

XIV Международная научно-практическая конференция студентов аспирантов и молодых учёных
«Молодёжь и современные информационные технологии»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА С ВОДЯНОЙ РУБАШКОЙ

Бутузов Д.В.

Научный руководитель: Тутов И.А.
Томский политехнический университет
e-mail: qwaswedo@gmail.com

Введение

В настоящее время многие процессы, протекающие в реальных объектах, невозможно непосредственно исследовать, или же вовсе это исследование требует много времени и средств. В этом случае на помощь приходит модель, выступающая как своеобразный инструмент познания, с помощью которого исследователь изучает интересующий его объект.

В этой статье говорится о методе получения математической модели испытательной установки химического реактора с целью дальнейшего синтеза каскадного регулятора.

Описание системы

Для получения математической модели объекта [1] рассмотрим еще раз условную конструкцию химического реактора (рис. 1).

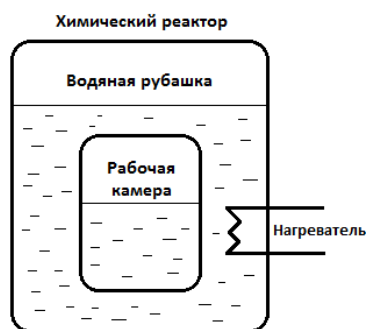


Рис. 1. Конструкция химического реактора

Химический реактор состоит из рабочей камеры и водяной рубашки, заполненных водой и обладающих тонкими стенками (далее в модели пренебрегается их влиянием), через которые происходит обмен энергией.

Вследствие чего принимается, что в системе имеется всего два накопителя энергии: вода в рабочей камере реактора и вода в водяной рубашке. Следовательно, в силу конструкции химического реактора обмен энергией происходит согласно уравнению (1), представляющему из себя закон сохранения энергии:

$$Q_n = Q_p - Q_{cp} - Q_{p.k.}, \quad (1)$$

где:

Q_n - количество теплоты, переданное нагревателем;

Q_p - количество теплоты, переданное воде в рубашке;

Q_{cp} - количество теплоты, переданное окружающему среде;

$Q_{p.k.}$ - количество теплоты, переданное воде в рабочей камере химического реактора.

В свою очередь нагреватель представляет из себя 4 последовательных сборки из 6 соединенных параллельно резисторов номиналом 2 Вт 51 Ом. Питается нагреватель от сетевого напряжения 220 В, следовательно, рассеиваемая в среде мощность равна:

$$P = Q_n = \frac{U^2}{R_{\text{экв}}} = \frac{U^2}{R_6 \cdot 4} = \frac{U^2 \cdot 6}{R \cdot 4} = \frac{220^2 \cdot 6}{51 \cdot 4} = 1423,5 \text{ Вт}, \quad (2)$$

где R_6 - сопротивление одной сборки из 6 резисторов.

Далее используется формула для расчета количества теплоты, переданного телу при изменении его температуры на величину dT (3):

$$dQ = mcdT, \quad (3)$$

откуда:

$$Qdt = mcdT, \quad (4)$$

где:

Q - количество теплоты, переданное телу за единицу времени;

m - масса нагреваемого тела;

c - удельная теплоемкость нагреваемого тела;

dT - температура, на которую нагрелось тело;

dt - время, за которое тело получало энергию.

Из формулы (4) получим, что вода в рубашке нагревается на величину dT равную:

$$dT = (Q_p dt) / (m_p c), \quad (5)$$

где:

Q_p - количество теплоты, получаемое водой в рубашке от нагревателя в единицу времени;

m_p - масса воды в рубашке;

c - удельная теплоемкость воды, равная 4200 кДж/(кг·°C).

Получая энергию от нагревателя, вода в рубашке нагревается, и ее температура растет, следовательно, ее мгновенную температуру можно рассчитать по формуле (6):

$$T_p(t) = T_{p0} + \frac{1}{m_p c} \cdot \int_0^t Q_p dt, \quad (6)$$

где:

T_{p0} - начальная температура воды в рубашке.

Далее используется закон Ньютона-Рихмана (7) и (8) [2] для расчета количества теплоты, переданного окружающему воздуху и воде в рабочей камере реактора через стенки на границе раздела сред:

$$Q_{cp} = k_1(T_p - T_{cp}), \quad (7)$$

