

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ОДНИМ КЛАССОМ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.А. Погонин¹, А.Е. Ерышов², И.Я. Муромцева¹

*Кафедры: «Информационные процессы и управление» (1),
«Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» (2),
ГОУ ВПО «ТГТУ»*

Представлена членом редколлегии профессором В.Г. Матвейкиным

Ключевые слова и фразы: алгоритмическое обеспечение; информационно-управляющая система; многомерные объекты.

Аннотация: Рассмотрены вопросы разработки алгоритмического обеспечения информационно-управляющих систем многомерными объектами и анализа условий включаемости при изменении состояний функционирования на примере многокамерной сушильной установки.

Большинство технологических аппаратов относятся к классу многомерных объектов, которые характеризуются следующими особенностями.

1. Технологический аппарат представляет собой объект с распределенными параметрами.

2. Вектор управления $u = (u_1, \dots, u_m)$ содержит два типа компонентов – общего действия (на весь аппарат) и частные (локальные).

3. В качестве выходных переменных $y = (y_1, \dots, y_n)$, на основе которых вырабатываются управляющие воздействия, рассматриваются контролируемые величины в отдельных частях аппарата.

4. Основными показателями эффективности функционирования аппарата являются качество получаемого продукта, производительность и энергопотребление.

5. Управляющее устройство вырабатывает воздействия, которые должны учитывать возможные изменения ситуаций, обусловленные наличием временного лага между составляющими y и u .

В соответствии с классификацией систем на множестве состояний функционирования (МСФ) такие аппараты с управляющими устройствами относятся к четвертому классу [1]. Для эффективного функционирования таких систем важную роль играет выполнение условий включаемости [2]. Типичным примером систем четвертого класса на МСФ являются многокамерные вальце-ленточные сушилки (СВЛ). Рассмотрим алгоритмическое обеспечение информационно-управляющей системы режимами работы СВЛ.

Задача управления СВЛ формулируется следующим образом. Задаются следующие параметры:

– оптимальные (номинальные значения) выходных переменных \bar{y} и значения управлений общего характера \bar{u}_0 , а также ограничения на изменения y и u , то есть

$$y_i \in Y_i^{\text{доп}}, \quad i = 1, n; \quad u_j \in U_j^{\text{доп}}, \quad j = 1, m; \quad (1)$$

– множество возможных траекторий изменения ситуаций (состояний функционирования) при реализации управления, то есть

$$S = \{s_j(\cdot), j = \overline{1, N}\}; \quad (2)$$

– критерий оптимальности, характеризующий качество продукции K и эффективность работы объекта, вида

$$Q = C_K (\bar{K} - K(y))^2 + C_e (\bar{e} - e(u))^2 \rightarrow \min_u, \quad (3)$$

где $Y_i^{\text{доп}}, Y_j^{\text{доп}}$ – области допустимых изменений y_i и u_j соответственно; $s_j(\cdot)$ – j -я ситуация, определяемая значениями u по длине аппарата; \bar{K}, \bar{e} – оптимальные значения показателей качества продукции и эффективности соответственно; C_K, C_e – весовые коэффициенты, характеризующие потери в результате отклонений действительных значений $K(y)$ и $e(u)$ от номинальных.

Требуется по измеренным в текущий момент времени значениям y рассчитать управление \tilde{u} , обеспечивающее выполнение ограничений (1) и минимизирующее критерий (3), при этом алгоритм расчета \tilde{u} должен учитывать выполнение условий включаемости.

Для решения данной задачи предлагается использовать подход полного анализа оптимального управления на МСФ [3]. Основное положение данного подхода и его особенности для объектов с распределенными параметрами рассмотрим на примере СВЛ с пятью камерами.

В этом случае

$$y = (y_2, y_3, y_5), y_2^{\text{доп}} = [30; 40], y_3^{\text{доп}} = [8; 15], y_5^{\text{доп}} = [0; 1];$$

$$\bar{y}_2 = 35; \bar{y}_3 = 11; \bar{y}_5 = 0,5; \bar{u}_0 = 3,3; U_0^{\text{доп}} = [2,4; 4,2];$$

где y_i – влажность материала на выходе i -й камеры; \bar{u}_0 – скорость движения ленты.

В качестве элементов множества S рассматриваются отклонения значений y_i от \bar{y}_i , $i = 2, 3, 5$. Само множество S удобно задавать в форме морфологической таблицы. Будем полагать, что элемент $s_j(\cdot) \in S$ задается тремя компонентами, то есть $s_j(\cdot) = (s_{j2}, s_{j3}, s_{j5})$, и каждый компонент s_{ji} может принимать три значения

$$s_{ji} = \begin{cases} s_{ji}^M, & \text{если } y_i < (\bar{y}_i - \delta_i), \\ s_{ji}^{\text{CP}}, & \text{если } y_i \in [\bar{y}_i - \delta_i, \bar{y}_i + \delta_i], \\ s_{ji}^G, & \text{если } y_i > (\bar{y}_i + \delta_i), \quad i = 2, 3, 5, \end{cases} \quad (4)$$

где δ_i – задаваемое отклонение y_i от \bar{y}_i .

