

Выбор способа регулирования температуры зависит от конкретных условий сушки и работы предыдущих ей производственных отделений. Кроме управления температурой слоя, для нормальной работы аппарата КС необходимо также поддерживать на определенном заданном уровне сопротивление слоя, от которого зависит аэродинамический режим сушки. Сопротивление слоя может быть измерено по разности давлений среды до и после него. При этом стабилизация сопротивления слоя может быть достигнута путем изменения количества выгружаемого из слоя сухого материала при помощи изменения производительности разгрузочного устройства. Для нормальной работы аппарата КС также необходимо обеспечить определенную скорость газа в слое, т.е. подачу определенного количества воздуха в систему путем стабилизации величины разряжения в верхней части аппарата КС.

Проведенный анализ динамических свойств установки КС показал, что по каналам связи «загрузка – температура в слое», «влажность материала – температура в слое» установка КС может быть описана апериодическими звеньями 1-го порядка. Эти динамические характеристики могут быть использованы для синтеза системы управления процессом сушки, инвариантной к указанным возмущениям.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кузьміцкі, І.Ф. Аўтаматызацыя хімічна-тэхналагічных працэсаў і вытворчасцяў. І.Ф. Кузьміцкі, В.П. Кобрынец. – Мн.: БДТУ, 2004. – 232 с.

2 Головкин, Б.Ю. Системы и средства автоматизации обогатительных фабрик. Б.Ю. Головкин, Л.А. Рейбман, Г.Т. Колмаков. – М.: Наука, 1990. – 232 с.

УДК 652.52

В.П. Кобринец, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

Д.С. Карпович, канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

О.Г. Барашко, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ В БАРАБАННЫХ СУШИЛКАХ В УСЛОВИЯХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛІЙ»

Основной задачей системы управления процессом сушки материала в барабанной сушилке является поддержание желаемого качества высушенного продукта, независимо от возмущения в процессе сушки и колебания подачи питания.

Для решения данной задачи необходима разработка математической модели данного процесса сушки с учетом химико-техно-логических процессов, происходящих в нем и конструктивных особенностей барабанной сушилки.

Процессы тепло- и массообмена (влагообмена) в барабанной сушилке зависят от ее конструктивных характеристик (размеров, числа и профиля лопаток и т. д.), а также от технологических параметров (числа оборотов барабана, угла наклона аппарата, расхода, температуры и влагосодержания воздуха и материала на входе в сушилку).

При определении динамических свойств данного аппарата естественно считать его конструктивные характеристики неизменными. Таким образом, в качестве возмущающих воздействий (входных величин) принимаем изменения расхода, температуры и влагосодержания материала и воздуха на входе в сушилку.

При составлении математической модели барабанной сушилки сделаем следующие допущения: [1]

1. Теплоемкости материала, влаги (воды) и барабана и коэффициенты теплоотдачи от воздуха к материалу и барабану постоянны по длине и в поперечном сечении сушилки, а также во времени

2. Температура и влагосодержание материала распределены по длине аппарата и сосредоточены в его поперечном сечении (одномерная задача), так как при вращении барабана материал хорошо смешивается.

3. Поперечное сечение слоя материала, находящегося на лопастях барабана, значительно меньше его длины, а скорость воздуха намного больше скорости перемещения материала вдоль сушилки. Температура и влагосодержание воздуха одинаковы по длине и в поперечном сечении слоя материала и равны температуре и влагосодержанию на выходе

4. Передачей тепла материалу при соприкосновении его с лопастями барабана пренебрегаем

5. Температура барабана в статике равна температуре воздуха на выходе из сушилки

6. Передачей тепла от воздуха к материалу путем лучеиспускания пренебрегаем

7. Движение материала по сечению аппарата происходит равномерно, без турбулентного смещения

При составлении уравнений сохранения энергии для воздуха и материала учитываем лишь тепло, затраченное на нагрев «сухого» материала, поскольку тепло, переданное воздухом материалу и затраченное на испарение влаги из него, возвращается обратно в воздух вместе с испаренной влагой.

На основании анализа процесса сушки как объекта управления можно определить воздействия, оказывающие влияние на данный объект:

- возмущающие воздействия: входное влагосодержание материала; расход материала; входное влагосодержание воздуха;
- регулирующие воздействия: расход теплоносителя; расход первичного воздуха; расход вторичного воздуха;
- регулируемая величина: выходное влагосодержание материала.

