

Теплообменные аппараты и требования предъявляемые к НИМ

Теплообменным аппаратом (ТА) называется устройство, предназначенное для передачи тепла от одного теплоносителя к другому.

При этом к ТА предъявляются следующие требования:

- обеспечивать передачу требуемого количества тепла от одного теплоносителя к другому при заданных температурах;
- иметь малые габариты, обладать наименьшей удельной металлоемкостью, герметичностью и технологичностью;

- обладать низкой способностью к загрязнению и ремонтпригодностью;
- иметь низкие затраты энергии на прокачку теплоносителей.

Теплообменные аппараты делятся на аппараты:

- смешения (контактные),
- поверхностные (регенеративные и рекуперативные).

Рекуперативным ТА называется аппарат в котором теплообмен между теплоносителями происходит через разделительную стенку.

Основа теплового расчёта рекуперативного ТА представляет собой систему уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = k \Delta \bar{t}_a F, \\ k = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1}, \\ \alpha_i = \frac{Nu_i \cdot \lambda_i}{d_{\text{э}i}}, \\ Nu_i = A \cdot Re_i^n \cdot Pr_i^m \cdot (Pr_i / Pr_w)^{0,25}, \end{array} \right. \quad Re_i = \frac{v_i d_{\text{э}}}{\nu_i}$$

где Q – теплопроизводительность ТА, кВт; k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); Δt_a – среднелогарифмический по поверхности ТА температурный напор, К; F – площадь теплообмена ТА, м²; α_i – коэффициенты теплоотдачи по горячей ($i = 1$) и холодной ($i = 2$) стороне пластины, Вт/(м²·К); δ – толщина пластины, м; λ_w , λ_i – коэффициенты теплопроводности стенки (w) и теплоносителей, Вт/(м·К); Nu , Re , Pr – безразмерные критерии Нуссельта, Рейнольдса и Прандтля;

A , n , m – коэффициенты, характеризующие эффективность теплообменной поверхности и получаемые при аппроксимации результатов эксперимента; v_i – средняя скорость движения теплоносителя по каналу, м/с; ν_i – кинематическая вязкость, $\text{м}^2/\text{с}$; $d_{\text{э}i}$ – эквивалентный диаметр канала, м.

Коэффициент теплопередачи всегда меньше любого из коэффициентов теплоотдачи, поэтому для интенсификации процессов теплообмена необходимо прежде всего увеличивать наименьший коэффициент теплоотдачи.

Для определения необходимых соотношений расходов (скоростей) теплоносителей в каналах обеспечивающих требуемые температуры на выходе из ТА используют уравнение теплового баланса

$$Q = G_1 c_1 \Delta t_1 = G_2 c_2 \Delta t_2$$

где $\Delta t_i = t_{i\text{ВЫХ}} - t_{i\text{ВХ}}$ – температурный перепад в каналах; c_i – теплоемкости потоков.

Гидравлический расчёт ТА основан на следующей системе уравнений

$$\begin{cases} N = (\Delta p_1 G_1 / \rho_1 + \Delta p_2 G_2 / \rho_2) / \eta_{\text{н}}, \\ \Delta p_i = X \zeta_i \cdot \frac{l_{\text{пр}}}{d_{\text{э}i}} \cdot \frac{\rho_i v_i^2}{2}, \\ \zeta_i = B \text{Re}_i^s \end{cases}$$

где N – энергопотери на прокачку теплоносителей, кВт; Δp_i – потери давления в каналах, кПа; G_i – массовый расход теплоносителей, кг/с; $\eta_{\text{н}}$ – КПД насоса; ζ_i – коэффициент гидравлического сопротивления;

$l_{\text{пр}}$ – приведенная длина канала, м; ρ_i – плотность теплоносителей, кг/м³; X – число ходов в теплообменнике; B, s – коэффициенты, характеризующие гидравлическое сопротивление канала и получаемые при аппроксимации результатов эксперимента.

Расчет поверхности нагрева водо-водяных подогревателей производится:

- для систем отопления при температуре воды в тепловой сети, соответствующей расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления,
- для систем горячего водоснабжения — при температуре воды в подающем трубопроводе тепловой сети, соответствующей точке излома графика температуры воды или минимальной температуре воды, если отсутствует излом графика температур.

Схема взаимосвязь параметров ТА



Основные противоречия в требованиях, предъявляемых к ТА:

- обеспечение высокого коэффициента теплопередачи при возможно меньшем гидравлическом сопротивлении,
- надежность и герметичность в сочетании с разборностью и доступностью для очистки каналов от загрязнений.

Очевидно, в связи с разнообразием требований, предъявляемых в конкретных случаях к ТА, и разнообразием условий теплообмена в промышленных аппаратах, одной универсальной конструкции ТА, которая работала эффективно во всех отраслях промышленности существовать не может.

Требуется изготавливать и применять аппараты различных типов, причем с широким размерным рядом значений поверхностей теплообмена.

