УДК 681. 5.62-6

# МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА ПОДАЧИ ВОЗДУХА В ТОПКУ

**Селезнева Светлана Вячеславовна**

старший преподаватель

**Коновалова Ирина Игоревна**

старший преподаватель
Пензенский государственный технологический университет, Пенза

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** Предлагается алгоритм ускоренного поиска экстремума статической характеристики инерционного объекта, в котором используется прогнозирование установившегося значения переходного процесса по измерениям его выхода с использованием рекуррентной процедуры метода наименьших квадратов. Эффективность предложенного алгоритма оптимизации исследуется методом статистических испытаний.

**Ключевые слова:** экстремальный регулятор; рекуррентный метод наименьших квадратов; системы автоматической оптимизации.

**MODELLING OF ALGORITHM THE EXTREME SUPPLY REGULATOR OF AIR IN THE FIREBOX**

**Selezneva Svetlana Vyacheslavovna**

senior lecturer

**Konovalova Irina Igorevna**

senior lecturer
Penza State Technological University, Penza

**Abstract.** The algorithm of the accelerated search of an extremum of the static characteristic of inertial object in which forecasting of the established value of transient on measurements of its exit with use of recurrent procedure of a method of the smallest squares is used is offered. Efficiency of the offered algorithm of optimization is investigated by a method of statistical tests.

**Key words:** extreme regulator; recurrent method of the smallest squares; systems of automatic optimization.

Важное место в теории систем автоматической оптимизации занимают алгоритмы импульсных (шаговых) помехозащищенных быстродействующих систем для управления инерционными объектами (энергетическими и химическими установками, ракетными двигателями и т.п.) [1]. Основная проблема при реализации таких алгоритмов в реальном времени заключается в обеспечении устойчивости вычислений решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) при идентификации.

Предлагается решать СЛАУ и усреднять результаты вычислений на основании рекуррентного метода наименьших квадратов (РМНК) [3].

Эффективность предложенного алгоритма оптимизации исследуется методом статистических испытаний.

Рассмотрим модель объекта, которая состоит из последовательно соединенных: экстремального звена (нелинейная часть) с априори неизвестной характеристикой

$$u = f(x) \tag{1}$$

звена чистого запаздывания с известной величиной запаздывания τ и линейной части, описываемой разностным уравнением n-го порядка с соответствующими начальными условиями и коэффициентами, зависящими от времени:

$$y(k) = \sum_{i=1}^{n} a_i(k) y(k-i) + \sum_{j=1}^{m} b_j(k) u(k-j-s) + e(k) \tag{2}$$

где y(k) – выход модели (временного ряда) в k-й момент времени; e(k) – последовательность независимых, одинаково распределенных случайных величин с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией (белый шум); $\{a_{i(k)},\ i = 1,\ n\}$ –параметры авторегрессии; $\{b_{j(k)},\ j = 1,\ m\}$ – параметры скользящего среднего; s – дискретное запаздывание.

Предполагается, что канал измерения выхода объекта, находится под воздействием помехи e(k), которая является центрированным случайным процессом.

Если в k-ый момент времени изменить входную величину модели на $\Delta x(k) = x(k) - x(k-1)$, то через некоторое время, определяемое запаздыванием s и временем переходного процесса d на выходе появится отклик $\Delta y(k+s+d) = y(k+s+d) - y(k+s+d-1)$. Величину этого отклика можно рассчитать, решив совместно уравнения (1) и (2).

Неизвестные параметры уравнений можно определить, используя рекуррентную процедуру метода наименьших квадратов (РМНК), линеаризуя f(x) в окрестности параметров текущего k-ого шага.

Алгоритм РМНК может быть представлен в следующем виде

$$\hat{\theta}(k+1)=\hat{\theta}(k)+\gamma(k)e(k+1), \qquad (3)$$

$$\gamma(k)=\mu(k+1)P(k)\varphi(k+1), \qquad (4)$$

$$e(k+1)=y(k+1)-\Psi^{T}(k+1)\hat{\theta}(k), \qquad (5)$$

где $\hat{\theta}(k-1)=[a_1,...a_n, b_1,...b_m]$ – вектор параметров модели;

$\Psi^{T}(k)=[-y(k-1),...-y(k-n), u(k-d-1),...+u(k-d-m)]$ – вектор данных;

$\mu(k+1)=\dfrac{1}{1+\Psi^{T}(k+1)P(k)\Psi)P+1)}$ – вектор коррекции;

$\mathbf{P}(k) = \dfrac{1}{[\Psi^{T}(k)\Psi(k]}$ – весовая матрица;

$\mathbf{P}(k+1)=[\mathbf{I}-\gamma(k)\Psi^{T}(k+1)]\mathbf{P}(k)$ – весовая матрица, рассчитанная на следующем шаге; $\varphi(k+1)=\Psi(k+1)$; $\hat{\theta}(0)=0; \mathbf{P}(0)=\alpha\mathbf{I}$ – начальные значения переменных.

Алгоритм САО ускоренного поиска экстремума статической характеристики инерционного объекта, в котором используется прогнозирование установившегося значения переходного процесса (2) по измерениям y(k) с использованием рекуррентной процедуры (3-5) имеет вид:

$$\Delta x(k+1)=h\cdot \mathrm{sign}\left[\Delta y(k+1)\cdot\Delta x(k)\right] \qquad (6)$$

На рисунках 1-3 показаны результаты моделирования алгоритма (6). В процессе моделирования в результате многократного подбора был выбран шаг поиска равный 48, 3 м$^3$/час. Как видно из рисунка использование разработанного алгоритма обеспечивает устойчивую работу системы в области максимальных значений температуры.

