



Принимается, что потери пренебрежимо малы и система находится в установившемся состоянии, т.е. вся подводимая мощность поглощается содержимым внутренней колбы  $P \cdot \Delta t = \Delta Q1 = \Delta Q2 = \Delta Q3 = \Delta Q4$ .

- 1)  $\Delta Q = P \cdot \Delta t$  Количество теплоты переданное нагревателем мощностью  $P$  (в Ваттах) воде (пару), за единицу времени  $\Delta t$ .
- 2)  $\Delta Q = \Delta m \cdot L$  Количество теплоты отданное рубашке (внешней поверхности внутренней колбы) при конденсации пара, за единицу времени, где  $L$  – удельная теплота парообразования/конденсации (здесь и далее указано для воды, при  $t=110^\circ\text{C}$ ),  $L = 2,2$  МДж/кг $\cdot^\circ\text{C}$ .
- 3)  $\Delta m = \rho \cdot \Delta V = \rho \cdot \pi \cdot D \cdot h \cdot \Delta t \cdot (v/2)$  масса сконденсированной на рубашке воды, за единицу времени, где:  
 $\rho$  - плотность = 951 кг/м<sup>3</sup>.  
 $\pi$  = 3,14.  
 $D$  – внешний диаметр внутренней колбы, в метрах.  
 $h$  – толщина водяной пленки на поверхности рубашки, в метрах.  
 $v$  – скорость движения жидкости на поверхности пленки, м/сек.

Приравняем 1) и 2), с учетом 3) и, преобразуя к  $v$ , получим:

$$4) v = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot \rho \cdot L \cdot h}$$

- 5)  $F = \frac{\alpha \cdot v \cdot S}{h}$  Сила трения, обусловленная вязкостью жидкости, где  
 $\alpha$  - Динамическая вязкость жидкости =  $2,82 \cdot 10^{-2}$  Па $\cdot$ сек.  
 $v$  – скорость движения жидкости на поверхности, м/сек.  
 $S$  – площадь соприкосновения

- 6)  $F = \frac{\alpha \cdot v \cdot S}{h} = m \cdot g = \rho \cdot g \cdot S \cdot h$  По второму закону Ньютона, сила тяжести, действующая на массу воды в пленке уравновешивается силой трения 5), преобразуя получим:

$$7) v = \frac{\rho \cdot g \cdot h^2}{\alpha}, \text{ где}$$

$g$  – ускорение свободного падения =  $9,8 \text{ м/сек}^2$ .

Приравнявая 4) и 7) и преобразуя к  $h$  получаем:

8)  $h = \sqrt[3]{\frac{2 * P * \alpha}{\pi * D * \rho^2 * g * L}}$  Толщина пленки воды на поверхности рубашки.

Зная подводимую мощность и геометрию ПВК можно посчитать «потери» температуры на водяной пленке и внутренней стенке:

9)  $P = \frac{\lambda * S * \Delta T}{h}$ , где

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности =  $0,685$  - для воды, и  $17,5 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$  - для нержавеющей стали.

$S = \pi * D * \left(\frac{D}{4} + H\right)$  – площадь теплопередачи.

$h$  – толщина материала (пленки), в метрах.

$H$  – высота внутренней колбы. Преобразуя к  $\Delta T$  получим:

10)  $\Delta T = \frac{P * h}{\pi * D * \left(\frac{D}{4} + H\right) * \lambda}$

Справочные данные, в основном, взяты с [thermalinfo.ru](http://thermalinfo.ru) и [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)