

2.2. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

Теплопередача — это процесс теплообмена между двумя средами через разделяющую стенку физического раздела между ними или через его поверхность. Посредством теплопередачи осуществляется теплообмен:

- воздуха помещений с наружным воздухом через ограждающие конструкции зданий;
- в системах отопления;
- в теплообменных аппаратах.

2.2.1. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

Рассмотрим теплопередачу через наружную ограждающую многослойную конструкцию здания (рис. 2.4). Будем считать, что процесс теплопередачи — стационарный (установившийся), т. е. тепловой поток, передаваемый через конструкцию, постоянный.

Введем следующие обозначения:

- t_b, t_n — температуры по обе стороны ограждения (расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха в холодный период года), °С;
- $t_{ст1}, t_{ст2}, t_{ст3}, t_{ст4}$ — температуры поверхности конструкции ограждения, °С.

Примем $t_b > t_n$. Согласно условию стационарности процесса, имеем $q_b = q_{\lambda 1} = q_{\lambda 2} = q_{\lambda 3} = q_n = q$.

В теплообмене через ограждающие конструкции зданий передача тепла конвекцией и излучением между воздушной (газообразной) средой и поверхностью ограждения происходит параллельно, поэтому в расчетах используется результирующий коэффициент теплоотдачи $\alpha_{рез} = \alpha_{к} + \alpha_{л}$,

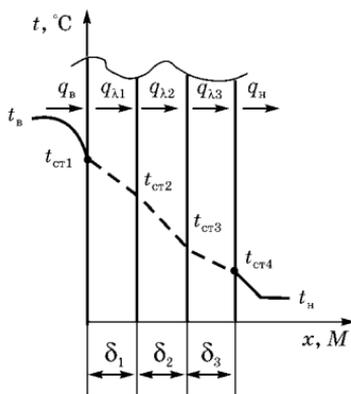


Рис. 2.4
Распределение температур
в толще ограждения

который для строительных конструкций зданий задается в таблицах из СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита здания»:

- $\alpha_{\text{в}}$ — коэффициент тепловосприятия внутренней поверхности ограждений от внутреннего воздуха (табл. 7);
- $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности ограждения к наружному воздуху (табл. 8).

Теплопередачу через наружные ограждения здания можно представить тремя уравнениями:

- от внутреннего воздуха к внутренней (горячей) поверхности ограждения

$$q_{\text{в}} = \alpha_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t_{\text{ст1}}); \quad (2.30)$$

- теплопроводностью внутри плоской стенки:

$$q_{\lambda} = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}) + \frac{\lambda_2}{\delta_2}(t_{\text{ст2}} - t_{\text{ст3}}) + \frac{\lambda_3}{\delta_3}(t_{\text{ст3}} - t_{\text{ст4}}); \quad (2.31)$$

- от внешней (холодной) поверхности к наружному воздуху:

$$q_{\text{н}} = \alpha_{\text{н}}(t_{\text{ст4}} - t_{\text{н}}). \quad (2.32)$$

Сложив почленно уравнения (2.30)–(2.32) и выразив q , получим уравнения теплопередачи через наружную ограждающую конструкцию здания

$$q = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_0}; \quad (2.33)$$

$$q = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot K; \quad (2.33a)$$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}; \quad (2.34)$$

$$K = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}}, \quad (2.34a)$$

где R_0 — сопротивление теплопередаче ограждения, (м²·град)/Вт; K — коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·град), численно равный тепловому потоку в 1 Вт, проходящему через 1 м² поверхности ограждения при температурном перепаде в 1 град.



Из (2.30)–(2.32) получим уравнения для определения температур в рассматриваемом сечении « x » ограждения

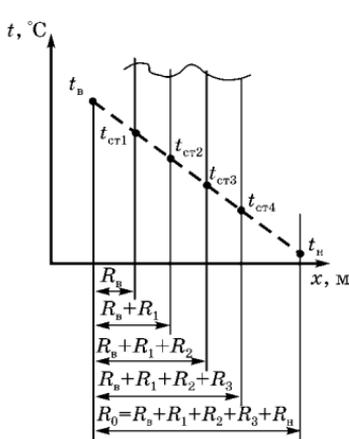


Рис. 2.5

Схема определения температуры в толще ограждения графоаналитическим методом

$$t_{cr1} = t_B - \frac{R_{ж.1}}{R_0}(t_B - t_H); \quad (2.35)$$

$$t_x = t_B - \frac{\sum R_{0x}}{R_0}(t_B - t_H), \quad (2.35a)$$

где $\sum R_{0x}$ — сопротивление теплопередаче от внутренней поверхности плоской стенки до рассматриваемого сечения x , ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт.

