

## ВЫВОД

Предложена математическая модель, основанная на совместном использовании уравнений Навье – Стокса и уравнений нестационарной теплопроводности, которая может быть использована для компьютерного моделирования процесса обжига изделий строительной керамики. Представленные вычислительные эксперименты наглядно демонстрируют возможности компьютерного моделирования температурных полей при обжиге садки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нохратян К. А. Сушка и обжиг в промышленности строительной керамики – М.: Госстройиздат, 1962. – 603 с.
2. Г о с и н Н. Я. Производство керамических строительных материалов. – М., 1971. – 200 с.
3. П р о ц е с с ы керамического производства / Под ред. Дж. Кингери. – М.: Изд-во иностр. лит., 1960.
4. К о т о в В. И. Оптимализация технологии строительной керамики. – Сыктывкар, 1969. – 64 с.
5. Т и х и О. Обжиг керамики. – М.: Стройиздат, 1988 – 343 с.
6. Ю ш к е в и ч М. О., Р о г о в о й М. И. Технология керамики. – М.: Стройиздат, 1969. – 350 с.
7. Ч и ч к о А. Н., Б о р о з д и н А. С. Численное моделирование процесса нагрева движущегося слитка // Литье и металлургия. – 2003. – № 4. – С. 59–62.
8. Ч и ч к о А. Н., Л и х о у з о в С. Г., Л у к а ш е в и ч Ф. С. Компьютерная система «ПроЛит-1» для моделирования течения и охлаждения расплавов // Литье и металлургия. – 2003. – № 4. – С. 64–72.
9. Ч и ч к о А. Н., А н д р и а н о в Н. В., Б о р о з д и н А. С. Компьютерная система «ПроТерм-1n» – для моделирования процессов ступенчатого нагрева стальных слитков // Сталь. – 2005. – № 11. – С. 66–71.

Представлена кафедрой машин  
и технологий литейного производства

Поступила 10.02.2006

УДК 621.311.22:658.012

## ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬЮ РАБОТЫ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АСУ ТП ТЭС

Канд. техн. наук, доц. НАЗАРОВ В. И.

*Белорусский национальный технический университет*

При наличии на тепловой электрической станции автоматизированной системы управления технологическими процессами имеет место ряд проблем, вызванных большим объемом информации, воспринимаемой оператором. Эти проблемы связаны с повышением психофизической нагрузки оператора, обязанного просматривать значительные последовательности информации, выводимые на устройства отображения. Кроме того, хотя

оператору энергоблока и выдаются советы в косвенном или явном виде по управлению технологическими процессами, но они касаются устранения пережога топлива, допущенного конкретно в какой-либо системе или узле энергоблока. При наличии пережогов топлива в нескольких системах, узлах энергоблока одновременно могут возникнуть дополнительные потери в целом по энергоблоку, связанные с неоптимальной последовательностью устранения оператором этих пережогов. Поэтому с целью оптимизации действий оператора энергоблока, направленных на устранение допущенных в процессе эксплуатации пережогов топлива, был предложен целевой критерий вида [1]

$$Q = \left[ \sum_{i=1}^n \int_0^{\Delta t_i} \Delta b_i(t) dt + \sum_{j=\{x\}} \Delta t_j \sum_{l=1, l \neq j}^{n-1} \Delta b_l(t) \right] N(t), \quad (1)$$

где  $\Delta b_i(t)$ ,  $\Delta b_l(t)$  – удельные пережоги топлива, имеющие место в  $i$ -м и  $l$ -м узлах энергоблока, г у. т./кВт ч;  $\Delta t_i$  – время, необходимое для устранения пережога топлива оператором в  $i$ -м узле энергоблока, ч (аналогично  $\Delta t_j$ );  $\int_0^{\Delta t_i} \Delta b_i(t) dt$  – пережог топлива в  $i$ -м узле энергоблока, допущенный за время устранения этого пережога  $\Delta t_i$ , г у. т./кВт;  $N(t)$  – текущая нагрузка энергоблока, кВт;  $N$  – количество систем, узлов энергоблока, в которых был допущен пережог топлива;  $x$  – искомая последовательность устранения пережогов топлива в  $n$  узлах, системах энергоблока.

Функционал вида (1) определяется из следующего. За время устранения пережога топлива  $\Delta t_k$  в  $k$ -й системе энергоблока будет допущен пережог топлива, равный

$$\Delta B_k = \int_0^{\Delta t_k} \Delta b_k(t) dt N(t) \cdot 10^{-6}, \text{ т у. т.},$$

а в целом по энергоблоку, если имеются еще  $(n - 1)$  систем, работающих с пережогом, будет допущен общий пережог, равный

$$\Delta B_{n-1} = \Delta t_k \sum_{l=1}^{n-1} \Delta b_l(t) N(t) \cdot 10^{-6} + \Delta B_k, \text{ т у. т.},$$

и так последовательно при устранении пережогов в узлах, системах энергоблока до полного устранения пережога топлива в целом по энергоблоку.

