



И.А. Прошин, Е.А. Данишкина

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ БАРАБАННОГО ПАРОВОГО КОТЛА

(ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия»)

Исследование систем управления в условиях интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий [1] предусматривает анализ объекта исследования на основе системного, энергетического и кибернетического подходов. Целью данной статьи является анализ парового барабанного котла как объекта управления и его моделирование. Испарительная часть парового котла и эквивалентная структурная схема декомпозиции объекта по средам приведены на рис. 1.

На основе представленной структурной схемы и [2] составлена система уравнений материального баланса испарительной части барабанного котла в точечном приближении.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d(V_1 \rho')}{dt} &= D_B - D_1 \\ \frac{d(V_2 \rho'')}{dt} &= D_1 - D_2 \\ \frac{d(V_3 \rho''')}{dt} &= D_2 - D_{II} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Для нахождения динамики по уровню запишем дополнительное уравнение, связывающее приращения уровня ΔL и объемов воды ΔV_1 и пара ΔV_2 под зеркалом испарения [2]:

$$F \Delta L = \Delta V_1 + \Delta V_2 \quad (2)$$

Здесь F – площадь зеркала испарения.

Уравнения материального баланса (1) в приращениях:

$$\left. \begin{aligned} \rho' \frac{d\Delta V_1}{dt} &= \Delta D_B - \Delta D_1 \\ \rho'' \frac{d\Delta V_2}{dt} &= \Delta D_1 - \Delta D_2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Преобразуем систему (3) по Лапласу:

$$\left. \begin{aligned} \rho' s V_1 s &= D_B s - D_1 s \\ T_H s + 1 V_2 s &= \frac{T_H}{\rho''} D_1 s \end{aligned} \right\} \text{или} \left. \begin{aligned} V_1 s &= \frac{1}{\rho' s} D_B s - \frac{1}{\rho' s} D_1 s \\ V_2 s &= \frac{T_H}{\rho''} \frac{1}{T_H s + 1} D_1 s \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Подставляя изображения объемов (4) в уравнение для уровня (2), получим изображение уровня жидкости в барабане котла (выходная координата) в функции изображений расходов воды $D_B s$ (входное воздействие) и генериро-



ванного пара $D_1 s$ (возмущающее воздействие). Пренебрегая $1/\rho'$ по сравнению с $1/\rho''$, тогда получим, что $D_1 \approx D_{II}$, и уравнение для уровня по каналам расходов примет вид:

$$L s = \frac{1}{F\rho' s} \frac{1}{D_B s} D_B s - \left[\frac{1}{F\rho' s} \frac{1}{D_{II} s} - \frac{T_H / F\rho''}{T_H s + 1} \right] \cdot D_{II} s \quad (5)$$

$$W_B s = \frac{L s}{D_B s} = \frac{1}{F\rho' s} \quad W_{II} s = \frac{L s}{D_{II} s} = -\frac{1}{F\rho' s} + \frac{T_H / F\rho''}{T_H s + 1} \quad (6)$$

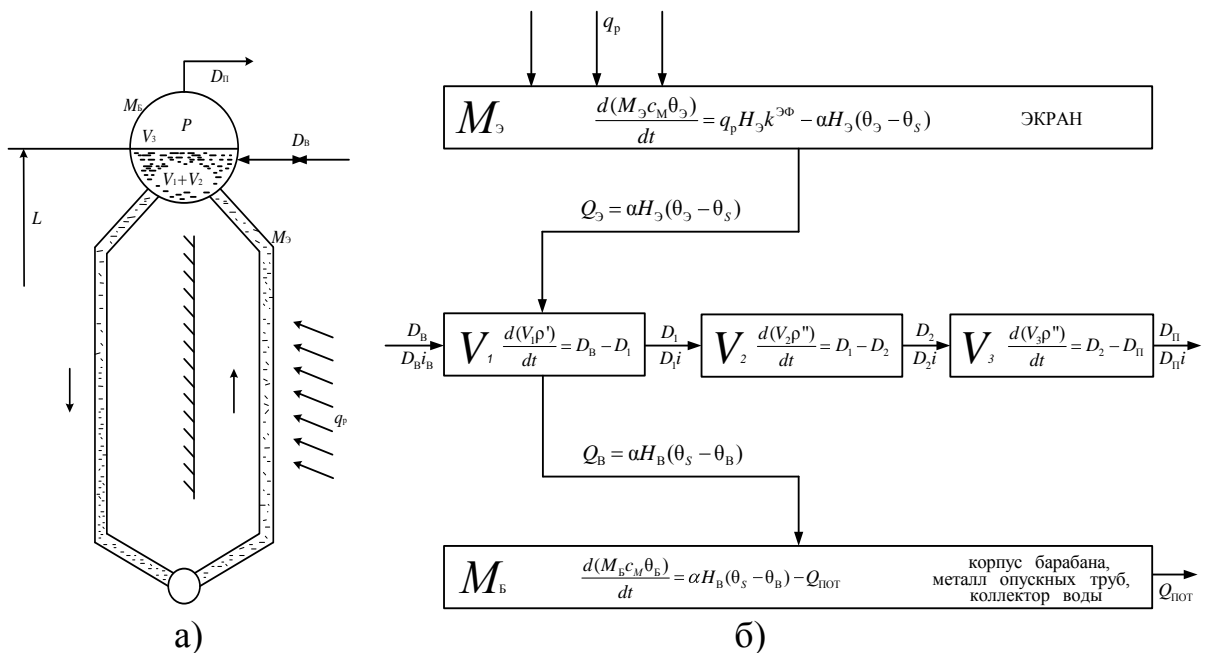


Рис. 1. Испарительная часть барабанного котла (а), эквивалентная структура декомпозиции по средам (б)

Анализ уравнения (5) и передаточных функций каналов (б) показывает, что по отношению к материальному небалансу уровень ведет себя как объект без самовыравнивания. Структурные схемы испарительной части барабанного котла как объекта управления приведены на рис. 2.

