

Теплопередача

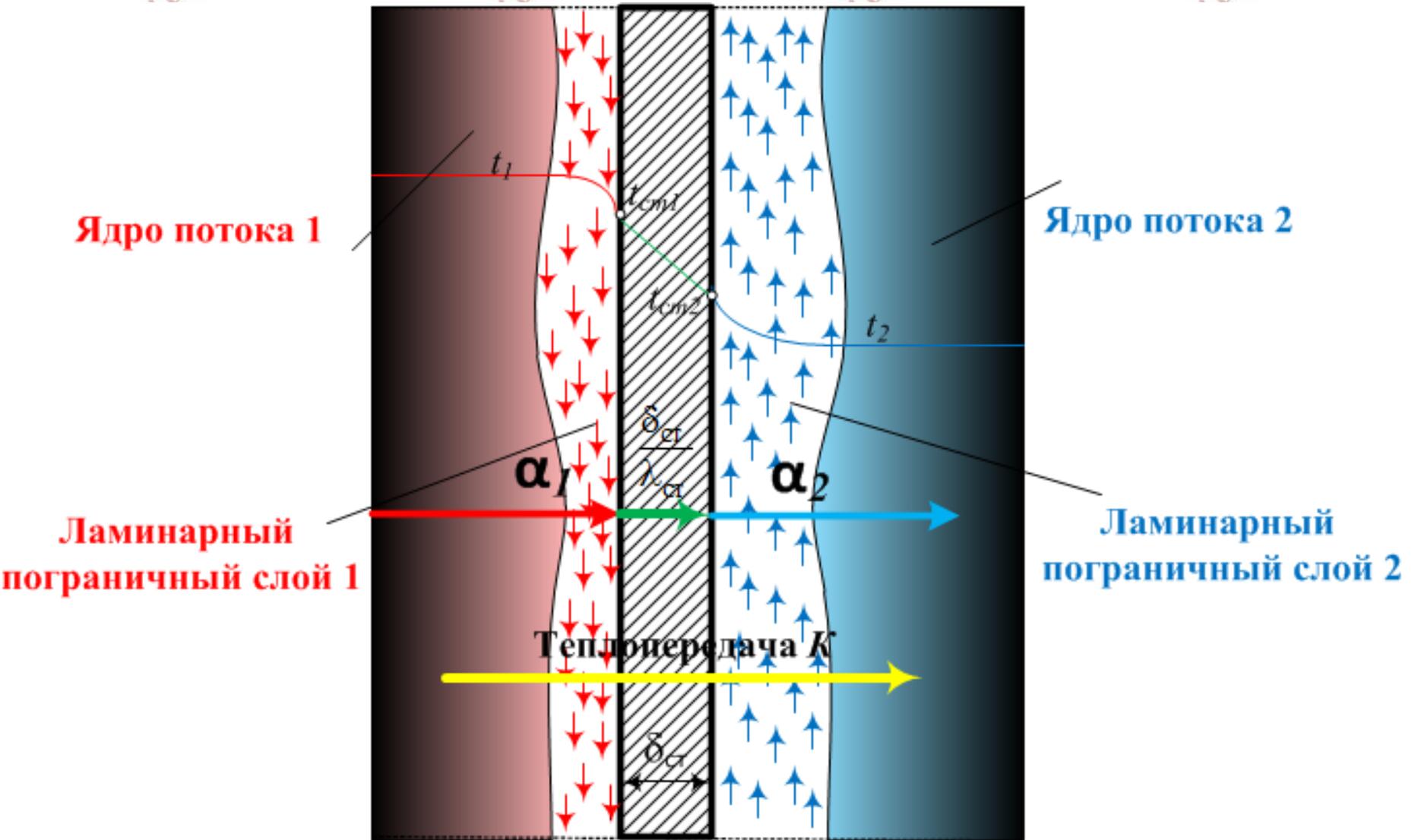
Мы рассмотрели передачу теплоты на участках:

от жидкости к стенке – теплоотдача 1;

через стенку – теплопроводность;

от стенки в поток второй жидкости – теплоотдача 2.

