

УДК 621.3

Гидравлический расчет технологического канала

Пташиц К.П.

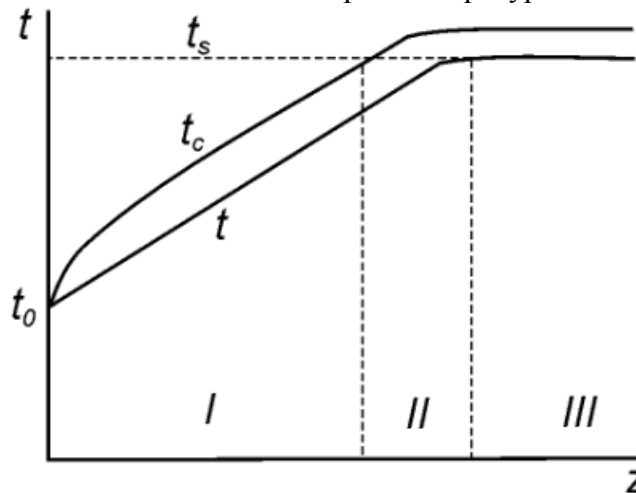
Научный руководитель – ст. препод. БУРОВ А.Л.

Методически целесообразно разделить канал на три участка (рисунок 1):

- 1) конвективный (или экономайзерный) участок  $h < h'; t_c < t_s$ ;
- 2) участок кипения недогретой жидкости (участок поверхностного кипения)  $h < h'; t_c > t_s$ ;
- 3) участок объемного кипения теплоносителя  $h > h'; t_c > t_s$ .

где  $h$  - энтальпия теплоносителя;

$h'$  - энтальпия кипящего теплоносителя при температуре насыщения  $t_s$ .



I - конвективный участок; II-участок кипения недогретой жидкости;

III -участок объёмного кипения;  $t_s$  - температура насыщения

Рисунок 1 – Распределение температур теплоносителя  $t$  и стенки  $t_c$  по длине канала  $z$ :

В отсутствии кипения (водо-водяные реакторы под давлением ВВЭР, PWR) весь канал является конвективным.

Для прокачки теплоносителя с необходимой скоростью через технологический канал реактора следует создать соответствующий перепад давления (напор), требуемый для компенсации его гидравлического сопротивления.

Для расчета гидравлического сопротивления обычно используется выражение:

$$\Delta p_{TK} = \sum_i \Delta p_{Ti} + \sum_j \Delta p_{Mj}, \tag{1}$$

где  $\Delta p_{Ti}$  - потери давления на трение на  $i$  участке канала;

$\Delta p_{Mj}$  - потери давления за счет местных сопротивлений (входные и выходные устройства, сужения, дистанционирующие решетки, изгибы и т. д.).

Сопротивление трения на  $i$  участке:

$$\Delta p_{Ti} = \frac{\xi_{Ti} \cdot \Delta z_i}{d_{эi}} \cdot \left( \frac{\rho_i \cdot w_i^2}{2} \right), \tag{2}$$

где  $\xi_{Ti}$  - коэффициент трения на  $i$  участке;

$\Delta z_i$  и  $d_{эi}$  - длина и эквивалентный диаметр  $i$  участка;

$\rho_i$  и  $w_i$  - плотность и скорость теплоносителя на  $i$  участке.

В случае стабилизированного турбулентного течения коэффициент трения для гладких круглых труб хорошо определяется соотношением:

$$\xi_{Ti} = \frac{1}{(1,82 \cdot \lg Re_i - 1,64)^2} \tag{3}$$

Для расчёта коэффициентов трения  $\xi_i$  в пучках ТВЭЛа можно использовать следующие формулы:

для треугольной решетки ТВЭЛа

$$\frac{\xi_i}{\xi_{Ti}} = 0,57 + 0,18(x - 1) + 0,53[1 - \exp(-a)], \quad (4)$$

где

$$a = \begin{cases} 0,58(1 - \exp[-70(x - 1)]) + 9,2(x - 1) & \text{при } x < 1,02 \\ 0,58 + 9,2(x - 1) & \text{при } x > 1,02 \end{cases} \quad (5)$$

для квадратной решетки ТВЭЛа

$$\frac{\xi_i}{\xi_{Ti}} = 0,59 + 0,19(x - 1) + 0,52[1 - \exp(-10(x - 1))], \quad (6)$$

где  $\xi_{Ti}$  - коэффициент трения для круглой трубы при том же значении Re по отношению (3),

$x = s/d$  - отношение расстояния между центрами соседних ТВЭЛов к диаметру ТВЭЛ.

Для расчёта местных сопротивлений используется выражение (2), в котором вместо коэффициента трения  $\xi_{Ti}$  используются коэффициенты местных сопротивлений. Для определения последних используются расчётные соотношения и графические зависимости, приводимые в справочной литературе.

Мощность, необходимая для прокачки теплоносителя через АЗ реактора, рассчитывается по формуле:

$$N_H = n_{TK} \cdot \frac{G \cdot \Delta P_{TK}}{\eta \cdot \bar{\rho}}, \quad (7)$$

где  $\bar{\rho}$  - среднее значение плотности теплоносителя;

$\eta$  - КПД насосов.

### Литература

1. Коротких А.Г. Теплогидравлические процессы в ядерном реакторе и расчет их основных параметров: учебное пособие / А.Г. Коротких, И.В. Шаманин. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. - 108 с.