Температуру в толще ограждения в произвольном сечении « x » можно определить графоаналитическим способом, если построить сечение ограждения в масштабе сопротивлений теплопередаче (рис. 2.5).

2.2.2. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ

Устройства, предназначенные для передачи теплоты от одной среды к другой, называют *теплообменными аппаратами*, или *теплообменниками*.

Среды, участвующие в процессе теплообмена, называют *теплоносителями*.

По принципу действия и конструктивному исполнению теплообменники подразделяются на поверхностные, контактные (смесительные) и с внутренним источником теплоты.

Поверхностные теплообменники — устройства, в которых процесс передачи теплоты связан с поверхностью твердого тела, т. е. теплообмен от одной среды к другой происходит через разделительную стенку. Они, в свою очередь, разделяются на *рекуперативные* и *регенеративные* теплообменники.

Рекуперативные теплообменники — такие устройства, где два теплоносителя с различными температурами

текут в пространствах, разделенных твердой стенкой (калориферы, отопительные приборы, конденсаторы, парогенераторы).

Регенеративные теплообменники — устройства, в которых одна и та же поверхность нагрева через определенные промежутки времени омывается в последовательной очередности горячей и холодной средой (воздухоподогреватели мартеновских и доменных печей). Передача теплоты осуществляется с помощью специального аккумулятора теплоты — насадок (керамических тел, металлической стружки, гофрированной ленты и т. д.).

Смесительные теплообменники — устройства, в которых процесс теплообмена происходит при непосредственном соприкосновении и перемешивании теплоносителей (градирни, деаэраторы).

Теплообменники с внутренними источниками теплоты — устройства с одним теплоносителем, в котором отводится теплота, выделенная в самом теплообменнике (электронагреватели, ядерные реакторы).

Наиболее часто в практике встречаются рекуперативные теплообменники. Их простейшим представителем является теплообменник «труба в трубе» (рис. 2.6), в котором один из теплоносителей проходит по внутренней тру-

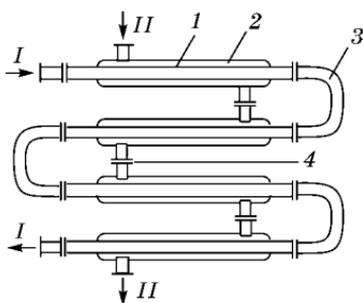


Рис. 2.6
Теплообменник типа
«труба в трубе»:

1 — внутренняя труба; 2 — наружная труба; 3 — соединительная труба; 4 — соединительный штуцер; I, II — теплоносители.

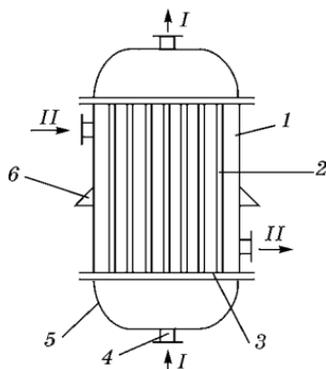


Рис. 2.7
Кожухотрубный теплообменник:
1 — кожух; 2 — труба; 3 — трубная решетка; 4 — штуцер; 5 — днище; 6 — опорная лапа; I, II — теплоносители.

бе, второй — в кольцевом зазоре между трубами. Этот теплообменник применяют при небольших значениях передаваемого теплового потока q (местное горячее водоснабжение), так как в противном случае он становится громоздким и металлоемким.

Другой наиболее распространенный тип рекуперативного теплообменника — кожухотрубный, принципиальное устройство которого показано на рис. 2.7.

Теплообменник представляет собой трубу большого диаметра (кожух 1), к торцам которой приварены диски с соосными отверстиями (трубные доски или решетки), в отверстия трубных решеток на всю длину кожуха вставлены трубы малого диаметра, приваренные или привальцованные к трубным решеткам. Каждая из трубных решеток закрыта снаружи крышкой. К кожуху и крышкам приварены штуцеры *I* и *II* для подачи и отвода теплоносителей, один из которых проходит по трубному пространству теплообменника (*I*), а другой — по межтрубному пространству (*II*).

Преимущества кожухотрубного теплообменника:

- компактность;
- возможность больших поверхностей теплообмена;
- удобство в эксплуатации;
- технологичность в изготовлении.

Недостаток — затрудненная очистка межтрубного пространства.

