

ФГБУ ВПО „АГТУ„

Каф. „Теплоэнергетика„

## Лекция №5

«Интенсификация теплопередачи»  
по дисциплине „Тепломассобмен„



# Интенсификация теплопередачи путем увеличения коэффициентов теплоотдачи

---

- ? Из уравнения теплопередачи:  $Q=kF\Delta t$  следует, что при заданных размера стенки и температурах жидкостей, величиной, определяющей теплопередачу, является коэффициент  $k$ .
- ? Так как теплопередача – явление сложное, то правильное решение можно найти только на основе анализа частных составляющих, характеризующих процесс.

? Так, например, для плоской стенки:

? то при  $\delta/\lambda \rightarrow 0$  (например, для тонких стенок с большим  $\lambda$ )  $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

?  $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} = \frac{\alpha_2}{\frac{\alpha_1}{\alpha_2} + 1} \quad (I)$

- ? Из (1)  $\Rightarrow$ , что  $k'$  не может быть больше самого малого  $\alpha$ . При  $\alpha_2 \rightarrow \infty$ ,  $k'$  стремится к своему предельному значению  $\alpha_1$ . При  $\alpha_1 \rightarrow \infty$ ;  $k' \rightarrow \alpha_2$ .
- 



## Примеры:

---

№1  $\alpha_1 = 40$  ,  $\alpha_2 = 5000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$   $\Rightarrow k_1' = 37,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

№2  $\alpha_1 = 40$  ,  $\alpha_2 = 10000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$   $\Rightarrow k_2' = 39,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

Вывод: при повышении и так большого  $\alpha_2 \Rightarrow k' = \text{const.} \Rightarrow$   
надо увеличить коэффициент  $\alpha_1$  а не  $\alpha_2$ !

№3  $\alpha_1 = 80$  ,  $\alpha_2 = 5000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$   $\Rightarrow k_3' = 78,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

№4  $\alpha_1 = 200$  ,  $\alpha_2 = 5000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$   $\Rightarrow k_4' = 192 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

Из рассмотренных примеров видно, что при  $\alpha_1 \ll \alpha_2$   
увеличение большего из коэффициентов ( $\alpha_2$ ) практически не  
дает увеличиться  $k_1'$ . Увеличение меньшего из  
коэффициентов теплоотдачи ( $\alpha_1$ ) в 2 и 5 раз дает увеличение  
 $k_3'$  и  $k_4'$  почти во столько же раз, соответственно.

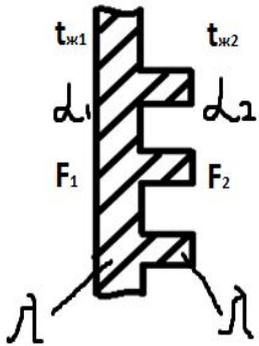
Следовательно, для увеличения  $k'$  нужно увеличить  
наименьшее из значений коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_1$  или  
 $\alpha_2$ . Если  $\alpha_1 = \alpha_2$ , то необходимо увеличить каждый  $\alpha$



# Интенсификация теплопередачи путем оребрения стенок

? Если увеличить наименьший  $\alpha$  не удастся, теплообмен можно интенсифицировать путем оребрения стенки со стороны меньшего  $\alpha$ .

? Рассмотрим плоскую стенку толщиной  $\delta$  с ребрами на одной стороне. Стенка и ребра выполнены из одного материала с коэф.  $\lambda$ .  
 $F_1$  – площадь гладкой поверхности  
 $F_2$  – площадь поверхности ребер и поверхности стенки между ребер



? При установившемся тепловом режиме передаваемый тепловой поток можно выразить тремя

$$? Q = \alpha_1 * F_1 (t_{ж1} - t_{ж2}) \quad Q = \frac{\delta}{\lambda} (t_{c1} - t_{c2}) \quad Q = \alpha_2 F_2 (t_{c2} - t_{ж2})$$



Решая уравнения относительно  $\Delta t$  и складывая, получим:

$Q = k_p F_1 (t_{ж_1} - t_{ж_2})$ , где  $k_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} * \frac{F_1}{F_2}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2 m}}$  коэф. теплоотдачи ребристой стенки .

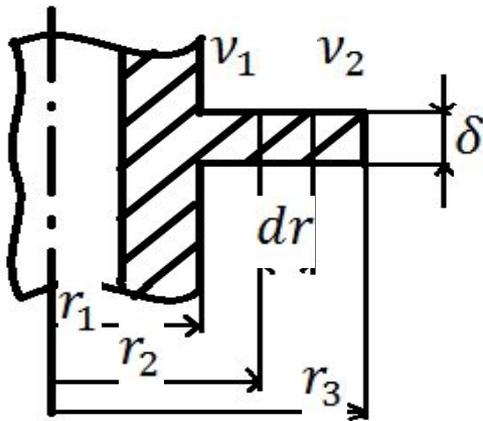
Величина  $m = F_2 / F_1$  – коэф. оребрения.

Оребрение поверхности позволяет выровнять термические сопротивления теплоотдачи => интенсифицировать теплоотдачу.



# Теплопроводность круглого ребра постоянной толщины

- ? Ребра, имеющие переменное поперечное сечение по высоте, рассчитываются значительно сложнее, чем прямые ребра постоянного сечения.
- ? Рассмотрим расчет теплопроводности круглого ребра постоянно толщины, которые применяют при оребрении цилиндрических поверхностей (труб).



