

Структура двухфазных  
потоков пароводяной среды  
при различных параметрах  
для вертикальной и  
горизонтальной труб

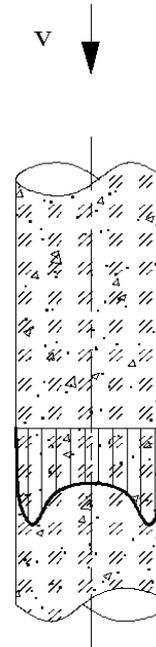
# Эпюры скоростей двухфазного течения среды внутри трубы



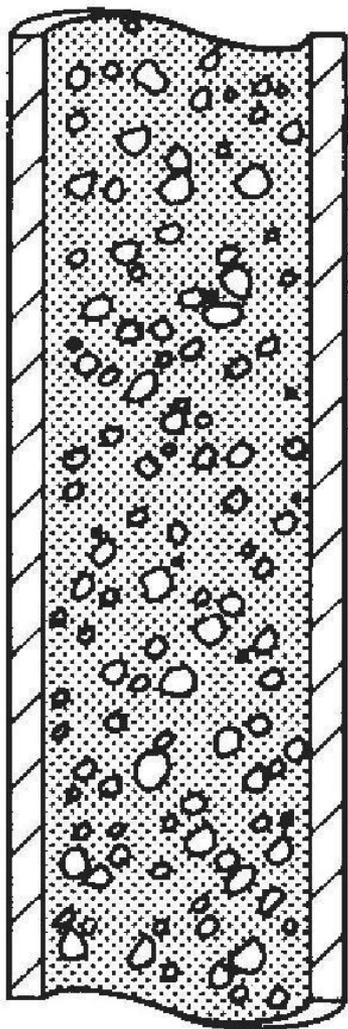
а)



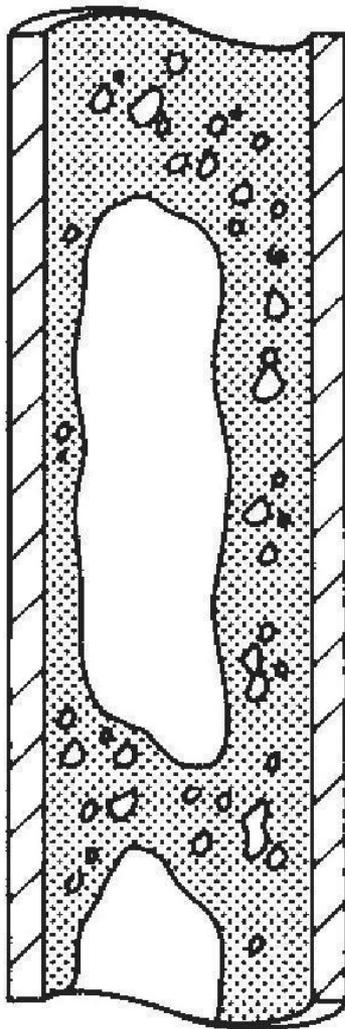
б)



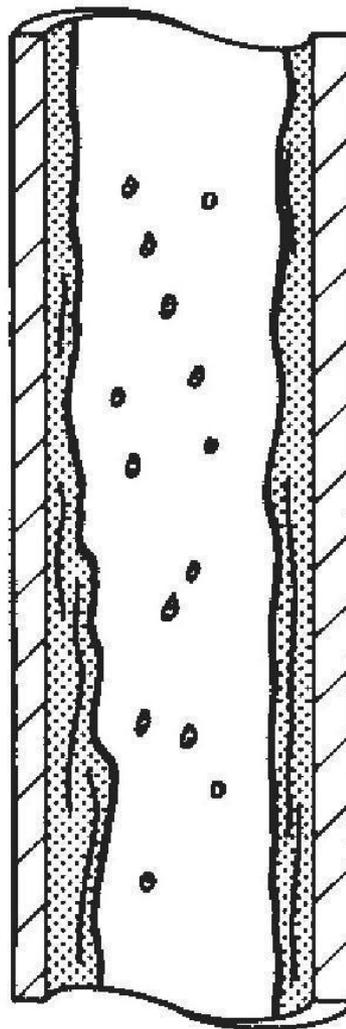
в)