К рекуперативным аппаратам также относится пластинчатый теплообменник. Он представляет собой собранный в пакет набор гофрированных пластин (рис. 2.8), омываемых с одной стороны горячим теплоносителем, с другой — холодным.

Гофрировка пластин обеспечивает турбулизацию потоков и, как следствие, высокие значения коэффициентов теплоотдачи.

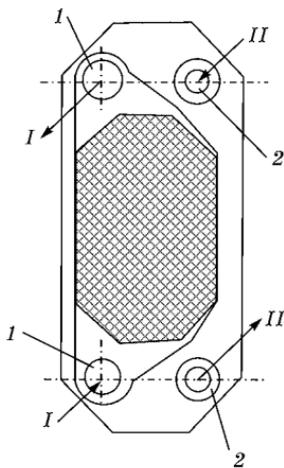


Рис. 2.8

Пластина пластинчатого теплообменника:
1, 2 — отверстия для прохода теплоносителя *I*, *II*.

Этот теплообменник характеризуется:

- высокой интенсивностью теплообмена;
- компактностью;
- доступностью поверхности теплообмена для чистки разборных теплообменников.

В зависимости от взаимного направления движения теплоносителей (сред) теплообменники рекуперативного типа подразделяются на *прямоточные*, *противоточные* и *перекрестные*. В прямоточных теплообменниках теплоносители движутся в одном направлении, в противоточных — в противоположных, в перекрестных — в перекрестном направлении.

Теплообменники на базе радиаторов относятся тоже к рекуперативным теплообменникам, где горячий теплоноситель — вода, а холодный теплоноситель — воздух. Достоинство таких аппаратов заключается в малом сопротивлении проходу воздуха, что позволяет применять его в приточных системах вентиляции с естественным движением

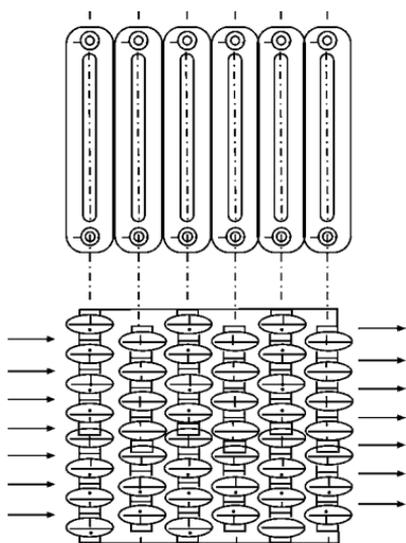


Рис. 2.9
Схема установки радиаторов
в горизонтальном канале

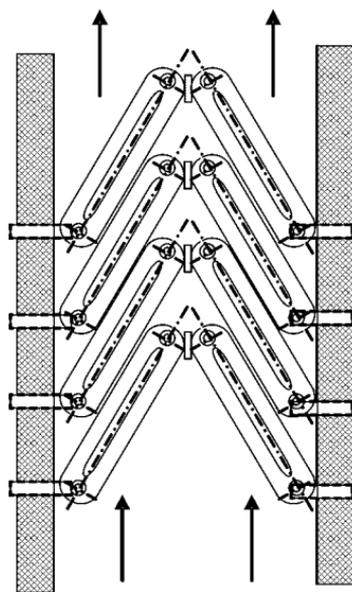


Рис. 2.10
Схема наклонной установки
радиаторов в вертикальном канале

воздуха. Недостаток — большая металлоемкость и большие габариты.

Если радиаторы устанавливаются в горизонтальном канале, то для лучшего омывания воздухом поверхности калорифера они смещаются относительно друг друга и заключаются в кожух (рис. 2.9). Если калорифер устанавливается в вертикальном канале, радиаторы устанавливаются наклонно в форме двухскатной крыши (рис. 2.10).

Тепловой расчет рекуперативного теплообменника заключается в определении:

1) теплового потока q , Вт, передаваемого холодному теплоносителю;

2) расхода горячего теплоносителя M , кг/с;

3) требуемой поверхности теплообмена F , м².

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под процессом распространения теплоты?
2. Какими способами происходит распространение теплоты?
3. Чем отличаются процессы теплопроводности и теплопередачи?
4. Чем определяется теплоотдача?
5. Какими способами осуществляется теплоотдача?
6. Что такое термическое сопротивление?
7. Как определяются теплопотери через ограждающую стенку?
8. Как соотносятся коэффициент теплопередачи и термическое сопротивление?
9. Как определяется коэффициент теплопередачи?
10. В чем отличие лучистого теплообмена от конвективного?