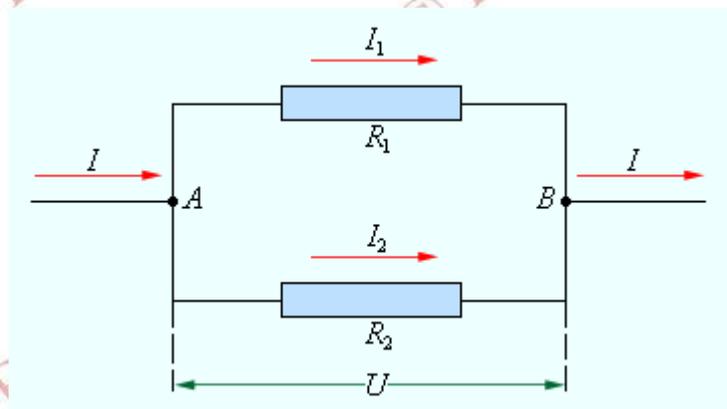
Схема выглядит примерно так



Можно строго доказать, что коэффициенты теплоотдачи, толщина стенки и коэффициент теплопередачи связаны соотношением (**знать обязательно!**)

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Похожая по архитектуре формула использовалась в физике (и электротехнике) для расчёта сопротивления цепи при параллельном соединении резисторов



$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

И там говорилось, что общее сопротивление цепи меньше меньшего из сопротивлений.

Такая же ситуация и сейчас:

Коэффициент теплопередачи всегда меньше меньшего из коэффициентов теплоотдачи.

Например, горячий поток способен отдавать теплоту с интенсивностью $\alpha_1 = 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$

Холодный поток способен получать теплоту

от стенки с интенсивностью $\alpha_2 = 100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$

Так вот суммарная интенсивность процесса

передачи теплоты от горячего потока к

холодному будет меньше $100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$

$$K < 100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Отсюда важный вывод:

Для интенсификации процесса теплопередачи нужно направить усилия на увеличение меньшего из коэффициентов теплоотдачи.

В нашем примере нет смысла повышать

$$\alpha_1 = 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}} \cdot \text{Нужно увеличивать} \quad \alpha_2 = 100 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}} \cdot$$

Далее. Если, например, $\alpha_1 \gg \alpha_2$,

то $\frac{1}{\alpha_1} \ll \frac{1}{\alpha_2}$ и $K \approx \alpha_2$.

Такой случай реализуется в наших домашних радиаторах отопления: горячая теплофикационная вода способна очень эффективно отдавать теплоту стенке радиатора.

Но вот холодный поток — воздух — не способен забирать теплоту от стенки столь же хорошо. Воздух вообще проблематично как нагревать, так и охлаждать. Так что для наших радиаторов справедливо приведённая ранее соотношение

