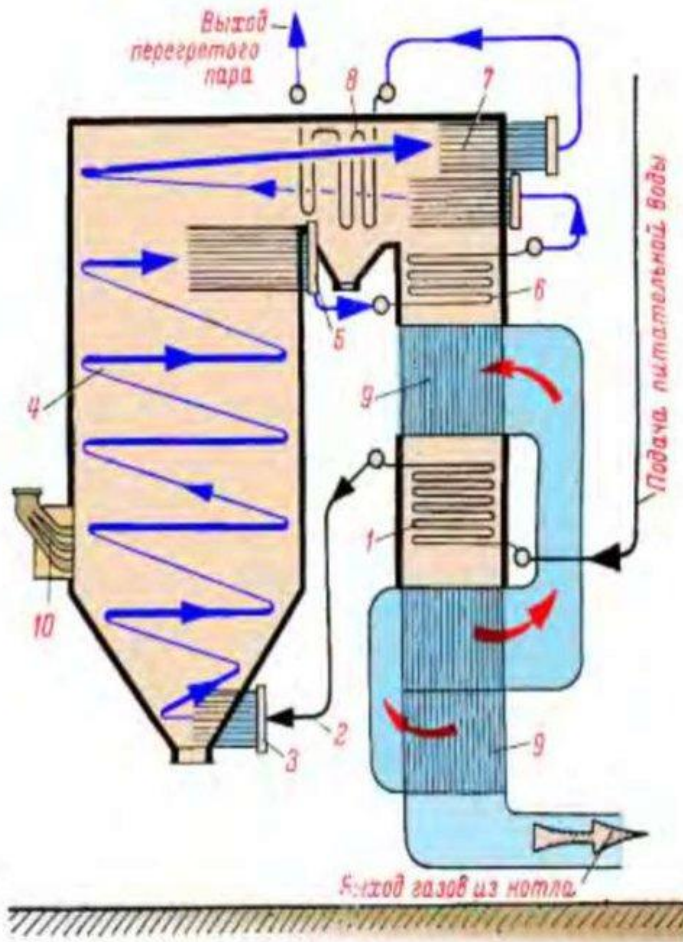


# Гидравлическая нестабильность парогенерирующих змеевиков и их гидравлические характеристики

## Прямоточный котел Рамзина



1 - экономайзер; 2 - перепускные необогреваемые трубы; 3 - нижняя экранная камера; 4 - экранные трубы; 5 - верхняя экранная камера; 6 - переходная зона; 7 - настенная часть пароперегревателя; 8 - конвективная часть пароперегревателя; 9 - воздухоподогреватель; 10 - горелки.

1932 г. : 3.6 т/ч, 14 МПа, 500°С  
(ТЭЦ ВТИ)

1933 г. : 200 т/ч, 14 МПа, 500°С  
(ТЭЦ-9 Мосэнерго)

1939 г. : 200 т/ч, 35 МПа, 410°С

1943 г. Сталинская премия

1946 г. Орден Трудового  
Красного Знамени

1948 г. Орден Ленина

# Гидравлическая нестабильность парогенерирующих змеевиков и их гидравлические характеристики

Гидравлической характеристикой парогенерирующего элемента называется зависимость полного гидравлического сопротивления от расхода при стационарном режиме.