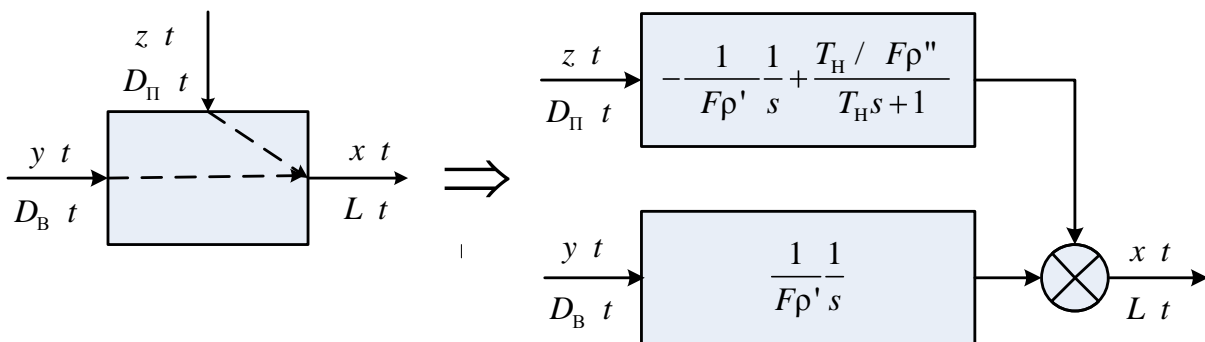


Рис. 2. Структурная схема испарительной части барабанного котла как объекта управления по уровню



Математическая модель испарительной части парового котла в форме пространства состояний примет вид [3, 4]:

$$\begin{bmatrix} v_1^{(t)} \\ v_2^{(t)} \\ v_3^{(t)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_H} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -k_1 & 0 \\ k_2 & 0 \\ 0 & k_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z \\ y \end{bmatrix};$$

$$x = [1 \quad 1 \quad 1] \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}.$$

$$k_1 = \frac{1}{F\rho'}; k_2 = \frac{1}{F\rho''}; T_H = \left(\frac{V_2\rho''}{D_2} \right)_0.$$

Моделирование испарительной части котла в среде Mathcad отражает рис. 3.

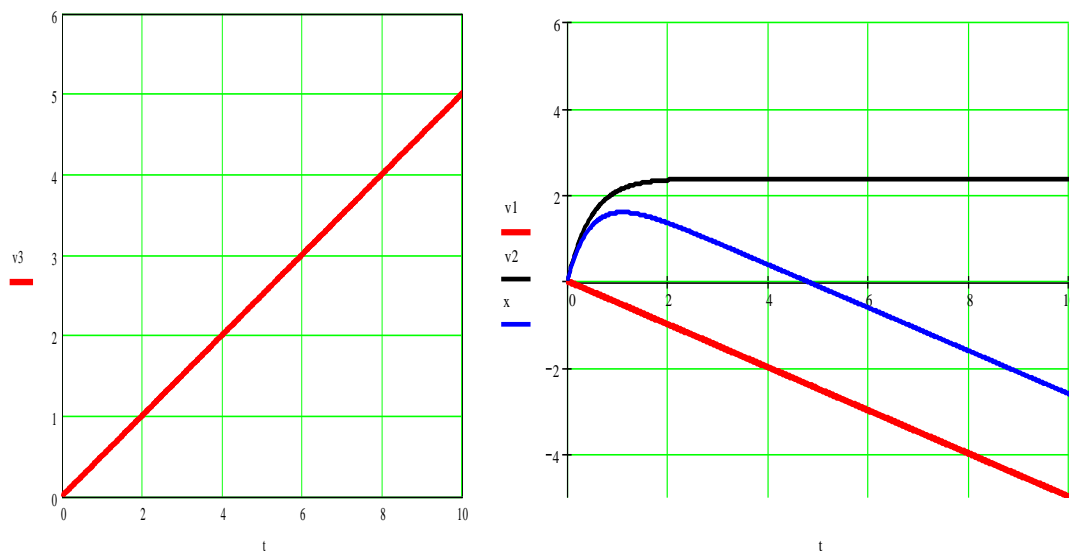


Рис. 3. Графики переходных характеристик по уровню

Выпуклая форма кривой изменения уровня при возмущении (рис. 3) характеризует процесс набухания (вспучивания) уровня, т.е. уровень воды в барабане возрастает в результате резкого уменьшения давления пара.

Литература

1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Концепция построения интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий // Известия Самарского научного центра РАН, 2009. – №5 (2). – с. 527 – 530
2. Пикина Г.А. Математические модели технологических объектов / Под ред. Э.К. Аракеяна. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 175 с.
3. Прошина Р.Д. Математическое моделирование технических систем в нормальной форме пространства состояний // Известия Самарского научного центра РАН, 2011. – №1 (3). – с. 613 – 616
4. Прошина Р.Д. Математическое моделирование систем управления в нормальной форме пространства состояний // Научно-технический вестник Поволжья, 2011. – № 4. – с. 197 – 202