Конструкции рекуперативных кожухотрубных теплообменных аппаратов

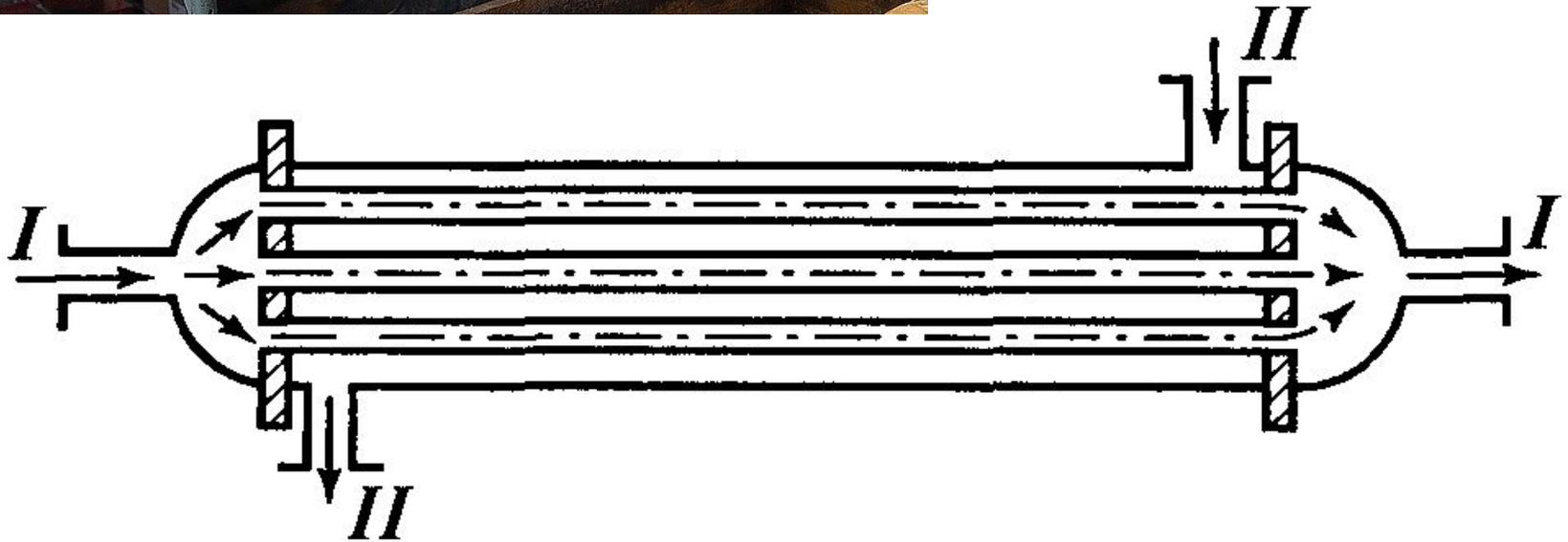
Рекуперативные теплообменные аппараты делятся на:

- кожухотрубные,
- пластинчатые.

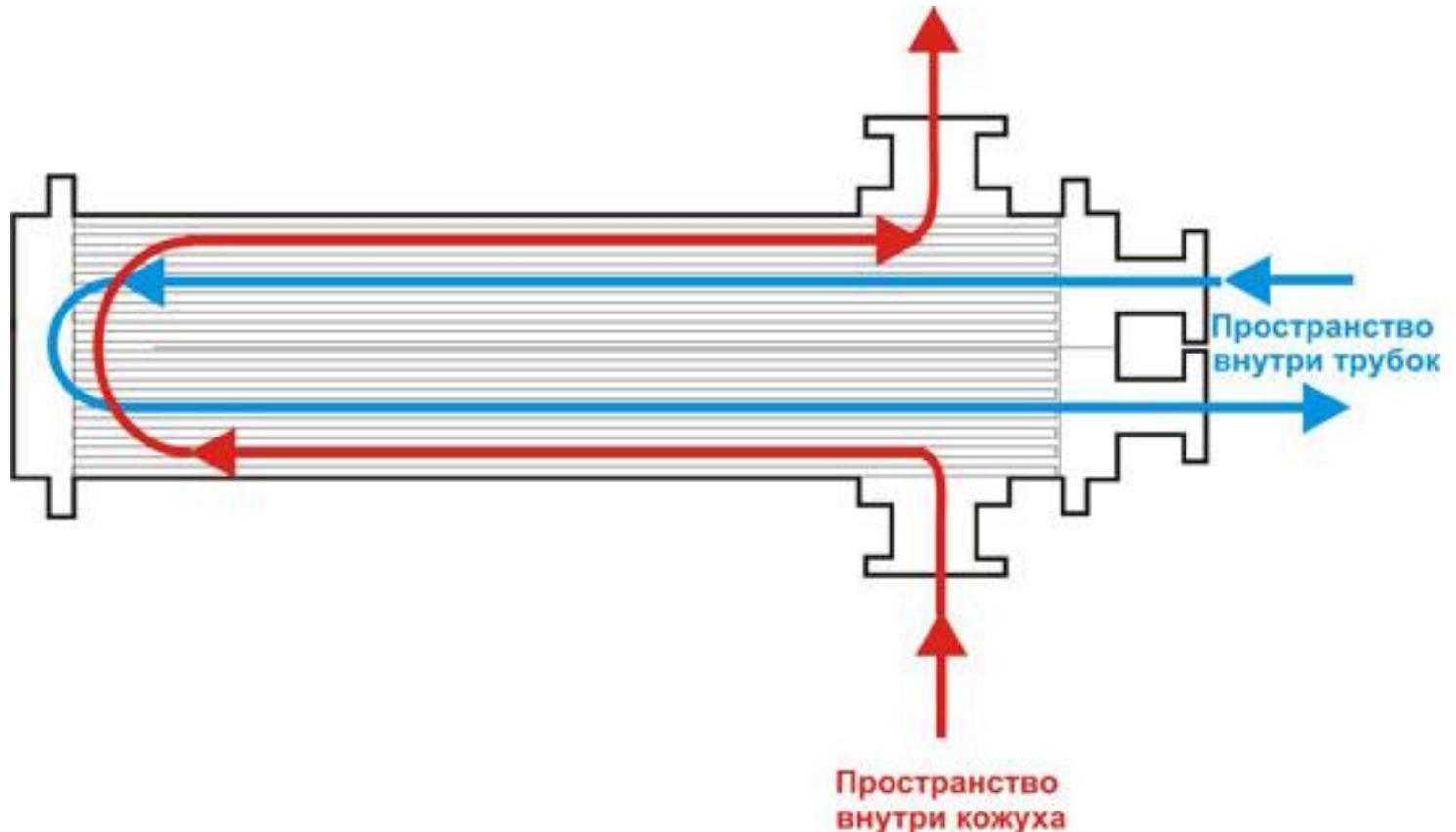
Кожухотрубные теплообменники представляют собой аппарат, выполненный из пучков труб, собранных при помощи трубных решеток (досок), и ограниченных кожухами и крышками со штуцерами.