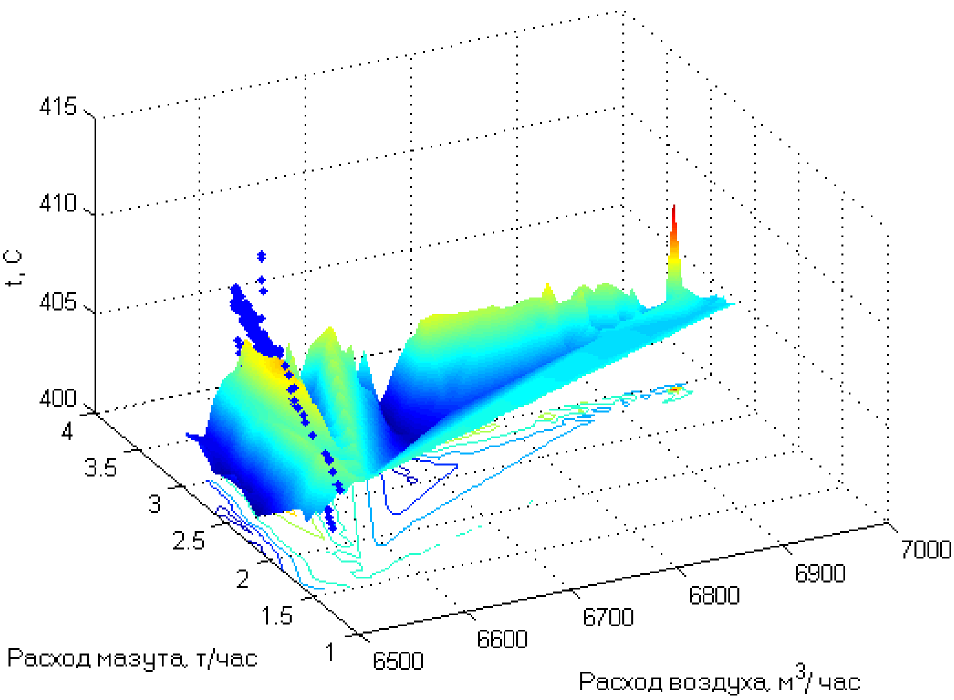


**Рис. 1. Расчетная зависимость температуры топочных газов от подачи топлива и воздуха**

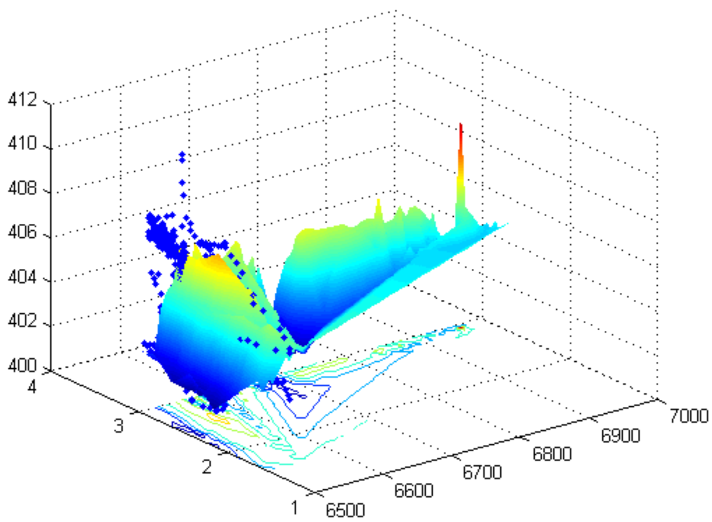


**Рис. 2. Результат моделирования рекуррентного шагового алгоритма**

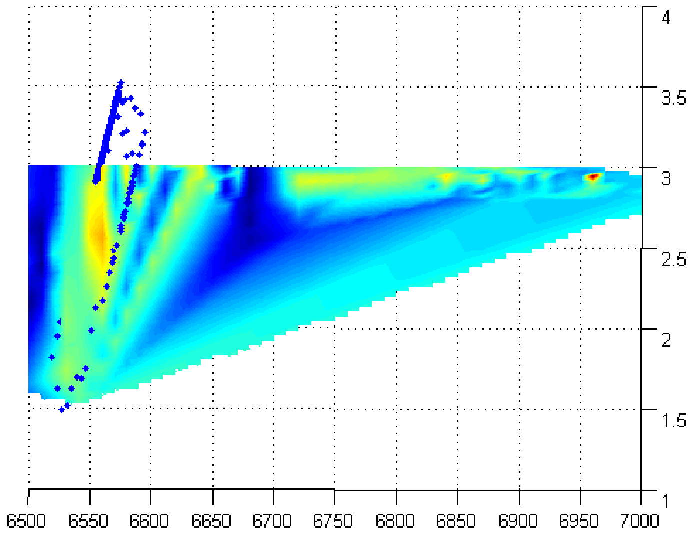


**Рис. 3. Область поиска глобального экстремума**

## Список использованных источников

1. Коновалова И.И., Селезнева С.В. Быстродействующий, рекуррентный, шаговый алгоритм экстремального экстремума подачи воздуха в топку // В мире научных открытий. Красноярск: Научно-инновационный центр. 2013. № 2 (38). С. 211-221.
2. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / под ред. Н.Д. Егупова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 744 с.
3. Изерман Р. Цифровые системы управления. М.: Мир, 1984. 541 с.