

УДК 621.31

КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ФУТЕРОВКИ МЕТАЛЛОПРИЕМНИКА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Думбур Р.С., аспирант, Данильченко Т.А., магистрант,
Маркин А.Д., профессор, д.т.н.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк,
Украина)

Диагностика состояния футеровки металлоприемника доменной печи актуальна при дальнейшей интенсификации технологического процесса. В связи с отсутствием в настоящее время общепринятой методики оценки состояния футеровки доменной печи, перспективно направление, разработанное совместно с украинским филиалом института "Черметавтоматика". На рис. 1 показан один из восьми блоков футеровки с заделанными термопарами типа ХА.

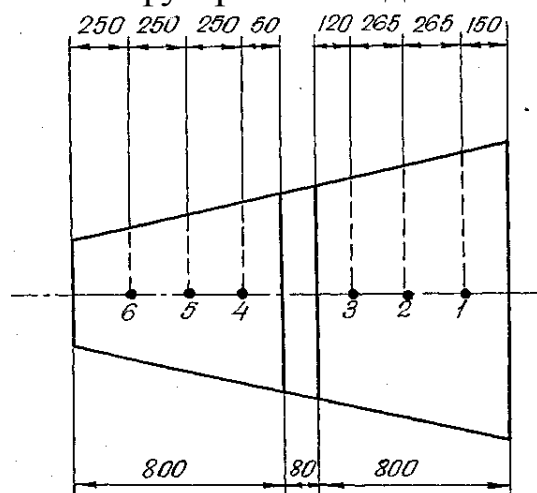


Рисунок 1 – Схема заделки термопар

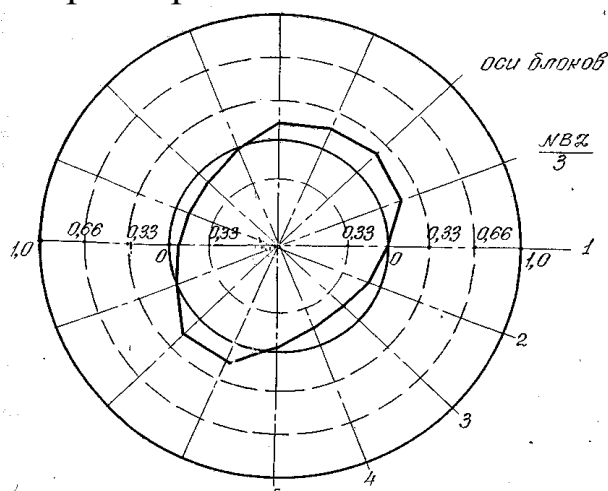


Рисунок 2 – График результатов расчета разгара блоков футеровки

Методика диагностики состояния футеровки металлоприемника включает оценку ее теплофизических характеристик на этапе разогрева и статистическую оценку функциональной способности используемых термопар. Блок-схема реализации алгоритма в виде программы для IBM PC представлена на рис. 3.

1. Ввод исходных данных (показания 6-ти термопар) осуществлялся для каждого из восьми блоков последовательно. В качестве базовой вводилась информация о координатах заделки термопар для всех блоков.

2. Статистическая оценка функциональной способности термопар. Для каждого из блоков по показаниям термопар поле температур аппроксимировалось полиномом N-ой степени с расчетом коэффициента корреляции по отношению к базовому полю, имеющему наибольший коэффициент корреляции. Несоответствие расчетного коэффициента корреляции допустимому для проверяемой

термопары оценивалось как неисправность данного измерителя.