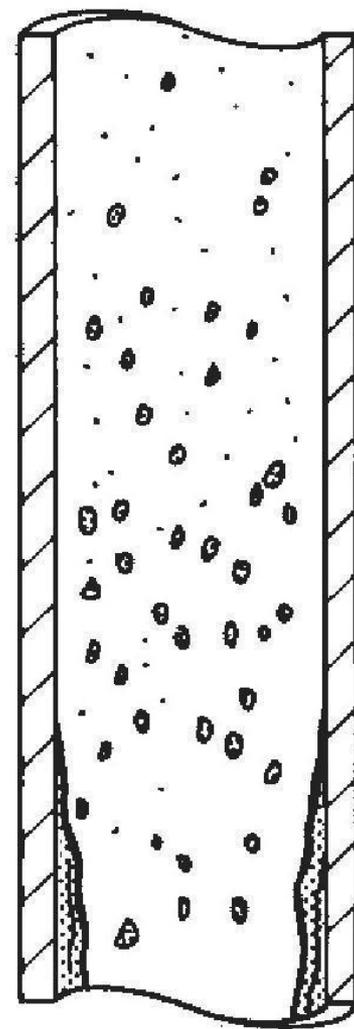
Пузырьковый



Снарядный



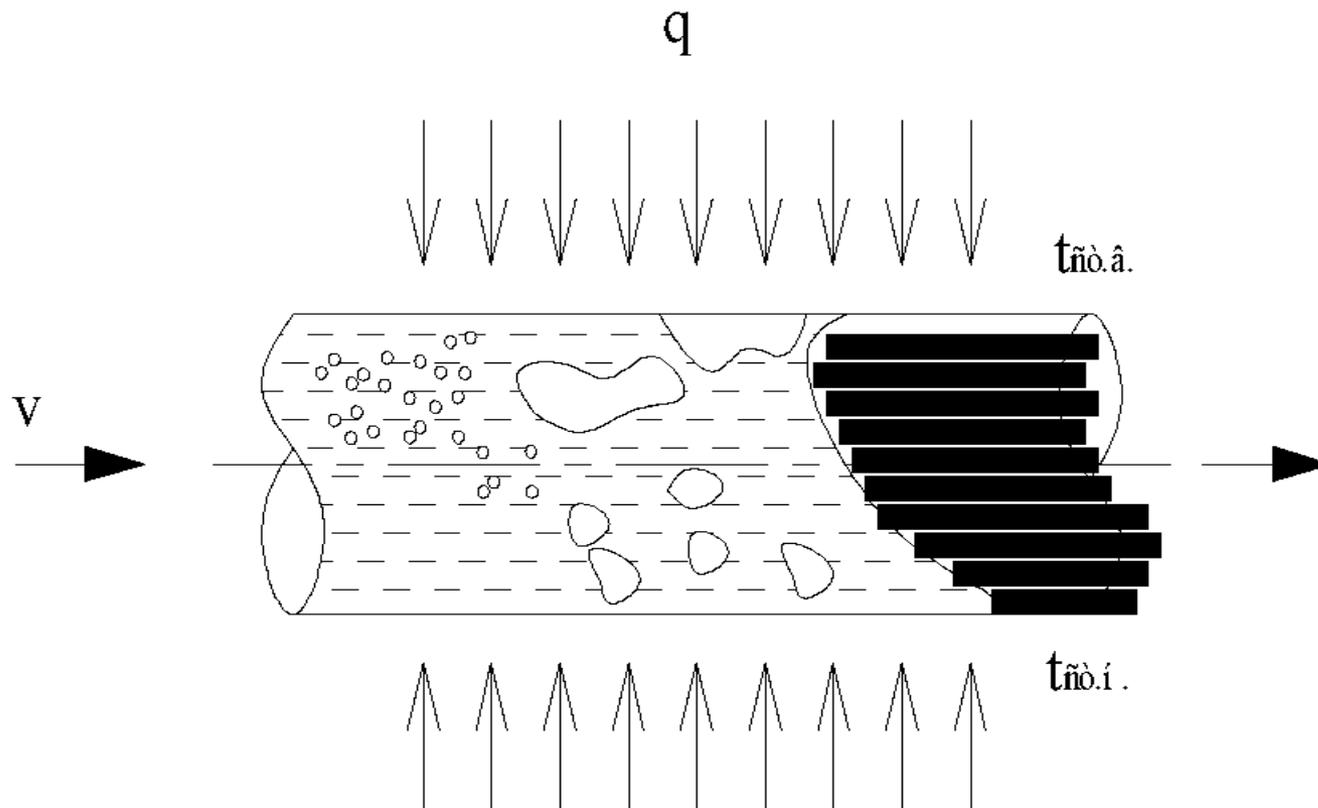
Стержневой  
или  
дисперсно-кольцевой



Эмульсионный  
или дисперсный



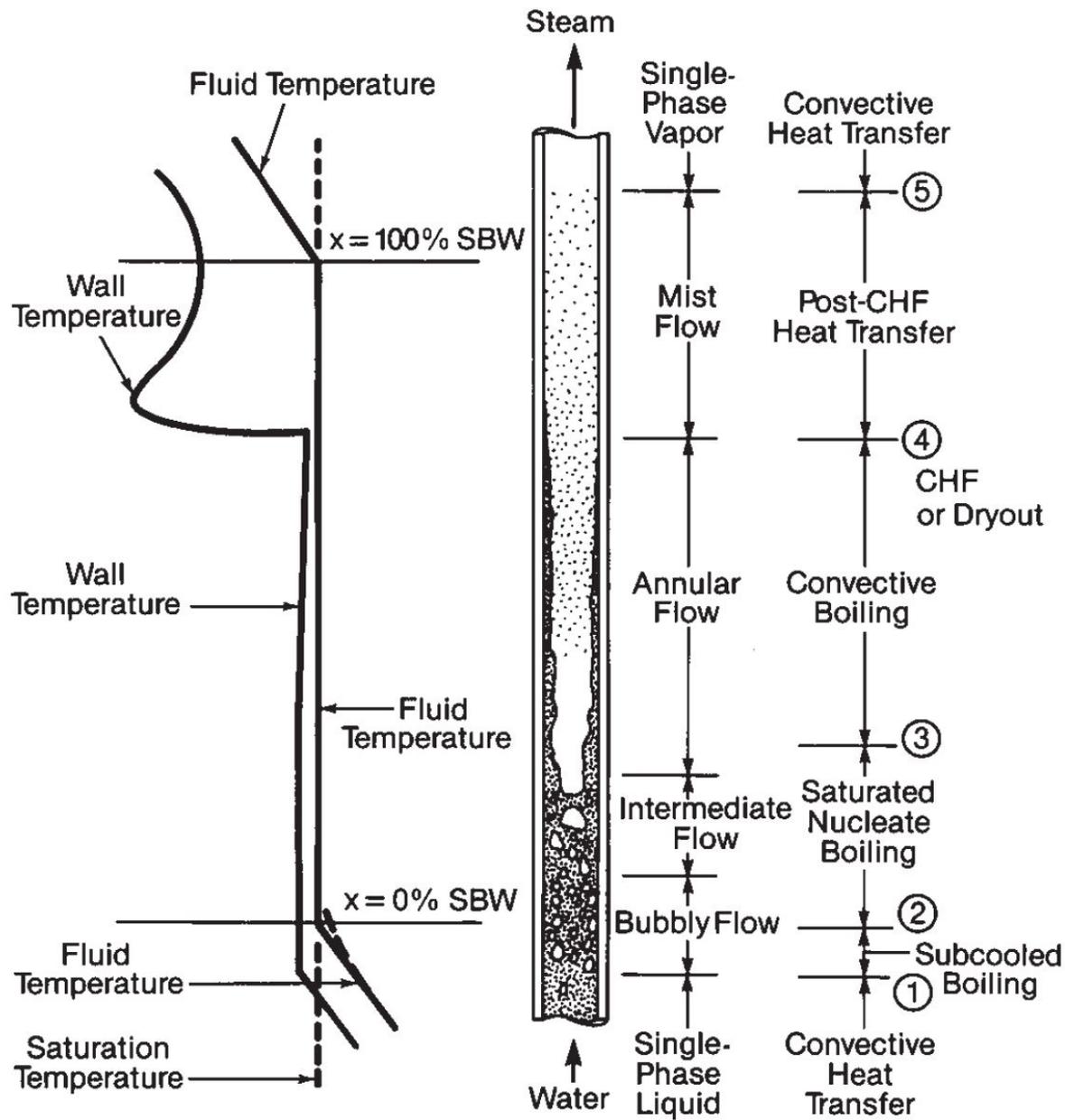
Режимы течения потока пароводяной смеси



Режим течения пароводяной меси в горизонтальной трубе

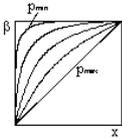
- Кризис теплообмена – резкое уменьшение теплоотдачи при движении двухфазного потока в обогреваемых трубах за счёт нарушения контакта между стенкой и жидкой фазой.

- Кризис теплообмена I рода обусловлен вытеснением пристенного жидкого слоя в ядро потока образующимися пузырьками пара;
- Кризис теплообмена II рода обусловлен высыханием пристенного жидкостного слоя при дисперсно-кольцевом режиме течения.



