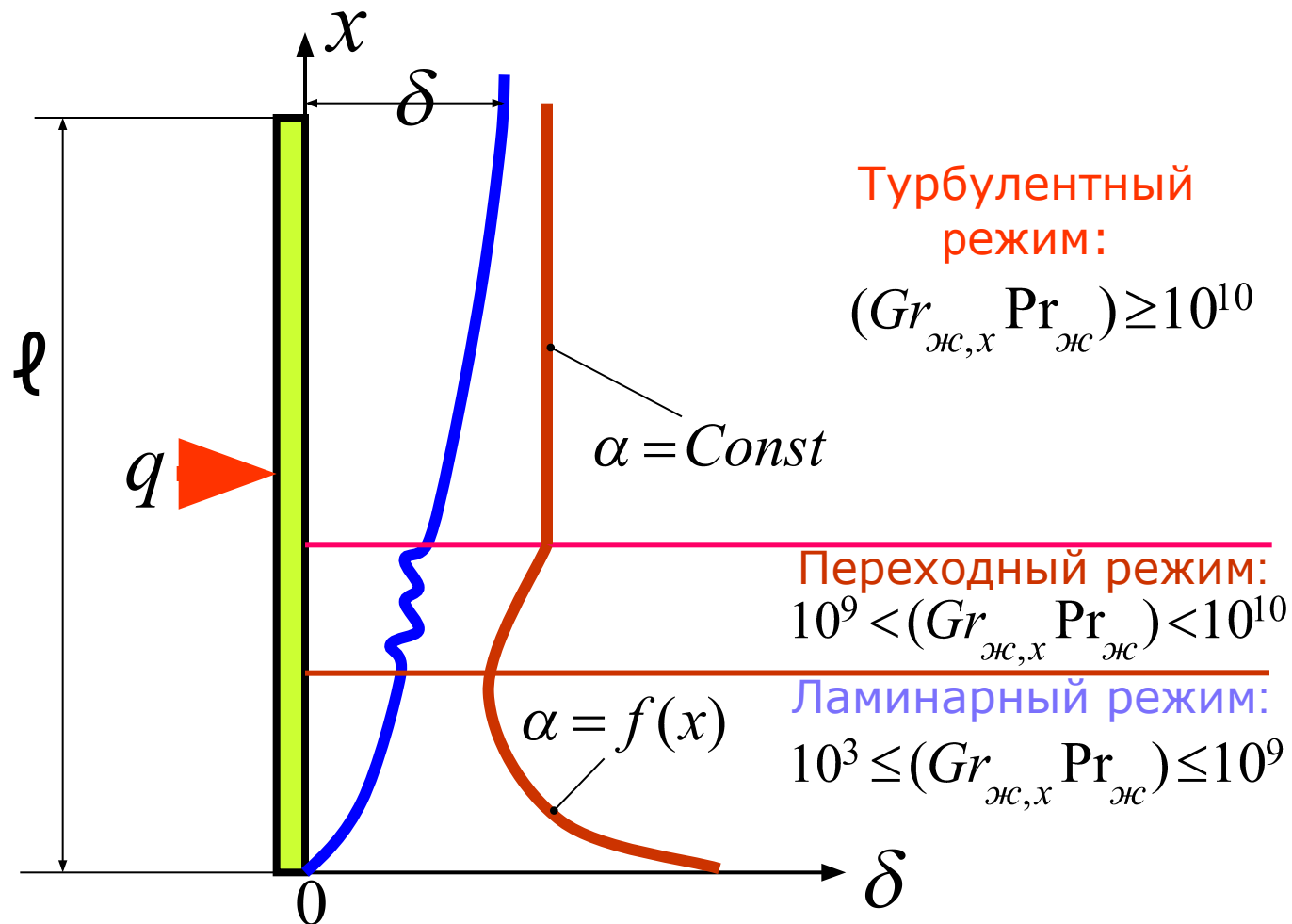


Тепломассообмен 15

Свободная (естественная)
конвекция

Изменение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции



Свободно-конвективная теплоотдача в большом объеме жидкости

Свободная конвекция – это движение жидкости за счет разности плотностей ее нагретых слоев (у поверхности нагрева) и холодных. При этом чем больше разность температур между стенкой и жидкостью, тем интенсивнее движение.