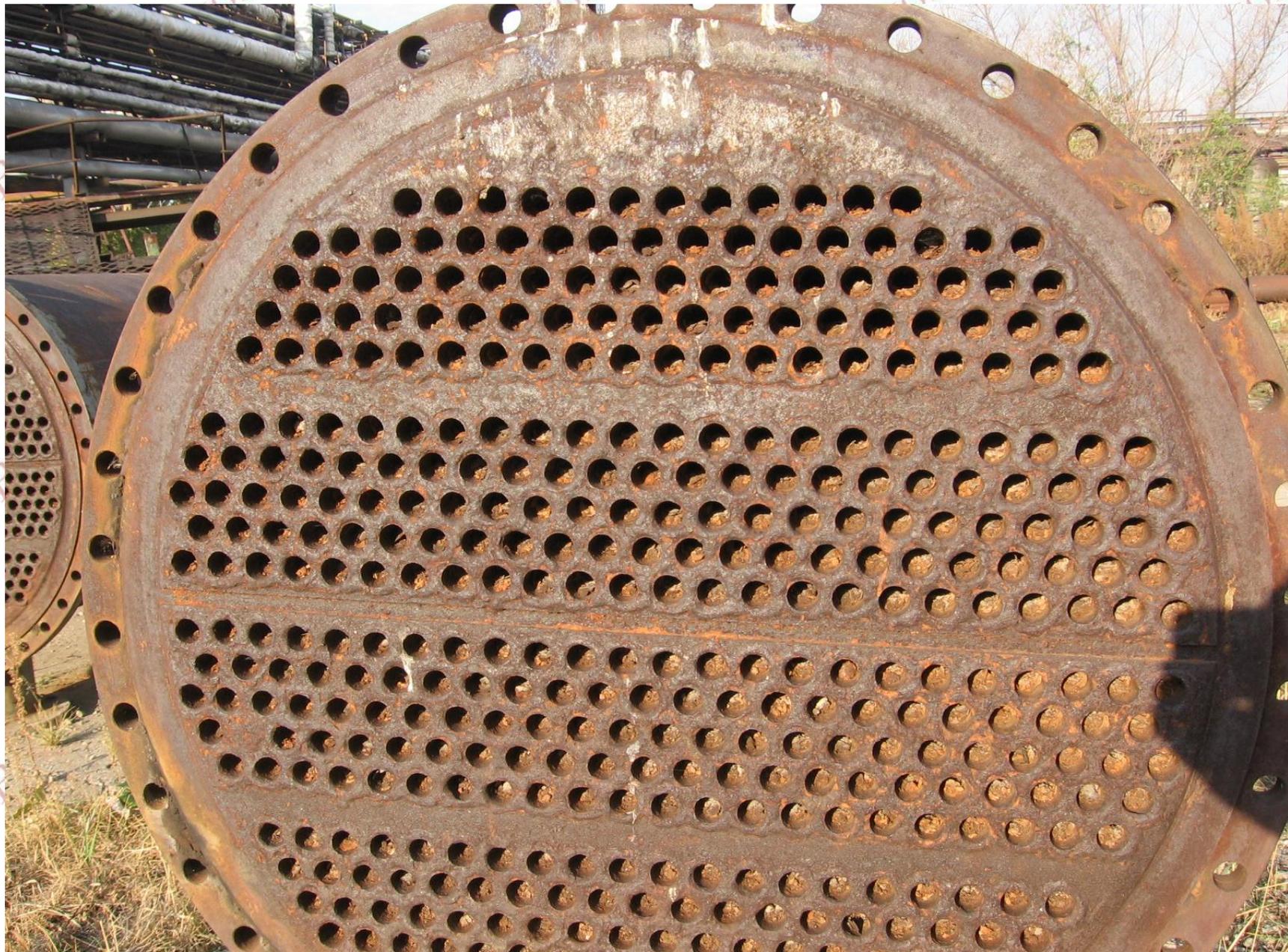
$$K \approx \alpha_2.$$

Загрязнения теплопередающей поверхности

В процессе эксплуатации трубы трубного пучка покрываются отложениями: коррозия, органические отложения, соли жёсткости и многое другое.



© В. Филиппов, СамГТУ



© В. Филиппов, СамГТУ







ТЕХНОГРУПП



ТЕХНОГРУПП



ТЕХНОГРУПП



ГК «Техно-трейд». Установка для чистки труб с одним штоком 1-ЛТС. г. Самара, ул. Партизанская, д.17, оф.313

Мы обязаны ещё на стадии проектирования учесть возможность появления таких загрязнений и заранее увеличить площадь поверхности теплопередачи принимаемого к установке теплообменника. Для этого в расчётную формулу вводим величину ожидаемых термических сопротивлений r_1 и r_2 , значения которых берутся из справочной литературы

Эту формулу знать!

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2} + r_1 + r_2}$$

Размерность термического сопротивления r

$$\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Среднее значение тепловой проводимости загрязнений стенки,

$$\frac{1}{r'} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

| Теплоносители | | Тепловая проводимость загрязнений, r |
|---------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|
| Вода | загрязнённая | 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 |

Выполним расчёт и посмотрим, как влияют термические загрязнения на величину коэффициента теплопередачи, например, для холодильника дистиллята (чистой органической жидкости).

$$\text{Пусть } \alpha_1 = 800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}, \alpha_2 = 1700 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Толщина стенки трубы 2 мм, коэффициент теплопроводности стали $\lambda_{\text{ст}} = 46,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}.$

Коэффициент теплопередачи без учёта термических загрязнений

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{800} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{1700}} = 532 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Теперь учтём появление загрязнений. С наружной стороны труб движется поток чистой органической жидкости, для него $r_1 = 5800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

Внутри труб движется вода (воду всегда пускают в трубы!). В большинстве случаев охлаждающая вода на заводе является загрязнённой. Для неё принимаем $r_2 = 1600 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

Тогда коэффициент теплопередачи с учётом термических сопротивлений будет равен

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} =$$
$$= \frac{1}{\frac{1}{800} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{1700} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{1600}} = 373 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Нетрудно убедиться, что снижение коэффициента теплопередачи, а значит и эффективности работы аппарата, составляет 30%!