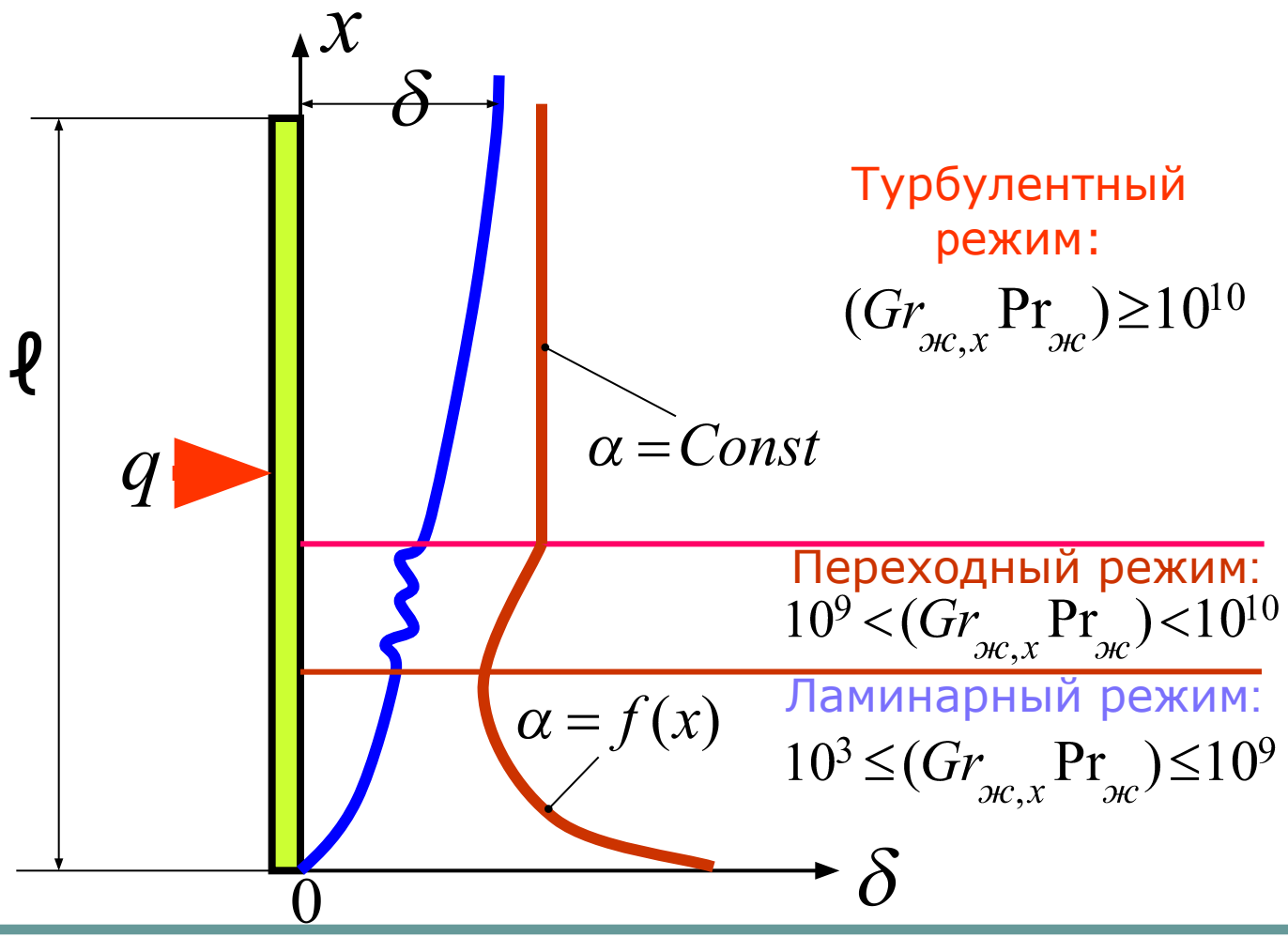
Тепломассообмен 15

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.

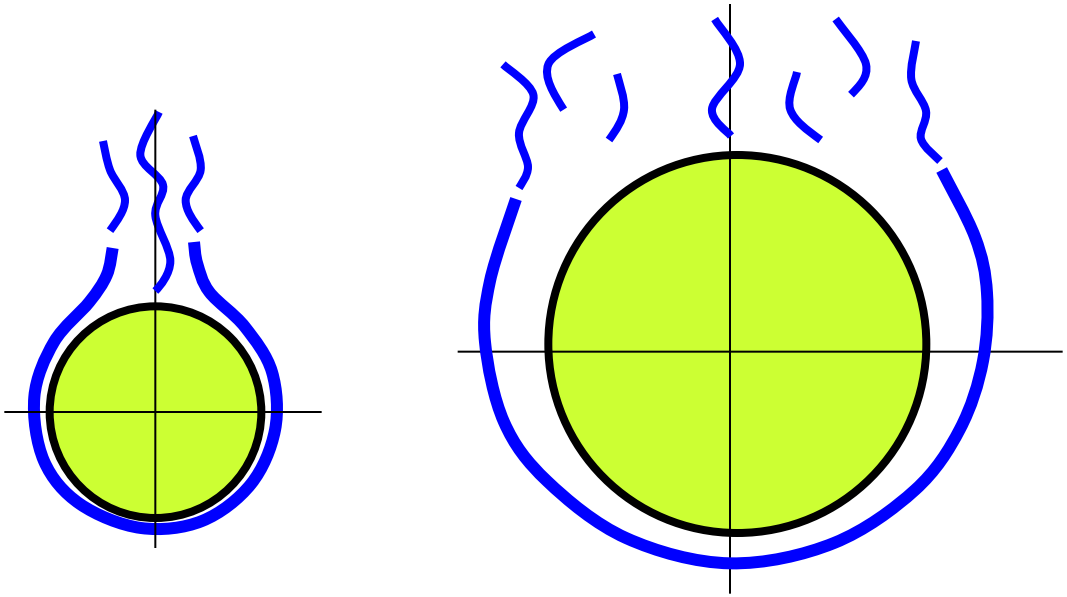
Тогда для ламинарного режима ($Gr_{ж,x}Pr_{ж}$) = 10^3 – 10^9 средний коэффициент теплоотдачи можно определить по уравнению подобия:

$$Nu_{ж,\ell} = 0{,}63(Gr_{ж,\ell}\Pr_{ж})^{0{,}25}. \quad (1)$$

Для локального коэффициента теплоотдачи при турбулентном режиме:

$$Nu_{ж,x} = 0{,}15(Gr_{ж,x}\Pr_{ж})^{1/3}\left(\frac{\Pr_{ж}}{\Pr_{c}}\right)^{0{,}25}. \quad (2)$$

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:

$$Nu_m = c(Gr_m \Pr_m)^n, \quad (3)$$

Определяющая температура и характерный линейный размер

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

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

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
Ламинар-ный	10^{-3}-500	1,18	1/8
Переход-ный	500-2.10^7	0,54	1/4
Турбулен-тный	2.10^7-10^{13}	0,135	1/3