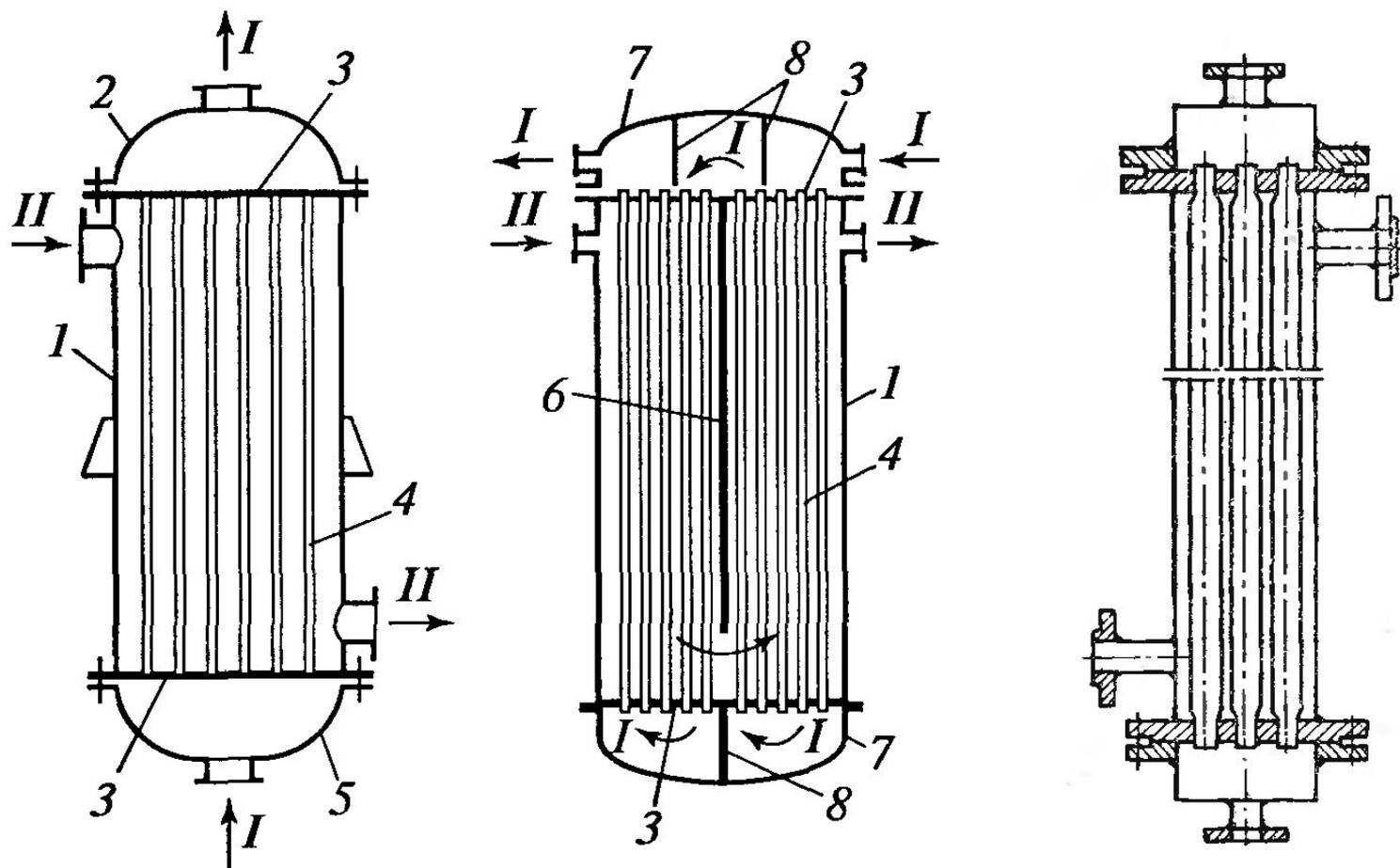
Как правило, греющую среду пропускают по трубному пространству, а нагреваемую среду по межтрубному пространству.



Особенностью кожухотрубных теплообменников состоит в том, что проходное сечение межтрубного пространства велико по сравнению с трубным пространством (2,5-3 раза).



Для увеличения скорости движения теплоносителя межтрубное пространство может быть разделено перегородками или применяют усадку концов трубок в трубной решетке.