Так как слагаемое  $\sum_{i=1}^n \int_0^{\Delta t_i} \Delta b_i(t) dt$  для всех вариантов последовательностей является величиной постоянной, при минимизации целевого критерия можно учитывать только переменную составляющую и выражение  $Q$  представить в виде

$$Q = \left[ \sum_{j=\{x\}} \Delta t_j \sum_{l=1, l \neq j}^{n-1} \Delta b_l(t) \right] N(t). \quad (2)$$

Критерий  $Q$  имеет оптимум (минимум) только при определенной последовательности  $X$  устранения пережогов топлива, т. е. последовательность  $X$  является координатами точки минимума критерия  $Q$  в  $n$ -мерном пространстве. Вектор последовательности  $X$  характеризуется  $m = n!$  состояниями, что даже при четырех узлах, системах энергоблока с пережогом топлива имеет значение 24. Рассмотрим систему независимых единичных векторов  $l_1, l_2, \dots, l_m$ , направленных вдоль оси координат  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ . Вектор градиента критерия  $Q(x_1, x_2, \dots, x_m)$  имеет вид

$$\frac{dQ}{dx_1} l_1 + \frac{dQ}{dx_2} l_2 + \dots + \frac{dQ}{dx_m} l_m, \quad (3)$$

где частные производные вычисляются в рассматриваемой точке. Причем направление вектора градиента (3) совпадает с направлением вектора градиента

$$\frac{db_1}{dt_1} l_1 + \frac{db_2}{dt_2} l_2 + \dots + \frac{db_m}{dt_m} l_m, \quad (4)$$

согласно гипотезе Ривса – Флетчера [2].

Отсюда искомая последовательность  $X$  будет определяться скоростью устранения пережогов топлива, ранжированных от максимального к минимальному значению:

$$\frac{db_i}{dt_i} l_i > \frac{db_j}{dt_j} l_j > \dots > \frac{db_k}{dt_k} l_k, \quad (5)$$

Так, допустим имеются четыре системы по энергоблоку, в которых в результате каких-то режимных факторов были допущены пережоги топлива:  $\Delta b_1 = 1,5$  г у. т./кВт·ч;  $\Delta b_2 = 0,5$  г у. т./кВт·ч;  $\Delta b_3 = 3$  г у. т./кВт·ч;  $\Delta b_4 = 1,0$  г у. т./кВт·ч. Время устранения этих пережогов оператором составляет соответственно:  $\Delta t_1 = 0,1$  ч;  $\Delta t_2 = 0,3$  ч;  $\Delta t_3 = 0,6$  ч;  $\Delta t_4 = 0,3$  ч. Требуется определить оптимальную последовательность действий оператора, направленных на устранение пережогов топлива в этих узлах, системах энергоблока. Согласно (2) и (5) определяем необходимый оптимальный алгоритм устранения пережогов топлива в данных узлах, системах в целом

$$1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2,$$

т. е. сначала устраняется пережог топлива в 1-й системе, затем – в 3-, 4- и 2-й. При этом будет допущен минимальный пережог топлива по энергоблоку в целом, равный 1,5 г у. т./кВт·ч. Если бы оператор энергоблока устранил пережоги топлива от максимального к минимальному, т. е. по алгоритму  $3 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 2$ , то потери в целом по энергоблоку составили бы 2,1 г у. т./кВт·ч, что существенно больше оптимального. Такая же картина наблюдается и для остальных вариантов, отличных от оптимального.

Предлагаемый способ реализуется в АСУ ТП энергоблока на базе любых информационно-вычислительных комплексов, в которых организованы подсистемы автоматизированного расчета технико-экономических по-

казателей и анализа состояния оборудования в темпе технологического процесса.

## ВЫВОД

Предложен целевой критерий, позволяющий оператору энергоблока устранять пережоги топлива, допущенные в процессе эксплуатации оборудования с минимальными потерями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. СССР 1455350. Способ устранения пережогов топлива по узлам энергоблока / В. И. Назаров, П. В. Бачище, А. А. Никифоров // Бюл. изобр. – 1989. – № 4.
2. Fletcher R., Reeves C. M. Function Minimization by Conjugate Gradients // Computer J. – 1964. – № 7. – P. 149–154.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 30.05 2005

УДК 537.84

## ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ОСАЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ЧАСТИЦ В ВЫСОКОГРАДИЕНТНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Инж. МУРАДОВА Р. А.

*Азербайджанская государственная нефтяная академия*

Анализ существующих теорий осаждения частиц в градиентном магнитном поле и возможностей их применения в реальных магнитных фильтрах показывает, что ныне отсутствует законченная теория магнитного осаждения пара- и ферромагнитных частиц в высокоградиентном магнитном поле в силу принципиальных ограничений, которые возникают при попытке реализации способа для технологических сред с широкими спектрами свойств. Поэтому необходимо совершенствование известных и создание новых, более простых и общих способов расчета динамических характеристик процессов осаждения пара- и ферромагнитных частиц в высокоградиентном магнитном поле.

Оценка сил, действующих на частицу в неоднородном магнитном поле, свидетельствует о том, что магнитное осаждение частиц осуществляется в результате конкуренции в основном магнитной  $F_m$  и стоковой  $F_c$  сил.

Если жидкость, несущая твердые частицы, проявляет неньютоновские свойства, то связь между тензорами напряжений и скоростей деформации нелинейна, и поэтому для описания движения жидкости неприменимы уравнения Навье – Стокса. Анализ реологических характеристик исследу-