

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ ДЛЯ ОДНОФАЗНОЙ И ДВУХФАЗНОЙ СРЕД

Основанием для выбора регулирующих клапанов (РК) и их конструирования в зависимости от рабочих условий служат данные гидравлического расчета. РК подогревателей высокого давления (ПВД) предназначены для регулирования уровня конденсата греющего пара в паровом пространстве корпуса ПВД путем открытия или закрытия клапана.

Особенностью РК является работа на вскипающем потоке, что приводит к интенсивному эрозионному износу корпуса клапана, а также сопровождается кавитацией, шумом, вибрацией, которые снижают долговечность и надежность арматуры. Для предотвращения этих отрицательных явлений впервые предложено для РК системы регенерации ступенчатое дросселирование непосредственно в конструкции клапана следующим образом: в первой ступени дросселируется переохлажденный конденсат – однофазная среда, а во второй – двухфазный поток. Следовательно, гидравлический расчет РК должен проводиться отдельно для каждой ступени.

Для однофазной среды в основе гидравлического расчета РК лежит уравнение расхода несжимаемой жидкости в зависимости от параметров потока [1]:

$$G = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta P \cdot \rho}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент расхода; F – площадь проходного сечения клапана; ΔP – перепад давлений; g – ускорение свободного падения; ρ – плотность среды.

Необходимым условием устойчивого поддержания уровня среды в теплообменном аппарате в статических и динамических режимах работы является линейная зависимость угла поворота золотника, φ , от расхода. Строится график функции изменения расхода, коэффициента расхода и перепада давлений на клапане от угла поворота, характерный вид которого представлен на рис. 1. При истечении однофазной среды для получения

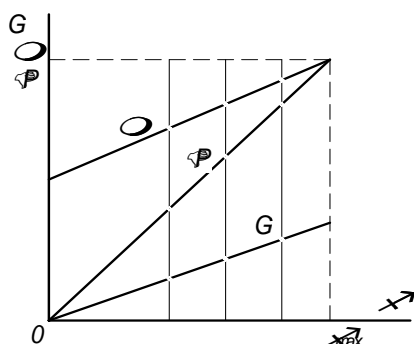


Рис. 1. Характерная кривая

линейной характеристики величина F клапана разбивается на n элементов в зависимости от угла поворота, для каждого участка с помощью графика определяем площадь и строим профиль проходного сечения РК.

Для двухфазной среды формула для вычисления расхода выглядит иначе [1]:

$$G = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \frac{k}{k-1} P_1 \cdot \rho_1 \cdot \left(\varepsilon^k - \varepsilon^{\frac{k+1}{k}} \right)}, \quad (2)$$

где k – показатель адиабаты; ε – отношение давлений. Особенностью расчета расхода двухфазной среды является вычисление показателя адиабаты. На сегодняшний день

существуют следующие уравнения для определения k двухфазной смеси:

$$k = 1,035 + 0,1 \cdot x \quad [1]; \quad (3)$$

$$k = \frac{1}{\eta_c^2} \cdot \frac{P \cdot v}{T \cdot c_v}, \quad \text{где } \eta_c = p(v'' - v')/r \quad [2]; \quad (4)$$

$$k = \frac{1}{1 - v'/v} \left[1 - \frac{T}{f \cdot T_{кр}} \left(2 - \frac{c' \cdot T}{x \cdot r} \right) + \frac{T^2}{f^2 \cdot T_{кр}} \frac{df}{dT} - \frac{T^2}{x(v - v') \cdot f \cdot T_{кр}} \frac{dv'}{dT} \right]^{-1}, \quad (5)$$

где $f = [T^2 / (T_{кр} p)] (dp / dT)$, $v = xv'' + (1 - x)v'$ [3];

$$k(t, x) = - \frac{v' (1-x) + v'' x}{p[(dv/dp)_s'^{\partial\phi} (1-x) + (dv/dp)_s''^{\partial\phi}]}, \quad (6)$$

где $(dv/dp)_s'^{\partial\phi} = -(c_v'^{\partial\phi}/T)(dT/dp)$, $(dv/dp)_s''^{\partial\phi} = -(c_v''^{\partial\phi}/T)(dT/dp)^2$ [4];

$$\frac{k_z \cdot (k+1) - 2k}{k_z - 1} = k \cdot \beta \left[1 + \left(\frac{1}{\beta} - 1 \right)^2 \right] - 2 \left(3 \frac{1}{\beta} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_{кр}} - 1 \right) [5]. \quad (7)$$

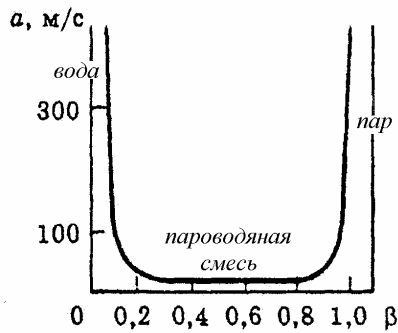


Рис. 2. График скорости двухфазного потока

К настоящему моменту отсутствуют экспериментальные данные о достоверности уравнений (3) – (7) при параметрах, на которых работают РК системы регенерации. В связи с этим нами предложена методика, использующая все уравнения для вычисления показателя адиабаты двухфазного потока, и из полученных значений выбирается наихудшее для данных условий эксплуатации, по которому и ведется дальнейший расчет.

Скорость двухфазного потока в клапане может достигать локальной скорости звука, которая зависит от объемного соотношения фаз в смеси, β , и составляет 10-20 м/с (рис. 2) [2], при этом наступает критическое истечение.

Из термодинамики известно, что при критическом истечении невозможно регулировать расход [1]. Поэтому в заключение расчета обязательно проводится проверка второй ступени РК на отсутствие критического истечения. Если же оно присутствует, то необходимо выполнить перераспределение давления на ступенях клапана.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Благоев Э.Е., Ивницкий Б.Я. Дроссельно-регулирующая арматура в энергетике. М., Энергия, 1974.
2. Белоконов Н.И. Термодинамика. М.-Л., Госэнергоиздат. 1954.
3. Новиков И.И. Докл. АН СССР. Новая сер., 1948, т. 59, №8, с. 1425.
4. Сычев В.В. Теплоэнергетика, 1961, №3, с. 67.
- Фисенко В.В. Критические двухфазные потоки. М., Атомиздат. 1978.