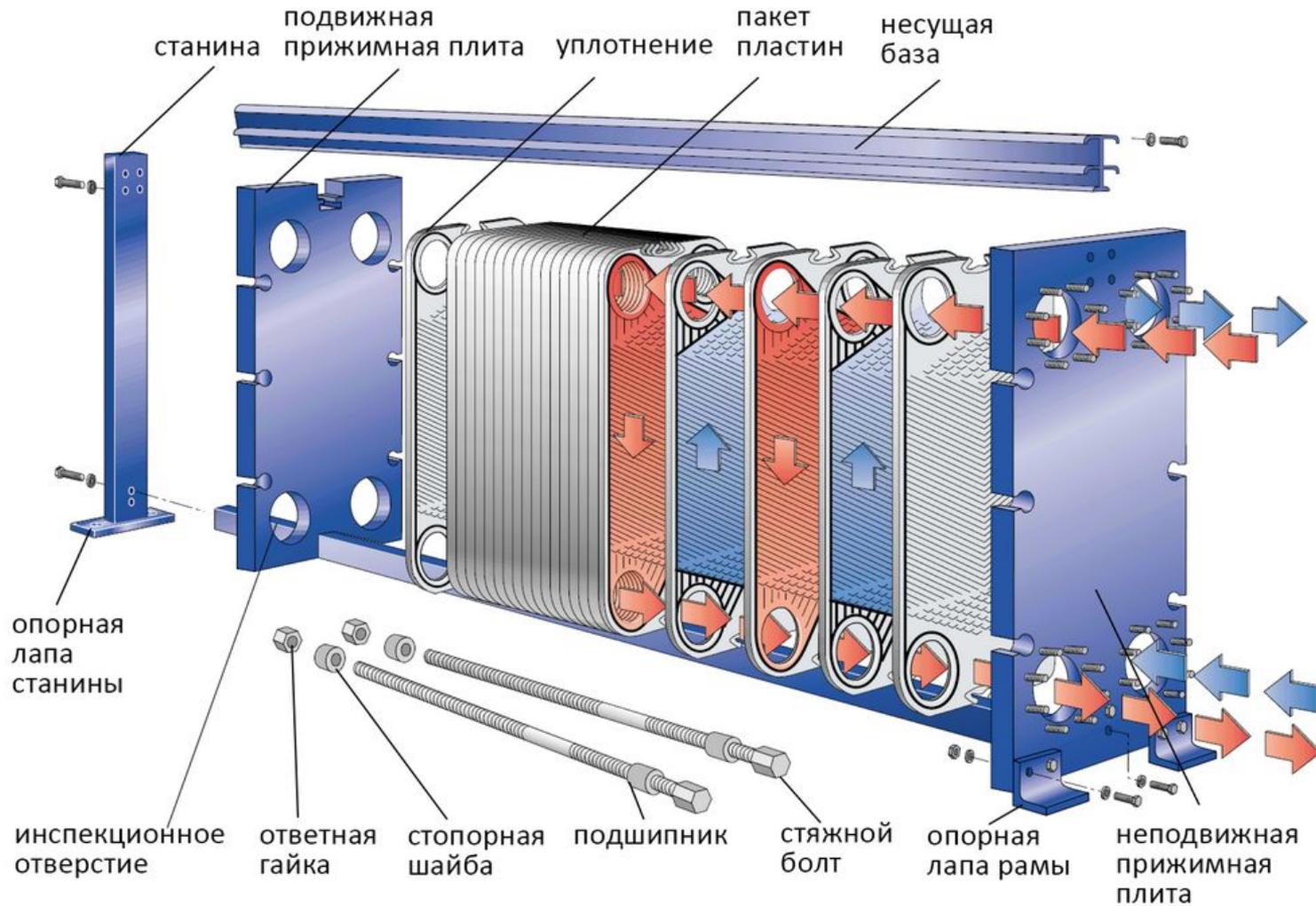


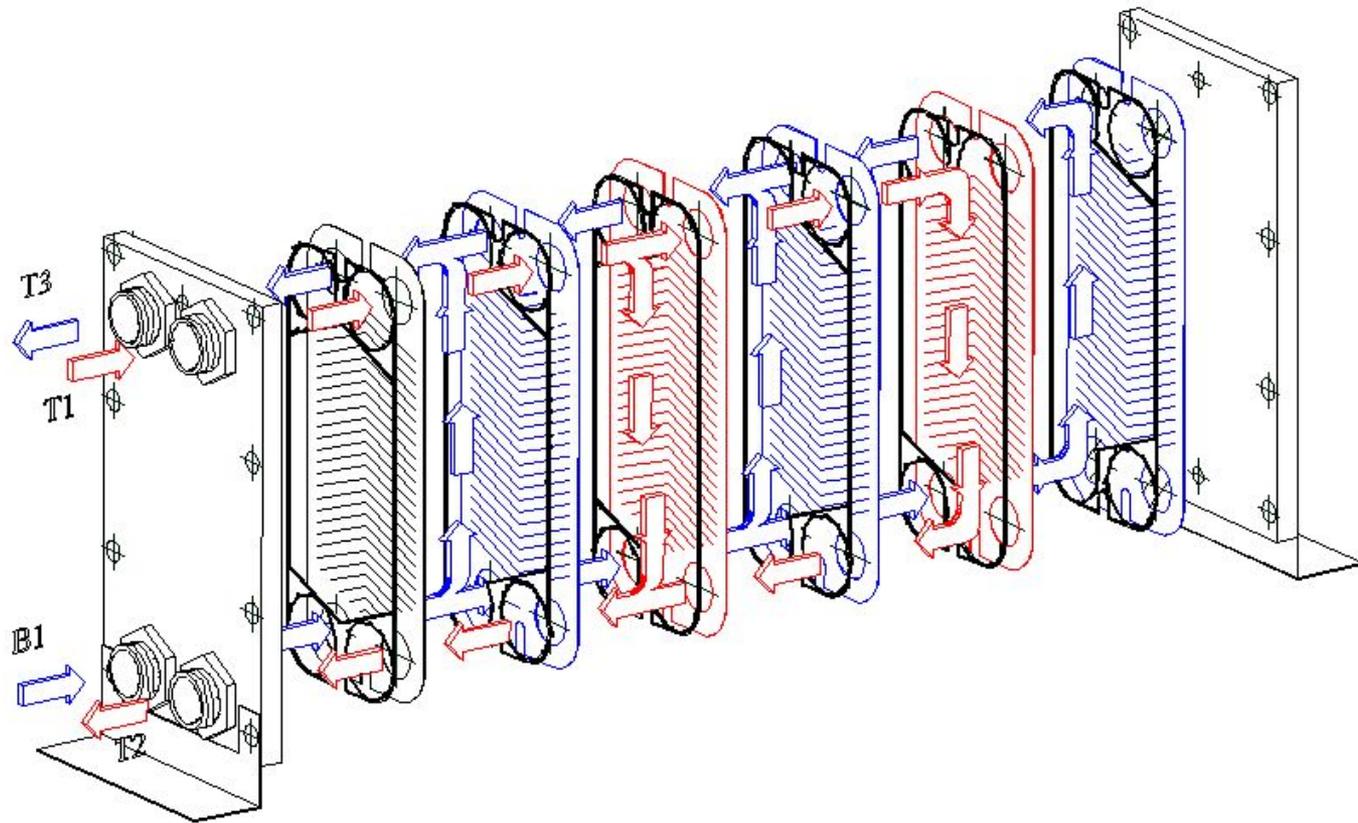
Достоинства кожухотрубных теплообменников:

- компактный (особенно вертикальная компоновка),
- высокая герметичность,
- трубки теплообменника легко доступны для чистки и замены в случае течи.

Пластинчатый теплообменник

Конструкция пластинчатого теплообменника



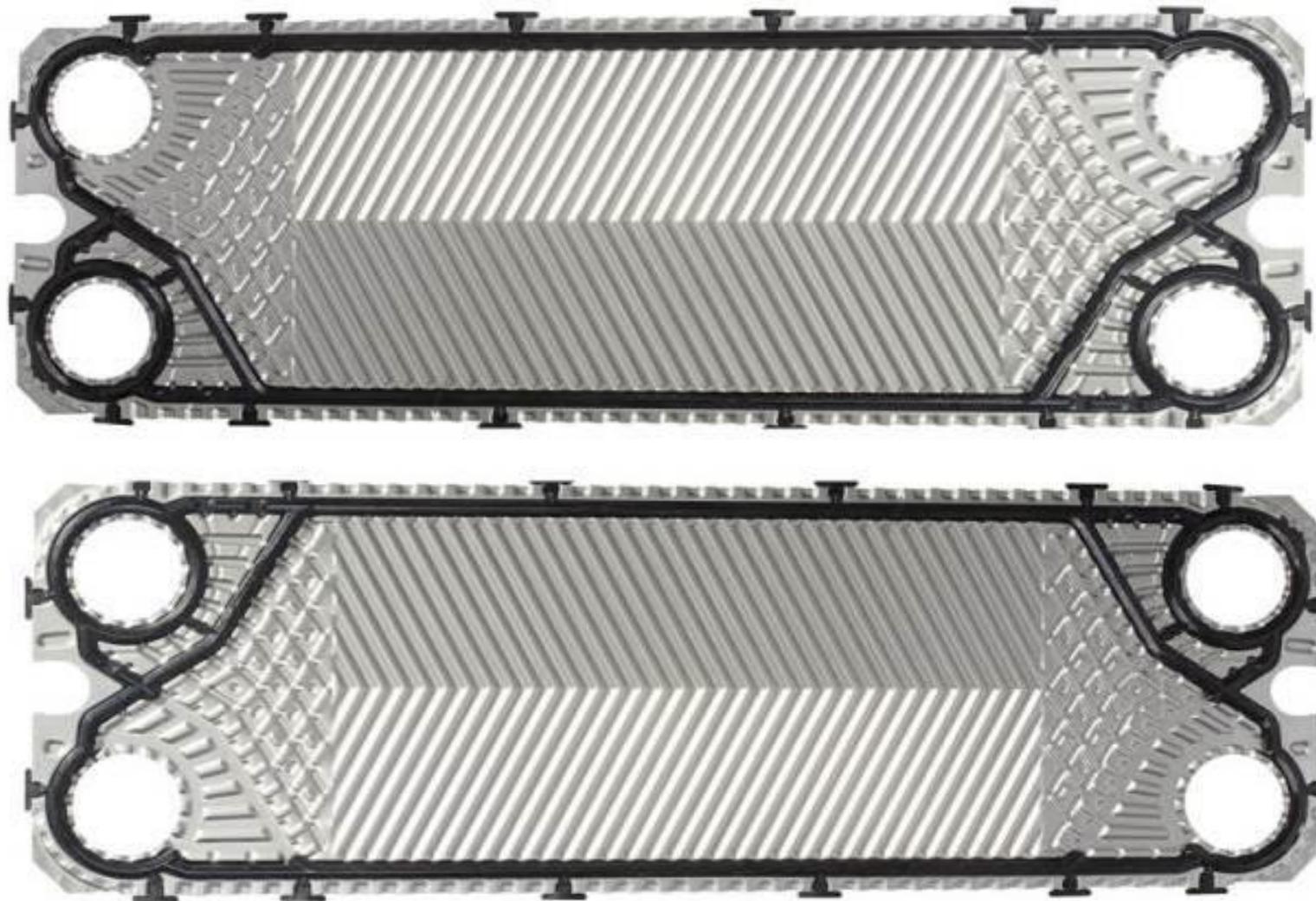


Конструктивно пластинчатые теплообменники

делятся на:

- разборные – теплообменные пластины сжимаются между собой через резиновые уплотнения с помощью сжимных плит и шпилек;
- неразборные – сварные или паяные.

Конструкция гофрированной пластины



Клипсовое крепление резинового уплотнения к пластинам



Лицевая сторона



Обратная сторона



В качестве уплотнений используются стандартные материалы:

NBR (нитрил-каучук) – для водных и жирных сред (вода/масло), не применяется для пара. Диапазон рабочих температур от -20°C до $+140^{\circ}\text{C}$.