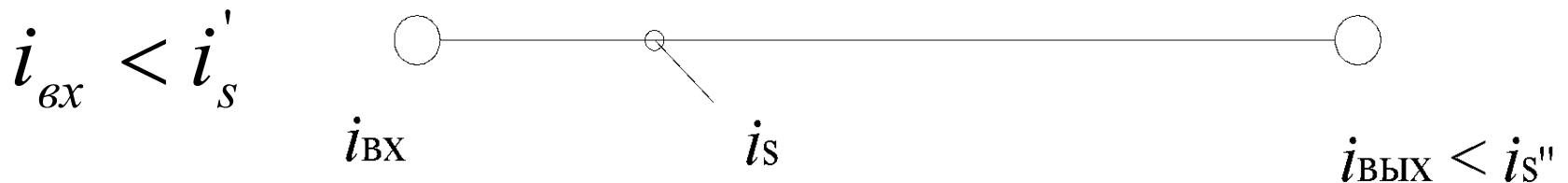


Схема прямоточного испарительного элемента

# Гидравлическая нестабильность парогенерирующих змеевиков и их гидравлические характеристики

Потери на трение

$$\Delta p_{\text{тр}} = \xi_{\Gamma} \frac{l_{\text{эк}}}{d} \cdot \frac{(\rho w)^2}{\rho'} + \xi_{\Gamma} \frac{l - l_{\text{эк}}}{d} \cdot \frac{(\rho w)^2}{2\rho'} \cdot \left( 1 + \bar{x} \cdot \bar{\psi} \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) \right)$$

$\xi_{\Gamma}$  – коэффициент гидравлического сопротивления трения гомогенной смеси;  $d$  – внутренний диаметр труб

# Гидравлическая нестабильность парогенерирующих змеевиков и их гидравлические характеристики

Тепловой баланс экономайзерного участка

$$Q_{\text{ЭК}} = \pi d l_{\text{ЭК}} \bar{q} = \frac{\pi d^2}{4} \rho w (i'_{\text{вх}} - i)$$

Тепловой баланс испарительного участка

$$Q_{\text{исп}} = \pi d (l - l_{\text{ЭК}}) \bar{q} = \frac{\pi d^2}{4} \rho w (i'_{\text{вых}} - i'_s)$$

$q$  – плотность теплового потока, отнесённая к внутреннему диаметру труб

# Гидравлическая нестабильность парогенерирующих змеевиков и их гидравлические характеристики

Длина экономайзерного участка

$$l_{\text{ЭК}} = \frac{d}{4q} \cdot \rho w (i'_{\text{BX}} - i)$$

Среднее массовое паросодержание в испарителе

$$\bar{x} = \frac{1}{\rho} x_{\text{ВЫХ}} = \frac{1}{2} \frac{i_{\text{ВЫХ}} - i'_s}{r} = \frac{1}{\rho} \frac{1}{2r} \left( 4 \frac{l}{d} \frac{\bar{q}}{w} + i_{\text{BX}} - i'_s \right) = \frac{2l}{d} \frac{\bar{q}}{wr} - \frac{i'_s - i_{\text{BX}}}{r}$$

# Гидравлическая нестабильность парогенерирующих змеевиков и их гидравлические характеристики

Зависимость сопротивления трения прямооточного испарителя

от массовой скорости

$$\Delta p_{тр} = A \cdot (\rho \omega)^3 + B (\rho \omega)^2 + C (\rho \omega)$$

# Гидравлическая нестабильность парогенерирующих змеевиков и их гидравлические характеристики

Зависимость сопротивления трения прямого испарителя

от массовой скорости

$$\Delta p_{mp} = A \cdot (\rho \omega)^3 + B (\rho \omega)^2 + C (\rho \omega)$$

$$A = \frac{\xi_{\Gamma} \bar{\psi} (i'_s - i_{\text{BX}})}{\rho \delta q r} \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right)$$

$$B = \frac{\xi_{\Gamma} l}{\rho d} \left( \psi - \frac{(i'_s - i_{\text{BX}})}{2 \cdot r} - \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) \right) = \frac{\xi_{\Gamma} l}{\rho d} \left( - \frac{\bar{\psi} (i'_s - i_{\text{BX}})}{r} \right) \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right)$$

$$C = \frac{\xi_{\Gamma} l^2 \bar{q} \cdot \bar{\psi}}{d^2 r \rho'} \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right)$$

# Гидравлическая нестабильность парогенерирующих змеевиков и их гидравлические характеристики

Гидравлическая характеристика испарительного момента:

а – однозначная; б – многозначная

