать вполне высокого уровня КПД, а также высокой скорости рабочего цикла и достаточно простой конструкции. Но следует отметить, что смесительные теплообменники применяются, как правило, на тех производственных этапах, на которых допускается смешение двух сред разного типа.

Для теплообменников характерны две основные разновидности устройств в зависимости от типа и сложности конструкции (рекуперативные и регенеративные). В теплообменниках рекуперативного типа контакт двух жидкостей происходит при наличии разделительных стенок. В этом случае поток рабочей жидкости, который несет тепло, не изменяется и движется строго в одном направлении. Теплообменники регенеративного типа имеют рабочую поверхность, которая является и источником тепла, и его аккумулятором одновременно. При соприкосновении к ней рабочие жидкости начинают совершать рабочий цикл и осуществлять процесс теплообмена. Тепловой поток может периодически менять свое направление.

**2. Отличие рекуперативных теплообменных аппаратов от регенеративных**

Регенеративные аппараты – это теплообменники, в которых имеется стенка попеременно принимающая или отдающая тепло. Наиболее часто они используются для утилизации тепла дымовых газов. Сначала в теплообменники подаются горячие дымовые газы – при этом насадка нагревается, далее охлаждение газа отводится и в теплообменники подается холодный воздух, который забирает тепло и отводится. И так периодически. В данном случаи нагрев холодной среды не основной процесс. Основным является охлаждение насадки или стенки для дальнейшего охлаждения с ее помощью дымовых газов.



Стенка Насадка

Рис.2.6-Регенеративные теплообменные аппараты.

Рекуператоры – это теплообменники в которых теплообмен между горячей и холодной средой происходит через разделяющую стенку (конденсаторы, подогреватели).

Они наиболее широко применяются в технике и в различных технологических процессах.



Горячая среда

Рис. 2.7-Теплообменный аппарат типа «труба в трубе»



1-кожух; 2-трубки; 3-трубная решетка; 4-крышка; 5-штуцер.

Рис. 2.8-Кожухотрубчатый теплообменный аппарат.

Существенным отличием рекуперативных теплообменных аппаратов от регенеративных является наличие стенки из теплопроводного материала, которая разделяет потоки теплоносителей. Именно эта стенка служит в них поверхностью теплообмена, через которую теплоносители обмениваются теплом.

В зависимости от конструктивного выполнения поверхности теплообмена рекуператоры разделяют на рекуператоры "труба в трубе", кожухотрубчатые, двухтрубчатые, змеевиковые, спиральные, оросительные, специальные.

В рекуперативных аппаратах - рекуператорах - теплоносители разделены стенкой и тепло передается от одного теплоносителя к другому через эту разделяющую их стенку, т. е. в этих аппаратах осуществляется теплопередача, а в регенеративных аппаратах - регенераторах - одна и та же поверхность твердого тела омывается попеременно различными теплоносителями. При омывании твердого тела одним из теплоносителей оно нагревается за счет его тепла. При омывании твердого тела другим теплоносителем оно охлаждается, передавая тепло последнему. Таким образом, в регенераторах, кроме теплоносителей, обменивающихся теплом, необходимо наличие твердых тел, которые воспринимают тепло от одного теплоносителя и аккумулируют его, а затем отдают другому теплоносителю.

В регенеративных используется движение теплоносителя, либо барабан с накопленным теплом в ячейках вращаясь переносит тепло от одного потока среды к другому. Либо жидкий теплоноситель циркулирует между двумя теплообменниками расположенных на сравнительно большом расстоянии друг от друга. А рекуперативный утилилизатор тепла использует неподвижный пластинчатый теплообменник с перекрёстным движением потоков.

В [регенеративных аппаратах](http://chem21.info/info/997255) оба теплоносителя попеременно соприкасаются с одной и той же стенкой, нагревающейся (аккумулируя тепло) при прохождении [горячего потока](http://chem21.info/info/576201) и охлаждающейся (отдавая [аккумулированное тепло](http://chem21.info/info/130909)) при последующем прохождении холодного потока. Регенераторы являются [аппаратами периодического действия](http://chem21.info/info/1543554), рекуператоры могут работать как в периодическом, так и в непрерывном режимах

**3.Суть уравнения теплового баланса теплообменных аппаратов**

Тепловые расчеты теплообменных аппаратов могут быть проектными и поверочными.