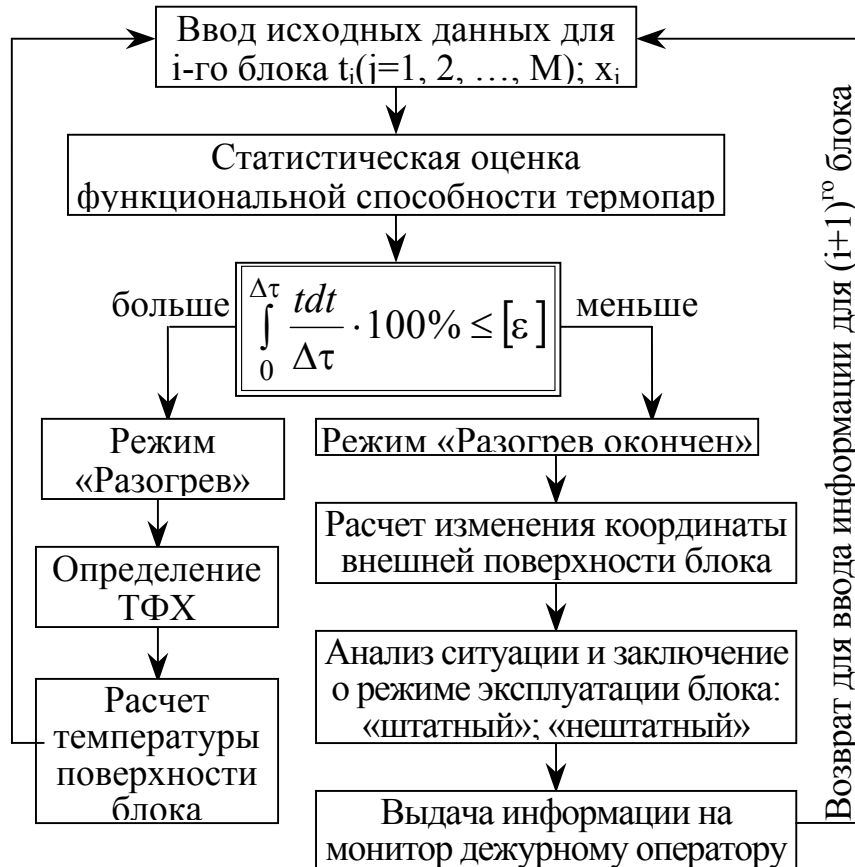


Рисунок 3 – Блок-схема программы «Диагностика футеровки»

Алгоритм описанной оценки функционирования термпар построен на минимизации среднеквадратичного отклонения измеренных величин от "базовой" температурной зависимости. Пусть "базовое" поле температур описывается полиномом N-ой степени. Тогда показания всех термопар должны удовлетворять уравнению

$$U = \sum_{n=0}^N A_n x^n \quad (1)$$

В этом случае функционал, характеризующий среднеквадратичное отклонение измеренных величин от уравнения (1) имеет вид (для M-измерителей)

$$F = \sum_{j=1}^M \left[\sum_{n=0}^N A_n x_j^n - U_j \right]^2 \quad (2)$$

Минимизация функционала по коэффициентам A_n дает следующую систему алгебраических уравнений

$$\frac{\partial F}{\partial A_n} = \sum_{j=1}^M \left[\sum_{n=0}^N A_n x_j^n - U_j \right] \cdot x_j^n = 0, \quad n=0, 1, 2, 3, \dots, N \quad (3)$$

Полученная система N+1 уравнений полностью определяет коэффициенты A_n , а также все необходимые статистические характеристики. Например, для N=1 решение имеет вид

$$A_0 = \frac{\left(\sum_{j=1}^M x_j \right) \left[\sum_{j=1}^M (x_j U_j) \right] - \left(\sum_{j=1}^M U_j \right) \left(\sum_{j=1}^M x_j^2 \right)}{\left(\sum_{j=1}^M x_j \right)^2 - M \left(\sum_{j=1}^M x_j^2 \right)}; \quad A_1 = \frac{\sum_{j=1}^M U_j - A_0 \cdot M}{\sum_{j=1}^M x_j}$$

Дальнейшая процедура сводится к последовательному исключению из анализа каждой из термопар, расчету коэффициента корреляции и сравнению его с "базовым". Сравнение полученной невязки с допустимой дает информацию о функциональной способности анализируемой термопары.