В этом случае S содержит $N = 27$ различных ситуаций.

Определение. Система считается включаемой относительно ситуации $s_j(\cdot) \in S$, если управляющее устройство (УУ) СВЛ при данной ситуации выраба-

тывает управление $u(s_j(\cdot))$, которое обеспечивает требуемое качество продукта, то есть $y_5 \in Y_5^{\text{доп}}$, в пределах времени прохождения материала по камерам 2–5. И система включается на МСФ, если условие включаемости выполняется $\forall s_j(\cdot) \in S$.

Для рассматриваемой технологической установки критерий (3) принимает вид

$$Q(t) = C_y (\bar{y}_5 - y_5(t))^2 + C_u (\bar{u}_0 - u_0(t))^2 \rightarrow \min_{u_0}, \quad (5)$$

где $y_5(t)$ определяет качество высушенного материала, а $u_0(t)$ – производительность и энергозатраты.

В предположении, что y_5 измеряется в дискретные моменты времени (шаг дискретизации Δt), процесс сушки инерционный и u_0 изменяется в незначительных пределах, в первом приближении можно записать

$$y_5(t + \Delta t) = \alpha y_5(t) + \beta u_0(t). \quad (6)$$

С учетом (5), (6) расчет $u_0(t)$ производится по формуле

$$u_0(t) = \begin{cases} \frac{C_u}{\beta^2 C_y + C_u} \bar{u}_0 + \frac{\beta C_y}{\beta^2 C_y + C_u} (\bar{y}_5 - \alpha y_5(t)) = \tilde{u}_0, \tilde{u}_0 \in [u_0^H; u_0^B], \\ u_0^H, \tilde{u}_0 < u_0^H; \\ u_0^B, \tilde{u}_0 > u_0^B. \end{cases} \quad (7)$$

где u_0^H, u_0^B – границы $U_0^{\text{доп}}$.

Утверждение. Если система с алгоритмом (7) расчета $u_0(t)$ удовлетворяет условию включаемости в ситуациях $(s_2^{\bar{0}}, s_3^{\bar{0}}, s_5^M)$, $(s_2^{\bar{0}}, s_3^{\bar{0}}, s_5^{\text{сп}})$ и $(s_2^{\bar{0}}, s_3^{\bar{0}}, s_5^{\bar{0}})$, то система включается на множестве S .

Доказательство утверждения основано на анализе включаемости для наиболее критических режимов, когда влажность материала во второй и третьей камерах высокая. При доказательстве используется модель, позволяющая прогнозировать значения y_5 в зависимости от y_2, y_3, u_2, u_3, u_0 с учетом временного лага.

Если условия включаемости не выполняются, то для решения проблемы возможны следующие способы: усложнение алгоритма (7) за счет включения в критерий (5) составляющих $C_2(\bar{y}_2 - y_2(t))^2$ и $C_3(\bar{y}_3 - y_3(t))^2$; изменение шага дискретизации; подбор соответствующих весовых коэффициентов C_y, C_u и др.

Рассмотренный подход анализа включаемости многомерных систем позволяет обеспечить требуемое качество продукции и энергетическую эффективность при возможных изменениях ситуаций в процессе реальной эксплуатации технологических установок.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №07–08–12218.

Список литературы

1. Муромцев, Ю.Л. Моделирование и оптимизация технических систем при изменении состояний функционирования / Ю.Л. Муромцев, Л.Н. Ляпин, О.В. Попова. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1992. – 164 с.
2. Муромцев, Ю.Л. Включаемость сложных систем / Ю.Л. Муромцев, Л.Н. Ляпин // Сб. тр. Воронеж. гос. ун-та. – М., 1988. – Вып. 14. – С. 67–71.
3. Муромцев, Д.Ю. Методы и алгоритмы синтеза энергосберегающего управления технологическими объектами : монография / Д.Ю. Муромцев. – Тамбов ; М. ; СПб. ; Баку ; Вена : Нобелистика, 2005. – 202 с.

Information Control System of One Class of Multi-Dimensional Objects

V.A. Pogonin, A.E. Eryshov, I.Ya. Muromtseva

Key words and phrases: algorithmic support; information control system; multi-dimensional objects.

Abstract: The paper studies the questions of designing algorithmic support for information control systems of multi-dimensional objects as well as the analysis of conditions of inclusion while changing the state of functioning on the example of multi-chamber drying unit.

Informationssteuerndes System von einer Klasse der multidimensionalen Objekte

Zusammenfassung: Es sind die Fragen der Erarbeitung der Algorithmenversorgung der informationssteuernden Systeme von den multidimensionalen Objekten und der Analyse der Bedingungen der Einrückbarkeit bei der Veränderung der Zustände des Funktionierens auf dem Beispiel der Mehrkammertrockenanlage untersucht.

Système d'information et de commande d'une classe des objets multidimensionnels

Résumé: Sont examinés les problèmes de l'élaboration de la saturation algorithmique des systèmes d'information et de commande d'une classe des objets multidimensionnels lors du changement des états du fonctionnement à l'exemple d'une installation de séchage à plusieurs chambres.