Структура потока двухфазной смеси в прямоточном испарителе

## Характеристики двухфазной смеси

Характеристика		Примечание	Формула
Массовая скорость	$w_m, w_f, \rho w$ $\left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right]$	расход массы через единицу площади за единицу времени	$\rho w = \frac{G_y}{3.6 f}$
			$G_y = G + D$ <p><math>G</math> - расход воды <math>D</math> - расход пара</p>
			$\rho w = \text{const}$ <p>уравнение неразрывности для безисточниковых систем</p>
Массовое расходное паросодержание	$x$	отношение массы паровой фазы к общему расходу среды	$x = \frac{D}{D+G} = \frac{D}{G_y}$
Массовое расходное водосодержание	$(1-x)$		$1-x = \frac{G}{D+G} = \frac{G}{G_y}$
Объемное расходное паросодержание	$\beta$		$\beta = \frac{D / \rho''}{D / \rho'' + G / \rho'}$
			$\beta = f\left(x, \frac{\rho''}{\rho'}\right)$
Скорость циркуляции	$w_0, \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$	линейная скорость среды, при условии, что ее плотность $\rho'$	$w_0 = \frac{G_y}{f \rho'} = \frac{\rho w}{\rho'}$
Приведенная скорость пара	$w_0'', \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$		$w_0'' = \frac{D}{f \rho''} = \frac{\rho w \cdot x}{\rho''}$
Приведенная скорость воды	$w_0', \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$		$w_0' = \frac{G}{f \rho'} = \frac{\rho w \cdot (1-x)}{\rho'}$
Скорость пароводяной смеси	$w_{см}, \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$		$w_{см} = w_0' + w_0''$
			$w_{см} = f(w_0)$
Расходный удельный объем смеси	$v_{см}, \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right]$		$v_{см} = v'' \cdot x + v' \cdot (1-x)$
Расходная удельная плотность смеси	$\rho_{см}, \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$		$\rho_{см} = \frac{1}{v_{см}}$
			$\rho_{см} = \rho'' \cdot \beta + \rho' \cdot (1-\beta)$
Расходная энтальпия смеси	$i_{см}, \left[ \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right]$		$i_{см} = i'' \cdot x + i' \cdot (1-x)$

### Характеристики двухфазной смеси

Характеристика		Примечание	Формула
Массовая скорость	$w_m, w_f, \rho w$ $\left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right]$	расход массы через единицу площади за единицу времени	$\rho w = \frac{G_y}{3.6 f}$
			$G_y = G + D$ <p><math>G</math> - расход воды <math>D</math> - расход пара</p>
			$\rho w = const$ <p>уравнение неразрывности для безисточниковых систем</p>
Массовое расходное паросодержание	$x$	отношение массы паровой фазы к общему расходу среды	$x = \frac{D}{D+G} = \frac{D}{G_y}$
Массовое расходное водосодержание	$(1-x)$		$1-x = \frac{G}{D+G} = \frac{G}{G_y}$
Объемное расходное паросодержание	$\beta$		$\beta = \frac{D / \rho''}{D / \rho'' + G / \rho'}$
			$\beta = f\left(x, \frac{\rho''}{\rho'}\right)$
Скорость циркуляции	$w_0, \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$	линейная скорость среды, при условии, что ее плотность $\rho'$	$w_0 = \frac{G_y}{f \rho'} = \frac{\rho w}{\rho'}$
Приведенная скорость пара	$w_0'', \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$		$w_0'' = \frac{D}{f \rho''} = \frac{\rho w \cdot x}{\rho''}$
Приведенная скорость воды	$w_0', \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$		$w_0' = \frac{G}{f \rho'} = \frac{\rho w \cdot (1-x)}{\rho'}$
Скорость пароводяной смеси	$w_{см}, \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$		$w_{см} = w_0' + w_0''$
			$w_{см} = f(w_0)$
Расходный удельный объем смеси	$v_{см}, \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right]$		$v_{см} = v'' \cdot x + v' \cdot (1-x)$
Расходная удельная плотность смеси	$\rho_{см}, \left[ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$		$\rho_{см} = \frac{1}{v_{см}}$
			$\rho_{см} = \rho'' \cdot \beta + \rho' \cdot (1-\beta)$
Расходная энтальпия смеси	$i_{см}, \left[ \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right]$		$i_{см} = i'' \cdot x + i' \cdot (1-x)$

$$\varphi = \frac{f''}{f} = \frac{\text{проходное сечение для пара}}{\text{общее проходное сечение}} = c \cdot \beta$$

истинное объемное паросодержание;

c - поправочный коэффициент