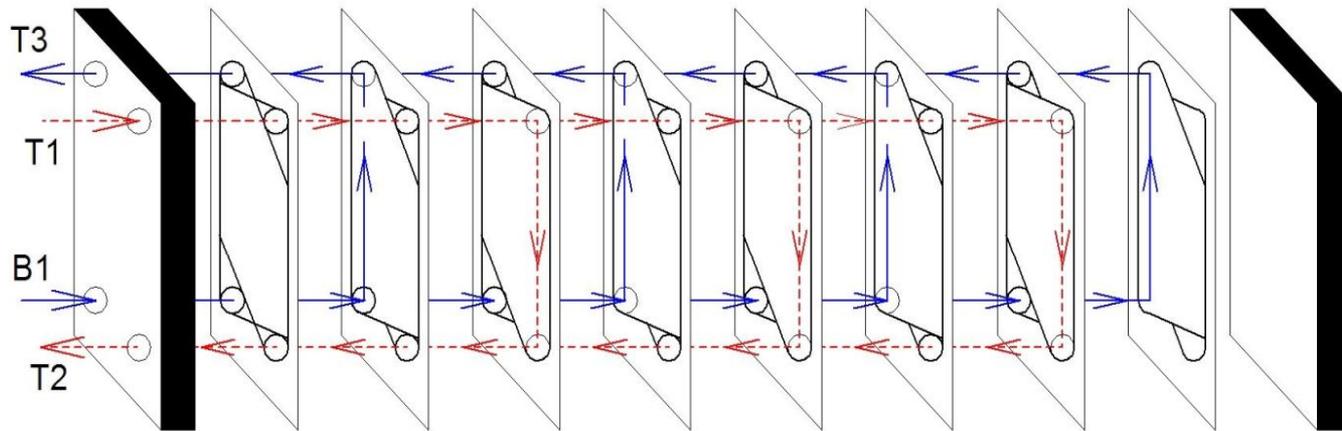
EPDM (этилен-пропилен-каучук) – для химических соединений, не содержащих жир, бензин и минеральные масла. Диапазон рабочих температур от -30°C до $+160^{\circ}\text{C}$.

VITON (фтор-каучук) – высокая устойчивость к химикалиям, органическим растворяющим веществам, а также серной кислоте и растительным маслам при высоких температурах. Не совместим с органическими кислотами и ацетоном. Диапазон рабочих температур от -10°C до $+200^{\circ}\text{C}$.

СРЕДА	ТИП УПЛОТНЕНИЯ		СРЕДА	ТИП УПЛОТНЕНИЯ	
	NBR	EPDM		NBR	EPDM
Бензин	+	+	Оливковое масло	+	-
Бензол	+	+	Опресненная вода	+	+
Бутиленгликоль	+	+	Пар (водяной)	-	+
Вазелин	+	-	Парафиновое масло	+	-
Вода	+	+	Пентан	+	-
Газойл	+	-	Пиво	+	+
Геотермальная вода	+	+	Природный газ	-	-
Гликоль	+	+	Речная вода	+	+
Глицерин	+	+	Серная кислота (50%)	-	+
Известковое молоко	-	-	Соляная кислота	-	+
Йодистая тинктура	+	-	Смазочное масло	+	-
Кокосовое масло	+	-	Сок сахарной свеклы	+	+
Льняное масло	+	-	Спирт жирного ряда	+	+
Мазут	+	-	Терпентин	+	-
Маргарин	+	-	Трансмиссионное масло	+	-
Метан	+	-	Трансформаторное масло	+	-
Минеральное масло	+	-	Угольная кислота	+	+
Молоко	+	+	Хлорид кальция	+	+
Морская вода	+	+	Чернила	+	+
Моторное масло	+	-	Этиленгликоль	+	+
Нефть	+	-	Этиловый спирт	-	+

Компоновка пластин одноходового теплообменника ЕТ:

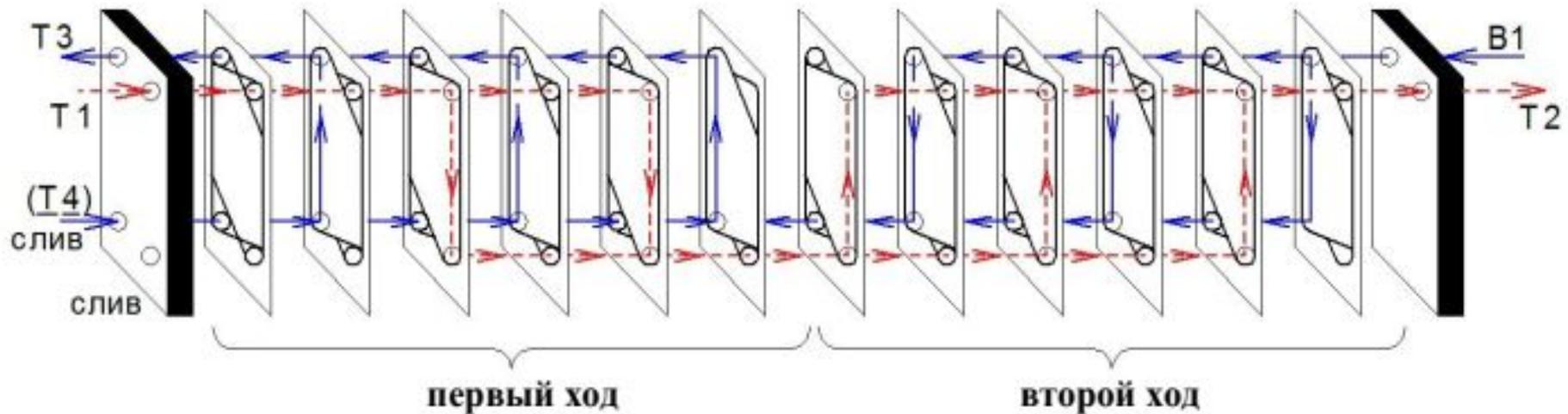
T1 – вход греющей среды; T2 – выход греющей среды; В1 – вход нагреваемой среды; T3 – выход нагреваемой среды



Одноходовой теплообменник, как правило, имеет одностороннее присоединение подводящих и отводящих патрубков. С таким теплообменником осуществляют более компактную трубопроводную обвязку, он удобней в обслуживании.