Для разработки математической модели процесса сушки с учетом распределенности параметров с учетом приведенных допущений составляем следующие дифференциальные уравнения:

Уравнение сохранения энергии для воздуха

$$LI_1 - LI_2 - \alpha_{f,г.м.} F_M \left(t_{2г} - \frac{t_{1м} - t_{2м}}{2} \right) - \alpha_{f,г.б.} F_6 (t_{2г} - t_6) = M_г \frac{dI_2}{d\tau} \quad (1)$$

Уравнение сохранения массы для влаги в воздухе

$$L(d_1 - d_2) + G(w_1 - w_2) = M_г \frac{dd_2}{d\tau} \quad (2)$$

Уравнение сохранения энергии для материала

$$c_m G \frac{\partial t_m}{\partial \bar{y}} + c_m t_m \frac{\partial G}{\partial \bar{y}} - \alpha_{f,г.м.} F_M (t_{2г} - t_m) + \frac{\partial}{\partial \tau} (c_m M_m t_m) = 0 \quad (3)$$

Уравнение сохранения массы для сухого материала

$$\frac{\partial G}{\partial \bar{y}} + \frac{\partial M_m}{\partial \tau} = 0 \quad (4)$$

Уравнение сохранения массы для влаги в материале

$$G \frac{\partial w}{\partial \bar{y}} + w \frac{\partial G}{\partial \bar{y}} + K F_M (w - w_{равн.}) + \frac{\partial}{\partial \tau} (M_m w) = 0 \quad (5)$$

Уравнение сохранения энергии для сушильного барабана

$$\alpha_{f,г.б.} F_6 (t_{2г} - t_6) = c_6 M_6 \frac{dt_6}{d\tau} \quad (6)$$

где L – расход теплоносителя (по абсолютно сухому веществу), I – энтальпия, α_f – поверхностный коэффициент теплообмена, F – площадь, t – температура, M – количество вещества, d – влагосодержание теплоносителя, G – расход материала (по абсолютно сухому веществу), c – истинная теплоемкость, K – коэффициент сушки.

На основании данных уравнений, которых получена система нелинейных уравнений в частных производных. Проведена линеаризация данной системы и получена математическая модель процесса сушки по основным динамическим каналам.

$$a_1 \frac{d\Delta t_{2\Gamma}}{d\tau} + a_2 \Delta t_{2\Gamma} + a_3 \frac{d\mu_{2d}}{d\tau} + a_4 \mu_{2d} =$$

$$= a_5 \Delta t_{1\Gamma} + a_6 \Delta t_{1\Gamma} + a_6 \mu_L + a_7 \Delta t_{1M} + a_7 \Delta t_{2M} +$$

$$+ a_8 \Delta t_6 + a_9 \mu_{1d} + a_{10} \mu_{F,M} \quad (7)$$

$$a_{11} \frac{d\mu_{2d}}{d\tau} + a_{12} \mu_{2d} =$$

$$= a_{13} \mu_{1d} + a_{14} \mu_{1w} + a_{15} \mu_L - a_{14} \mu_{2w} + a_{16} \mu_G \quad (8)$$

$$a_{17} \frac{\partial \Delta t_M}{\partial \bar{y}} + a_{18} \frac{\partial \Delta t_M}{\partial \tau} + a_{19} \Delta t_M =$$

$$= a_{19} \Delta t_{2\Gamma} + a_{20} \mu_{F,M} + a_{21} \frac{\partial \mu_{M,M}}{\partial \tau} + a_{22} \frac{\partial \mu_G}{\partial \bar{y}} \quad (9)$$

$$\frac{\partial \mu_G}{\partial \bar{y}} + a_{23} \frac{\partial \mu_G}{\partial \tau} = 0 \quad (10)$$

$$a_{24} \frac{\partial \mu_w}{\partial \tau} + a_{25} \frac{\partial \mu_w}{\partial \bar{y}} + a_{26} \mu_w + [a_{27} \exp(-a_0 \bar{y}) + a_{28}] \mu_{2d} +$$

$$+ [a_{29} \exp(-a_0 \bar{y}) + a_{30}] \Delta t_{2\Gamma} + [a_{31} \exp(-a_0 \bar{y}) + a_{32}] \frac{\partial \mu_G}{\partial \tau} +$$

$$+ a_{33} \exp(-a_0 \bar{y}) \mu_L + [a_{34} \exp(-a_0 \bar{y}) + a_{35}] \frac{\partial \mu_G}{\partial \bar{y}} + [a_{36} \exp(-a_0 \bar{y})$$

$$+ a_{39}] \mu_G = 0 \quad (11)$$

$$a_{38} \frac{d\Delta t_6}{d\tau} + a_{39} \Delta t_6 = a_{39} \Delta t_{2\Gamma} \quad (12)$$

Однозначность решения системы уравнений (7-12) зададим крайними условиями

При $y = 0$ $\mu_w = \mu_{1w}$ $\Delta t_M = \Delta t_{1M} \mu_G = \mu_{1G}$

При $\tau = 0$ $\Delta t_{2\Gamma} = \mu_{2d} = \Delta t_M = \mu_G = \mu_w = \Delta t_6 = 0$

Применяя к уравнениям (7-12) преобразование Лапласа $\varphi(p) = L|F(\tau)|$ и $\varphi(s) = L|F(\bar{y})|$ и одно обратное преобразование $F(y) = L^{-1}|\varphi(s)|$ можно получить передаточные функции по каналам, приведенным на структурной схеме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баумштейн И.П. Автоматизация процессов сушки в химической промышленности / И.П. Баумштейн, Ю.Н. Майзель – М.: Химия, 1970 – 232 с.

2. Кузьміцкі І.Ф. Мадэляванне аб'ектаў і сістэм аўтаматызацыі. І.Ф. Кузьміцкі, В.П. Кобрынец, Д.С. Карповіч, –Мн.:БДТУ, 2011, –251с.