3. Режим «Разогрев». Окончание разогрева определяется по условному оператору

$$\int_0^{\Delta\tau} \frac{tdt}{\Delta\tau} \cdot 100\% \leq [\varepsilon] \quad (4)$$

где $[\varepsilon]$ - допустимое отклонение температуры от установившегося значения; $\Delta\tau$ - анализируемый интервал времени в начальный период (обычно 3-4 точки).

4. Режим «Разогрев окончен». Расчет изменения координаты внешней поверхности проводится при допущении постоянства температуры поверхности блока. При этом изменение координаты поверхности блока определится как

$$\Delta = X_{\text{тек}} - X^* \quad (5)$$

где X^* , $X_{\text{тек}}$ - начальная и текущая координаты поверхности;

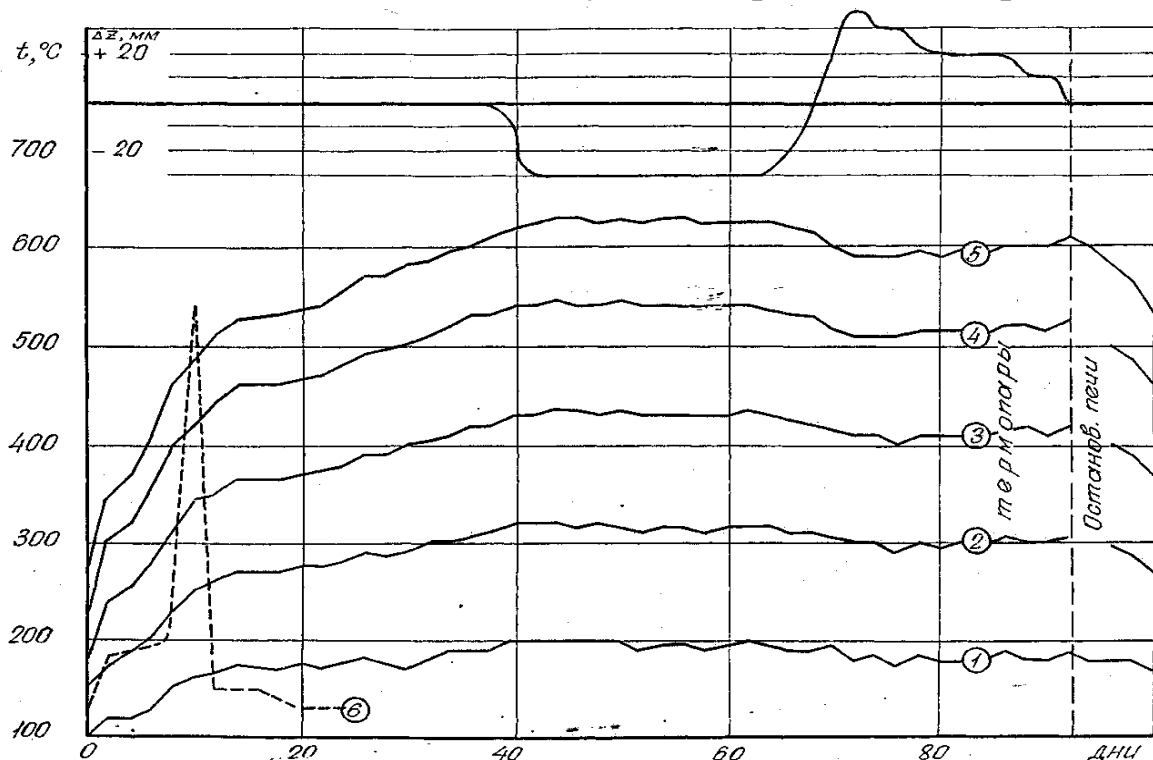


Рисунок 4 – Разогрев и разгар футеровки металлоприемника доменной печи (Нижний Тагил), 6-я термопара неисправна