Компоновка пластин двухходового теплообменника ЕТ:

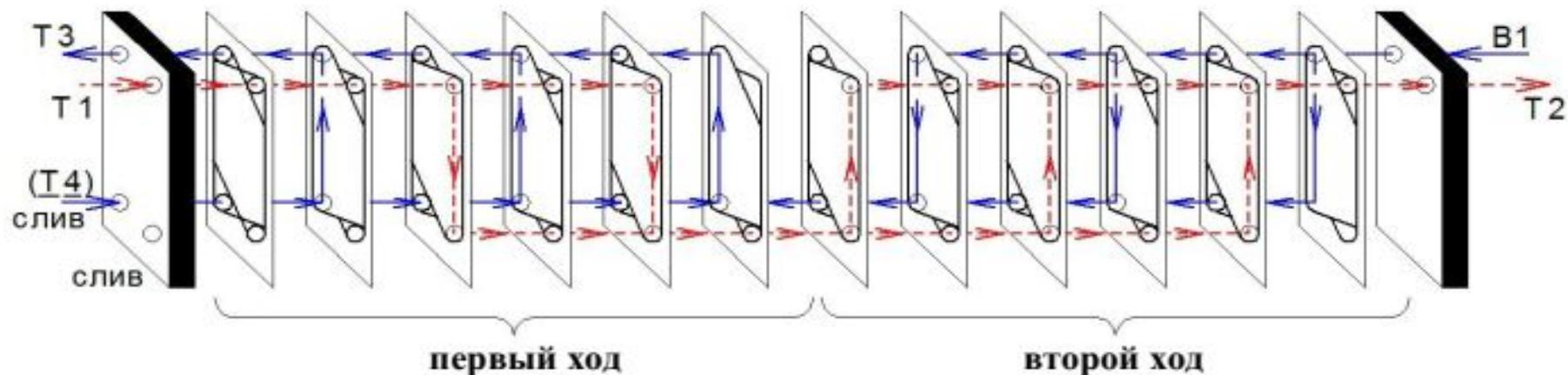
T1 – вход греющей среды; T2 – выход греющей среды; В1 – вход нагреваемой среды; T3 – выход нагреваемой среды; T4 – вход циркуляционной воды из ГВС



Двухходовой теплообменник имеет патрубки с двух сторон. По своей сути такая схема объединяет два одноходовых теплообменника, соединенных последовательно.

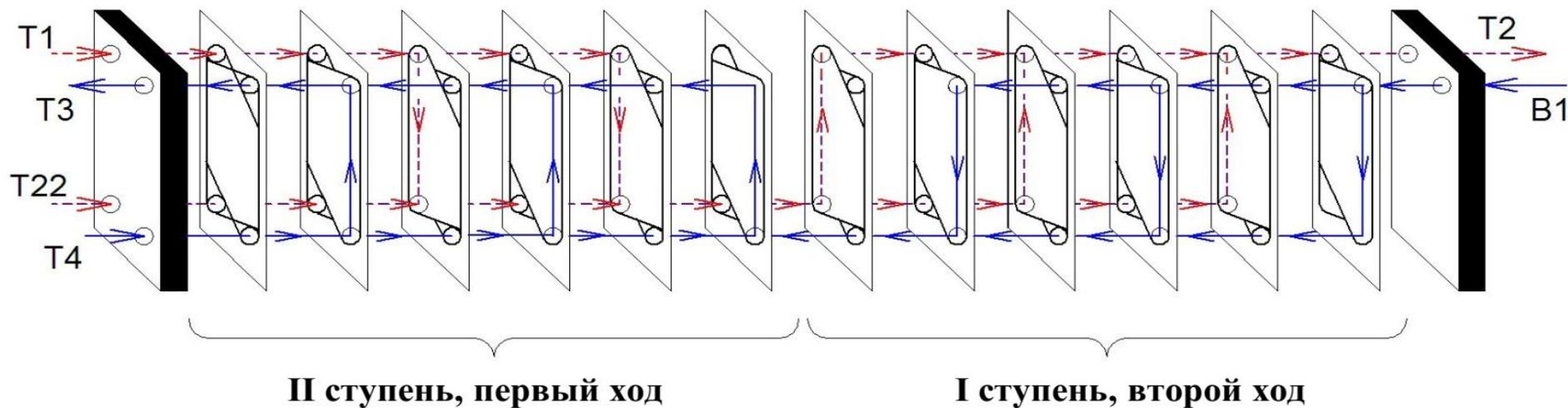
Компоновка пластин двухходового теплообменника ЕТ:

T1 – вход греющей среды; T2 – выход греющей среды; В1 – вход нагреваемой среды; T3 – выход нагреваемой среды; T4 – вход циркуляционной воды из ГВС



Компоновка пластин двухходового теплообменника для двухступенчатой смешанной схемы горячего водоснабжения:

T1 – вход греющей среды; T2 – выход греющей среды; B1 – вход нагреваемой среды; T3 – выход нагреваемой среды; T4 – вход циркуляционной воды из ГВС; T22 – вход обратной воды из отопления