Заданы: внутренний радиус ребра  $r_1$   
 — наружный радиус ребра

— толщина ребра  $S$ , и коэф.

$$v = t - t_{\text{ж}}$$

? температура среды  $t_{\text{ж}} =$

Задан постоянный коэффициент теплопроводности  $\alpha$  на всей поверхности ребра и температура у основания ребра  $v_1 \quad v = t_1 - t_{\text{ж}}$  где  $t_1$  – температура основания ребра.

Режим стационарный, и температура изменяется только по высоте ребра. Уравнение теплового баланса для кольцевого элемента ребра толщиной  $dr$ :

$$Q_r - Q_{r+dr} = dQ$$

где  $Q_r$  – количество теплоты, входящее в первую грань участка  $dr$  за единицу времени;

$Q_{r+dr}$  – количество теплоты, которое выходит из противоположной грани участка  $dr$  за то же время.

$dQ$  – количество теплоты, отдаваемое за единицу времени наружной поверхностью элемента окружающей его среде.

Количество  $Q$ , которое будет отдаваться поверхностью круглого ребра постоянной толщины:

$$Q' = \varepsilon' F' g$$

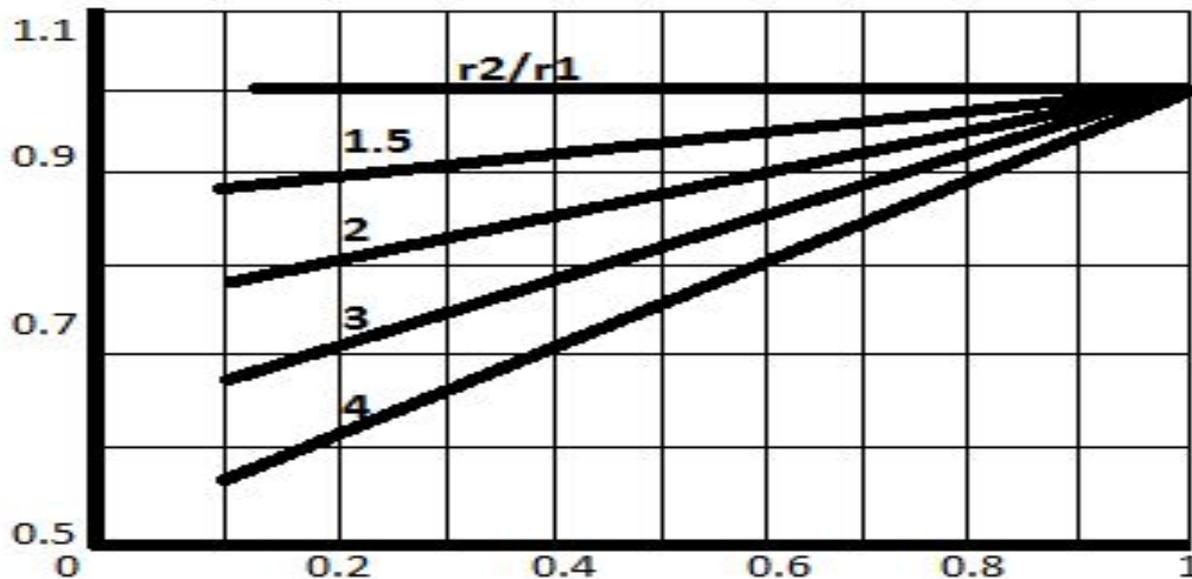


где  $Q'$  – количество  $Q$ , отдаваемое круглым ребром, Вт  
 $F'$  – поверхность круглого ребра.

$q=Q/F$  – количество теплоты, отдаваемое в ед. времени  
единицей поверхности прямого ребра, толщина которого =  
толщине круглого ребра, а длина = 1 м;

$\varepsilon' = f\left(\frac{v_2}{v_1}; \frac{r_2}{r_1}\right)$  - поправочный коэффициент определяемый по

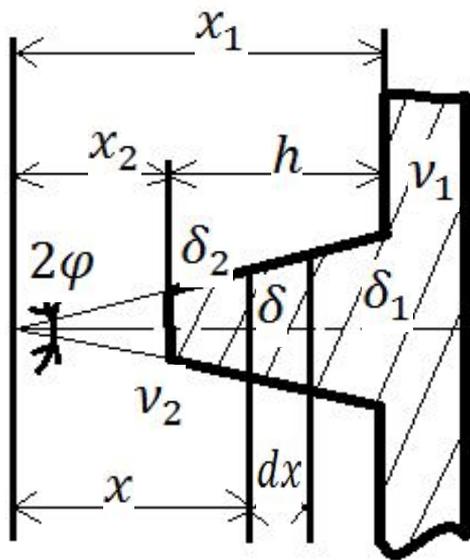
рис.1



# Теплопроводность прямого ребра переменного сечения (ребро треугольного сечения)

---

Пусть заданы размеры трапециевидного ребра и избыточная температура  $V_1$  у его основания. За начало координат целесообразно принять величину треугольника. Вектор плотности теплового потока  $q$  будет направлен в сторону, противоположную положительному направлению оси  $x$ .



Расчет ребер переменного сечения можно свести к методике расчета прямых ребер постоянного сечения. В этом случае:

$$Q'' = \varepsilon'' F'' q$$

---



где  $Q''$  - количество передаваемой теплоты в ед. времени;  
 $F''$  - поверхность охлаждения ребра;  
 $q=Q/F$  – плотность теплоты потока для прямоугольного ребра , длина, высота и толщина которого равны длине, высоте и толщине суженного ребра;

$\varepsilon'' = f\left(v_2/v_1; \delta_2/\delta_1\right)$  - поправочный коэффициент на суженность ребра; определяется по графику

