

Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

Yu. A. Osipova, Система модального управления
тепловым объектом,
Matem. Mod. Kraev. Zadachi, 2004, Part 2, 204–206

<https://www.mathnet.ru/eng/mm kz147>

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that you
have read and agreed to these terms of use
<https://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 18.97.9.171

August 4, 2025, 00:04:34



точных операций получим окончательное выражение для искомой температуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лыков А.В.* Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 599 с.

УДК 681.5

Ю.А. Осипова

СИСТЕМА МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ ОБЪЕКТОМ

Практически любой реальный объект управления представляет собой объект с распределенными параметрами (ОРП), и лишь в частных (хотя и часто встречающихся на практике) случаях его можно с некоторыми малостеснительными допущениями и погрешностями отнести к типу объектов с сосредоточенными параметрами (ОСП).

В качестве типового ОРП был рассмотрен процесс нагрева массивного тела, описываемый одномерным уравнением теплопроводности для температурного поля $Q(x,t)$ при граничных условиях третьего рода, согласно следующей краевой задаче:

$$\frac{\partial \theta(x,t)}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 \theta(x,t)}{\partial x^2} + \frac{1}{c\gamma} \cdot F(x,t), \quad 0 < x < R, \quad t > 0; \quad (1)$$

$$\lambda \cdot \frac{\partial \theta(R,t)}{\partial x} + \alpha \cdot \theta(R,t) = \alpha \cdot \theta_n(t); \quad \frac{\partial \theta(0,t)}{\partial x} = 0; \quad \theta(x,0) = \theta_0(x). \quad (2)$$

Применяя конечные интегральные преобразования по пространственной координате, можно получить представление решения уравнений объекта (функцию состояния ОРП) в виде разложения в бесконечный ряд по собственным функциям:

$$Q(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} \overline{Q}_n(\mu_n, t) \varphi_n(\mu_n, x), \quad (3)$$

Здесь $\varphi_n(\mu_n, x)$ - собственные функции, которые определяются только видом уравнения и типом граничных условий, и не зависят от режима работы объекта; $\overline{Q}_n(\mu_n, t)$ - моды объекта, которые при заданных собственных числах μ_n^2 определяются целиком режимом работы, т. е. за-

висят от начальных условий и внешних воздействий.

Из вышеизложенного можно показать [1], что задача синтеза САР распределенного выхода ОРП может быть сведена к построению стандартными способами независимых друг от друга контуров регулирования N учитываемых временных мод объекта.

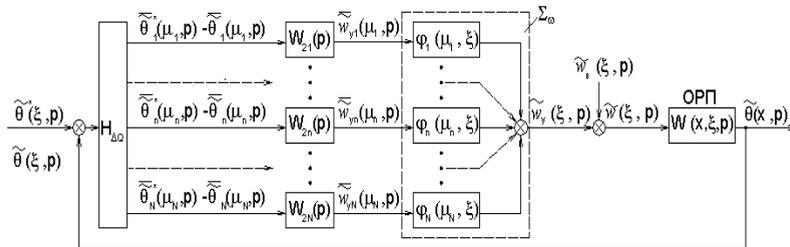
Индивидуальная система управления n -ой модой объекта строится методами теории систем с сосредоточенными параметрами по стандартной схеме «объект - регулятор» с обратной связью по $\bar{Q}_n(\mu_n, t)$ и задающим воздействием $\bar{Q}_n^*(\mu_n, t)$.

Минимальное количество регулируемых мод и коэффициенты регуляторов определяются из условий обеспечения требуемой точности обработки системой в целом задающего воздействия на ее входе, исходя из соотношения.

$$\max_{x \in [0, R]} \left| \delta_c^{(n)}(x) \right| + \delta_{c.\dot{d}on}^{(\epsilon)} \leq \delta_{c.\dot{d}on}^{\Sigma} - \max_{x \in [0, R]} \left| \delta_{ycm}^{(y)}(x) \right|, \quad (4)$$

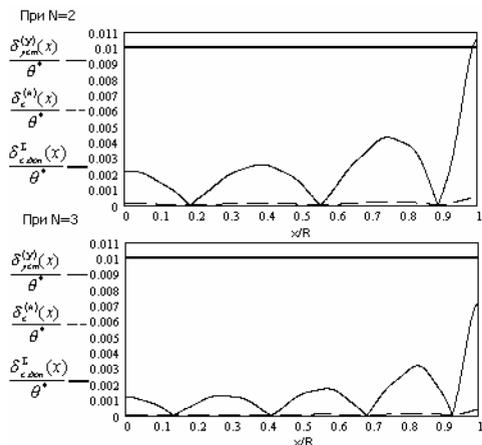
где $\delta_c^{(n)}(x)$ - статическая ошибка, обусловленная реакцией неуправляемых мод на возмущающее воздействие; $\delta_{c.\dot{d}on}^{(\epsilon)}$ - допустимая статическая ошибка управляемых мод при воздействии по возмущению; $\delta_{ycm}^{(y)}(x)$ - заданная суммарная статическая ошибка в системе, $\delta_{c.\dot{d}on}^{\Sigma}$ - статическая ошибка за счет фильтрации системой неуправляемых мод.

В итоге структура замкнутой САР ОРП с распределенной обратной связью по выходу объекта приобретает вид, представленный на рис. 1



Р и с. 1. Структура САР ОРП.

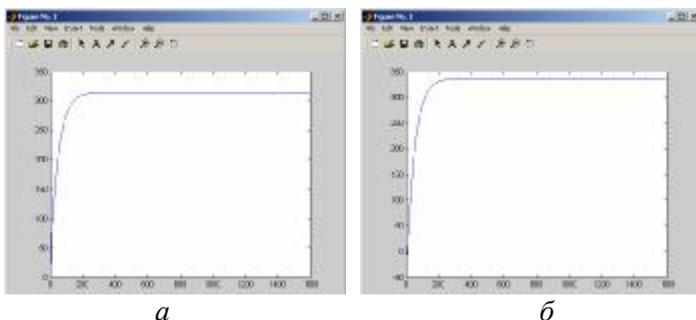
В качестве конкретного примера был рассмотрен процесс индукционного нагрева перед прессованием цилиндрических слитков из титановых сплавов.



Р и с.2. Графики ошибки системы

На рис. 2 можно увидеть, что при использовании трех контуров регулирования ошибка системы не превышает заданной.

На рис.3 представлены графики переходных процессов для распределения температуры в центре (а) и на поверхности (б) слитка. Ошибки отработки системой входного воздействия не превышают заданную ошибку.



Р и с. 3. Графики переходных процессов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Осипова Ю.А., Лежнев М.В* Синтез замкнутой системы распределенного управления тепловым объектом с распределенными параметрами. // Молодежь и современные информационные технологии. Материалы второй Всероссийской научно-практической конференции. Томск, 2004.