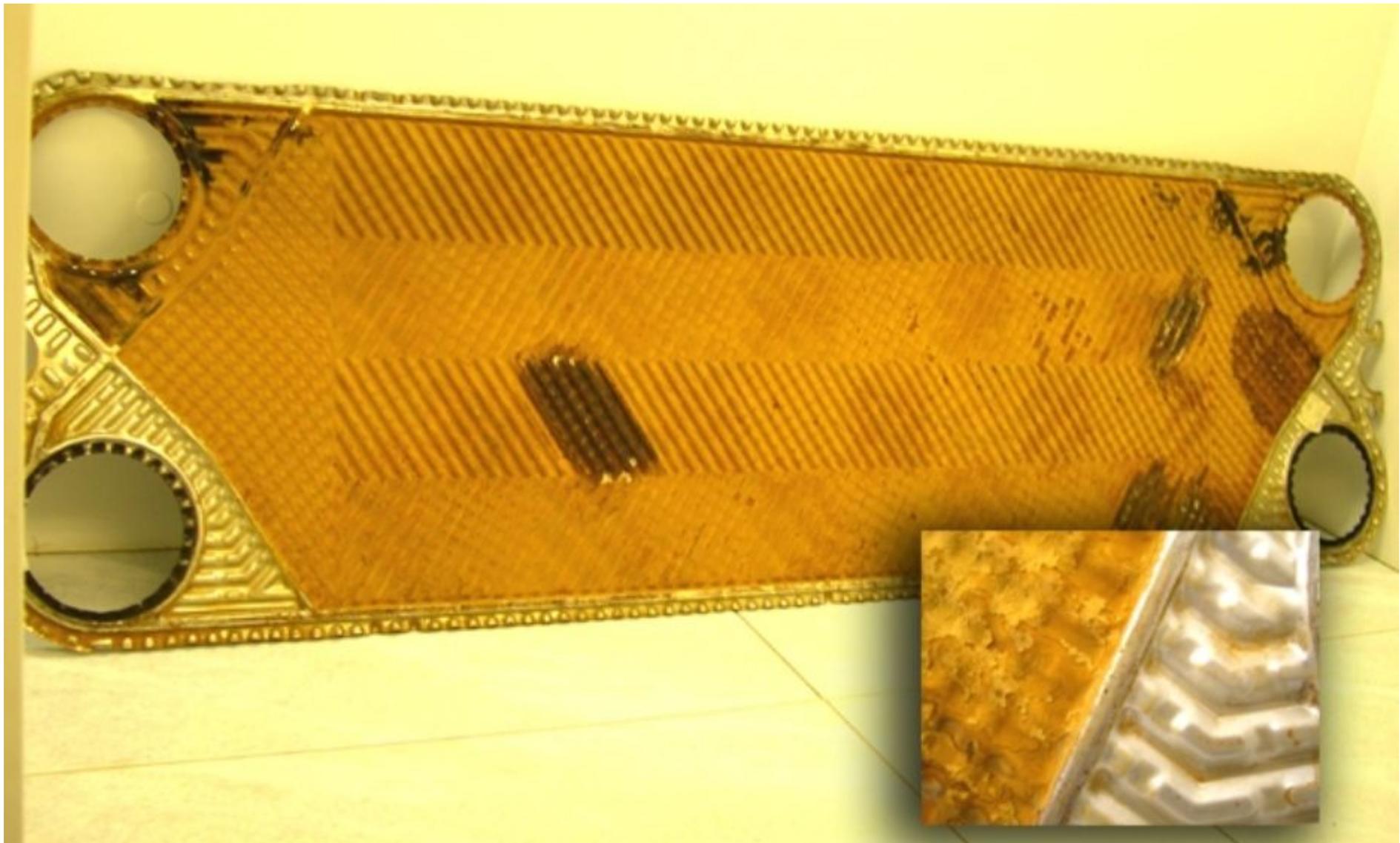


Преимущества пластинчатых теплообменников

- технологичность - легкий подбор необходимой тепловой мощности простым добавлением пластин;
- подводящие трубы к пластинчатым теплообменникам можно присоединять с одной стороны;
- полностью разбираются и легко ремонтируются;
- меньшая подверженность вибрации;
- высокая механическая прочность компоновки;
- в настоящее время более высокий коэффициент теплопередачи.

Недостатки пластинчатых теплообменников:

- высокая стоимость комплектующих (стоимость прокладок, требующих периодической замены, может превышать 50% стоимости теплообменника, в процессе эксплуатации уплотнения изнашиваются, трескаются или ссыхаются, они также повреждаются при очистке теплообменника);
- равенство проходного сечения греющего и нагреваемого теплоносителя;
- требуют периодической очистки;
- теоретически больше удельная масса и объем,
- чувствителен к гидравлическому удару (рекомендуется устанавливать реле запаздывания в электрической сети управления, организовывать автоматический запуск насосов только при закрытой арматуре и т.д.)



Количество водо-водяных подогревателей следует принимать:

- для систем горячего водоснабжения — два параллельно включенных водоподогревателя в каждой ступени подогрева, каждый из которых рассчитан на 50 % производительности;
- для систем отопления зданий и сооружений, не допускающих перерывов в подаче теплоты, — два параллельно включенных водоподогревателя, каждый из которых рассчитан на 100 % производительности.

При максимальном тепловом потоке на горячее водоснабжение до 2 МВт допускается предусматривать в каждой ступени подогрева один водоподогреватель горячего водоснабжения, кроме зданий, не допускающих перерывов в подаче теплоты на горячее водоснабжение в соответствии с решениями административных органов управления.