Проектные (конструктивные) тепловые расчеты выполняются при проектировании новых аппаратов, целью расчета является определение поверхности теплообмена.

Поверочные тепловые расчеты выполняются, в случае если известна поверхность нагрева теплообменного аппарата и требуется определить количество переданной теплоты и конечные температуры рабочих жидкостей. Тепловой расчет теплообменных аппаратов сводится к совместному решению уравнений теплового баланса и теплопередачи. Эти два уравнения лежат в основе любого теплового расчета. Ниже названные уравнения приводятся для рекуперативных теплообменников.

Тепловую нагрузку теплообменного аппарата или количество теплоты, переданной от горячего теплоносителя к холодному в единицу времени, можно определить по уравнению теплового баланса.

В общем виде уравнение теплового баланса имеет вид

* для идеального теплового процесса (без учета потерь теплоты в окружающую среду)

Q = Q1 = Q2; (1)

* для реального теплового процесса (с учетом потерь теплоты в окружающую среду)

Q1 = Q2 + Qпот. (2)

Здесь Q1 – количество теплоты, отданной горячим теплоносителем, Вт; Q2 – количество теплоты, сообщенной холодному теплоносителю, Вт; Qпот – потери теплоты в окружающую среду, Вт.

При наличии теплоизоляции тепловые потери незначительны, поэтому в расчете их можно не учитывать.

Для теплообмена, протекающего без изменения фазового состояния теплоносителей, уравнение теплового баланса имеет вид

G1C1(t1н – t1к) = G2C2(t2к – t2н), (3)

где G1; G2 – массовый расход горячего и холодного теплоносителей соответственно, кг/с;

t1н; t1к – температура горячего теплоносителя на входе (начальная температура t1н) и на выходе (конечная температура t1к), град;

t2н; t2к – то же самое для холодного теплоносителя;

С1 – удельная теплоемкость горячего теплоносителя при средней температуре tср1, кДж/(кг . град);

С2 – то же самое для холодного теплоносителя при tср2.

Из уравнения (3) определяется неизвестный расход одного из теплоносителей или неизвестная температура одного из теплоносителей. Например

* расход холодного теплоносителя определится по выражению

; (4)

* температура горячего теплоносителя на выходе из аппарата

. (5)

При изменении фазового состояния одного из теплоносителей (например, конденсация насыщенного водяного пара) уравнение теплового баланса запишется в виде

, (6)

где r1 – удельная теплота конденсации, кДж/кг. (свойства насыщенного водяного пара приведены в таблице I приложения);

х1 – степень сухости пара.

При конденсации перегретого пара с охлаждением конденсата тепловая нагрузка будет равна

Q = Qпер + Qконд + Qохл. (7)

Здесь Qпер = G1Cп(t1н – tнас) – количество теплоты, отдаваемой при охлаждении перегретого пара; Qконд = G1r – количество теплоты, отдаваемой при конденсации пара; Qохл = G1Cж(tнас – t1к) – количество теплоты, отдаваемой при охлаждении конденсата; tнас – температура насыщенного пара; Сп – теплоемкость пара; Сж – теплоемкость конденсата.

Средняя температура теплоносителя, фазовое состояние которого не меняется, можно определить как среднеарифметическую между начальной и конечной температурами

tср i = , i = 1, 2. (8)

Более точное значение средней температуры одного из теплоносителей определяется из уравнения

tср i = tj ± Δtср, (9)

где tj – среднеарифметическая температура теплоносителя с меньшим перепадом температуры вдоль поверхности теплообмена;

Δtср – средняя разность температур теплоносителей, град.

Уравнение (1.9) справедливо и при изменении фазового состояния теплоносителя (кипение или конденсация), когда его температура вдоль поверхности теплопередачи остается постоянной и зависит от давления и состава теплоносителя