

# Опытные данные по теплоотдаче

Обобщенное (критериальное  
уравнение конвективного  
теплообмена) выражается функцией  
вида

$$f (Fo, Nu, Pe, Re, Pr, L/d)$$

ИЛИ

$$Nu = f (Pe, Fo, Re, Pr, L/d)$$

# В зависимости от вида теплообмена критериальное уравнение имеет вид:

1. Вынужденное движение

$$Nu = f(Re, Pr, L/d);$$

2. Свободная конвекция

$$Nu = f(Gr, Pr, L/d);$$

3. Конденсация

$$Nu = f(Ga, Pe, K)$$

# Установившейся турбулентный режим

$$Nu = 0.023 \times Re^{0.8} Pr^{0.43}$$

$$Nu = 0.021 \times Re^{0.8} Pr^{0.43} \left( \frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0.25}$$

## Переходный режим

$$Nu = 0,008 Re^{0,9} Pr^{0,43}$$

## Ламинарный режим

$$Nu = 0,17 Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1} \left( \frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}$$

# Численные значения коэффициента теплоотдачи

Наименование процесса	Вт/м <sup>2</sup> К	Ккал / м <sup>2</sup> чК
При нагревании и охлаждении		
- воздуха	1,16 - 58	1,0 – 50
- перегретого пара	23,2 – 116	20 – 100
- масел	58 – 1 740	50 – 1 500
- воды	232 – 11 600	200 – 10 000
При кипении воды	580 – 52 200	500 – 45 000
При пленочной конденсации водяных паров	4 640 – 17 400	4 000 – 15 000
При конденсации паров органических веществ	580 – 2 320	500 – 2 000



**Теплопередача** –  
перенос тепла от одного  
теплоносителя к  
другому, через  
разделяющую их стенку

# Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей

## плоская стенка

1. Передача тепла от теплоносителя к стенке
2. Тепло проходит через стенку
3. Отдача тепла от горячей стенки к менее нагретой среде

# Теплопередача через плоскую стенку

$$Q = \alpha_1 F \tau (t_1 - t_{cm1}) \quad Q = \frac{\lambda_1}{\delta_1} F \tau (t_{cm1} - t_{cm})$$

$$Q = \frac{\lambda_2}{\delta_2} F \tau (t_{cm} - t_{cm2})$$

$$Q = \alpha_2 F \tau (t_{cm2} - t_2)$$

$$Q \left( \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2} \right) = F \tau (t_1 - t_2)$$

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}} F \tau (t_1 - t_2)$$

# Коэффициент теплопередачи

— показывает, какое количество тепла переходит от более нагретого к менее нагретому теплоносителю через разделяющую их стенку при разности температур между теплоносителями 1 град