Допущения: 1) Силы инерции пренебрежимо малы по сравнению с силами тяжести и вязкости; 2) Конвективный перенос и теплопроводность вдоль пограничного слоя не учитываются.

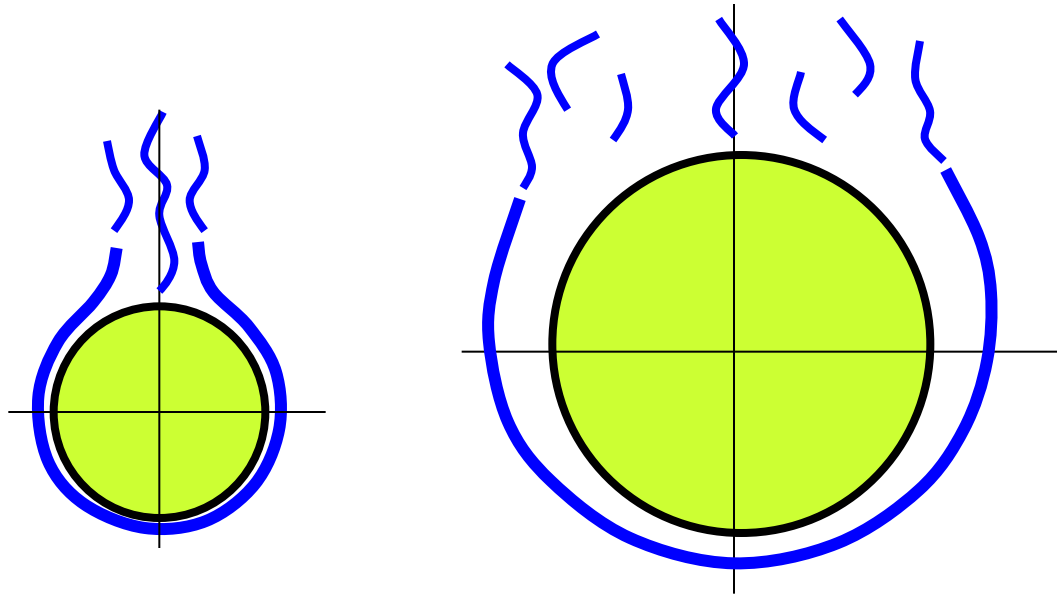
Тогда для ламинарного режима ($Gr_{ж,x} Pr_{ж} = 10^3 - 10^9$) средний коэффициент теплоотдачи можно определить по уравнению подобия:

$$Nu_{ж,\ell} = 0,63 (Gr_{ж,\ell} Pr_{ж})^{0,25}.$$

Для локального коэффициента теплоотдачи при турбулентном режиме:

$$Nu_{ж,x} = 0,15 (Gr_{ж,x} Pr_{ж})^{1/3} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_c} \right)^{0,25}.$$

Естественная (свободная) конвекция около горизонтальных труб



Свободно-конвективная теплоотдача от горизонтальных труб

На предыдущем слайде представлен характер свободного движения жидкости около горячих горизонтальных труб.

При прочих равных условиях, чем больше диаметр трубы, тем вероятнее разрушение ламинарного течения.

У труб малого диаметра разрушение ламинарного течения может происходить вдали от трубы.

Опытные данные по свободно-конвективной теплоотдаче от труб, шаров и плит обобщены Михеевым М.А.

в виде уравнения подобия:

$$Nu_m = c (Gr_m^{(3)} Pr_m)^n,$$

Определяющая температура и характерный линейный размер

где c и n - константы, приведенные в следующей таблице.

Определяющая температура - средняя температура
жидкости в пограничном слое $t_{мс} = (t_c + t_s) / 2$,

характерный линейный размер:

- диаметр – для горизонтальных труб и шаров;
- высота – для вертикальных плит и труб;
- меньшая сторона пластины – для горизонтальных плит.

Причем коэффициент теплоотдачи, полученный по формуле (3), надо умножить на 1,3 для плит, обращенных нагретой стороной вверх и на 0,7 для плит, обращенных нагретой стороной вниз.

Значения констант в уравнении подобия Михеева

Режим	$(Gr_m Pr_m)$	c	n
Ламинарный	$10^{-3}-500$	1,18	1/8
Переходный	$500-2 \cdot 10^7$	0,54	1/4
Турбулентный	$2 \cdot 10^7-10^{13}$	0,135	1/3