# Уравнение теплопередачи

$$Q = KF(t_1 - t_2)$$

# Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей цилиндрическая стенка

$$F = 2\pi r_v L$$

# **Теплопередача при переменных температурах теплоносителей**

# Схемы движения теплоносителей

**Параллельный ток или прямоток** - при котором теплоносители движутся в одном и том же направлении;

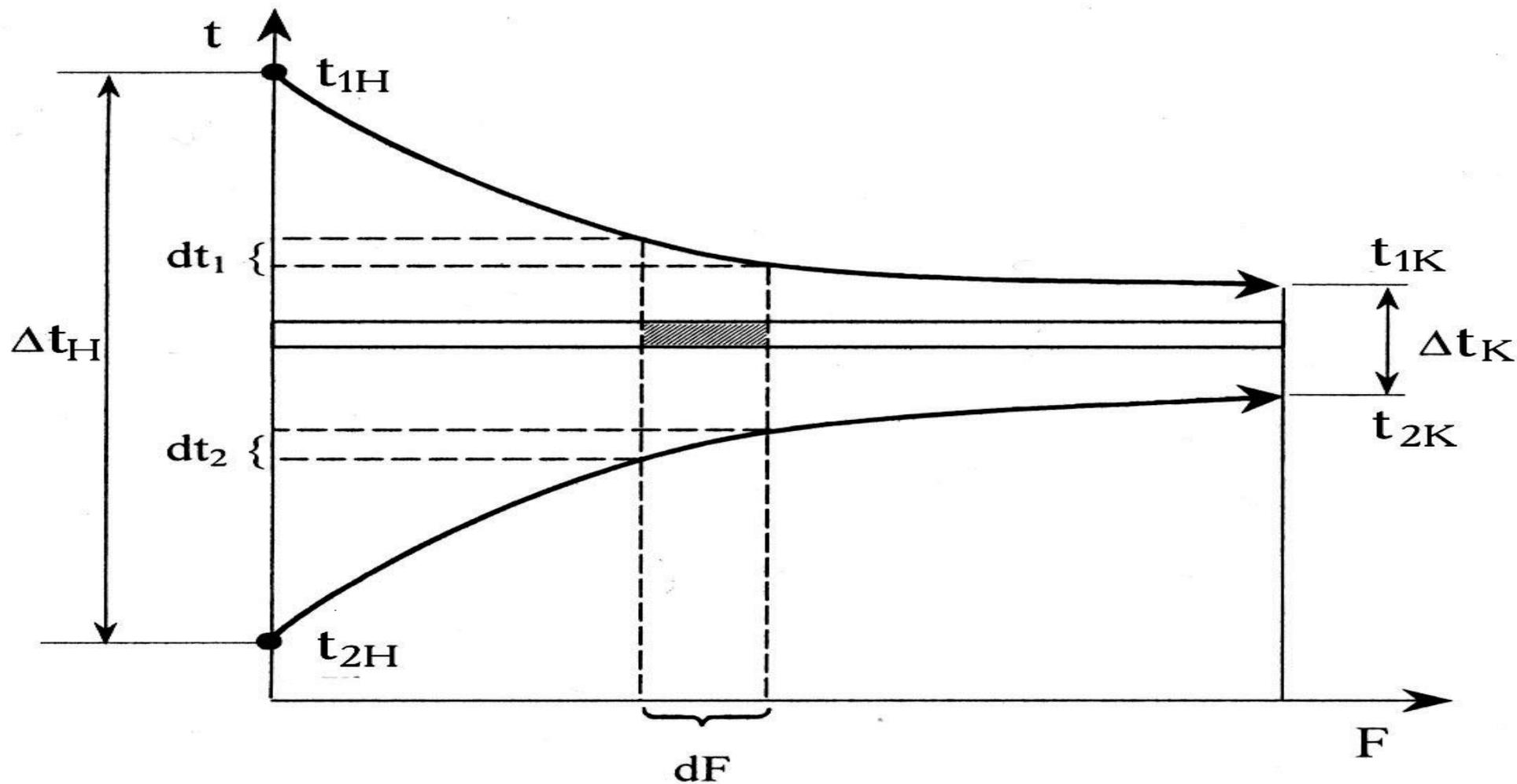
**Противоток** - при котором теплоносители движутся в противоположных направлениях;

**Перекрестный ток** - при котором теплоносители движутся взаимно перпендикулярно друг другу;

**Смешанный ток** - при котором один из теплоносителей движется в одном направлении, а другой — как прямотоком» так и противотоком к первому.

**Многokrатный смешанный ток**

# Уравнение теплопередачи при прямотоке и противотоке теплоносителей



# Уравнение теплопередачи при прямотоке и противотоке

$$dQ = G_1 c_1 (-dt_1) = G_2 c_2 dt_2$$

$$dQ = W_1 (-dt_1) = W_2 dt_2$$

$$-dt_1 = \frac{dQ}{W_1}$$

$$dt_2 = \frac{dQ}{W_2}$$

# Уравнение теплопередачи при прямотоке и противотоке

$$d(t_1 - t_2) = -dQ \left( \frac{1}{W_1} + \frac{1}{W_2} \right) = -dQm$$

$$d(\Delta t) = -dQm$$

$$d(\Delta t) = -KdF\Delta tm$$

# Уравнение теплопередачи при прямотоке и противотоке

$$\int_{\Delta t_H}^{\Delta t_K} \frac{d(\Delta t)}{\Delta t} = -mK \int_0^F dF$$

$$\ln \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H} = -mKF$$

# Уравнение теплового баланса

примет вид:

$$Q = W_1(t_{1H} - t_{1K}) = W_2(t_{2H} - t_{2K})$$

$$m = \frac{\Delta t_H - \Delta t_K}{Q}$$

$$\ln \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H} = -K \frac{\Delta t_H - \Delta t_K}{Q} F$$

$$Q = -KF \frac{\Delta t_H - \Delta t_K}{\ln \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}} = \frac{\Delta t_H - \Delta t_K}{\ln \frac{\Delta t_H}{\Delta t_K}}$$

# Средний температурный напор

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_H - \Delta t_K}{\ln \frac{\Delta t_H}{\Delta t_K}} = \frac{\Delta t_H - \Delta t_K}{2,31 \lg \frac{\Delta t_H}{\Delta t_K}}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_H + \Delta t_K}{2}$$

# Средний температурный напор при противотоке

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_m}{2}$$