

С. П. Русин, М. М. Рассел (Москва, ИТЭС ОИВТ РАН, ГОУВ-ПО МЭИ (ТУ)). **Идентификация модели черного тела по данным расчета и спектрального эксперимента.**

Изотермическая полость не является совершенной моделью абсолютно черного тела (АЧТ) вследствие своей незамкнутости, а также нестабильности теплового режима и возможной неравномерности температуры по поверхности полости. В этом случае размеры полости, ее форма, а также спектральные оптические свойства поверхности начинают играть существенную роль. В связи с этим, существуют спектральные диапазоны, в которых излучение из полости не моделирует излучение АЧТ с требуемой точностью. Вместе с тем, экспериментальная проверка совершенства модели АЧТ в заданных спектральных диапазонах затруднительна, так как измерительный прибор, как правило, еще не градуирован.

В работе, представленной данным сообщением, оценка несовершенства модели АЧТ сначала проводилась численно, а затем проверялась экспериментально с помощью измерительной многоканальной полихроматической системы.

Исследовалась сферическая полость типа M360 фирмы «Mikron Infrared» диаметром 254мм в диапазоне температур от 50° до 1100°С. Диаметр отверстия с помощью диафрагм изменялся от 2,54 до 25,4 мм. Температурная нестабильность составляла 0,5°С за 8 часов непрерывной работы. Кроме того, исследовались возможности многоканальной полихроматической системы бесконтактного определения температуры по излучению. В этой системе излучение, исходящее из отверстия полости, после дифракции на фазовой пропускающей дифракционной решетке направлялось на вход фоточувствительной ПЗС матрицы с массивом элементов 720 × 576. В результате было получено порядка 700 значений спектральной плотности по каждому из двух каналов в спектральном диапазоне от 600 до 1000 нм.

Приближение излучения полости к излучению АЧТ оценивалось с помощью интегральных уравнений переноса тепла излучением. В соответствии с требованиями эксперимента, полагалось, что температура изотермической поверхности полости известна, поле оптических параметров ε , R задано, поверхность полости диффузно излучает и отражает. Как известно, интенсивность монохроматического излучения $I_{\text{эф}}(M)$ элементарной площадки dF_M , содержащей точку M , равна сумме интенсивностей собственного $I_c(M) = \varepsilon(M)I_0(M)$ и $I_{\text{отр}}(M)$ отраженного излучения (ε , $R = 1 - \varepsilon$, I_0 — излучательная, отражательная способность и интенсивность черного излучения, соответственно; здесь и далее индекс λ длины волны излучения для краткости опущен).

Для изотермической полости, поверхность которой диффузно излучает и отражает, это соотношение может быть записано в виде [1]:

$$I_{\text{эф}}(M) = I_c(M) + R(M) \int_F K(M, N) I_{\text{эф}}(N) dF_N, \quad M, N \in F. \quad (1)$$

В относительных единицах (1) запишется так:

$$\varepsilon_{\text{эф}}(M) = \varepsilon(M) + R(M) \int_F K(M, N) \varepsilon_{\text{эф}}(N) dF_N, \quad M, N \in F, \quad (2)$$

где F — поверхность полости; $K(M, N) dF_N$ — диффузный угловой коэффициент элементарной площадки dF_M относительно элементарной площадки dF_N ; $\varepsilon_{\text{эф}} = I_{\text{эф}}/I_0$ — эффективная излучательная способность.

Тогда соотношение (2) относительно искомой функции $\varepsilon_{\text{эф}}$ является интегральным уравнением Фредгольма второго рода, которое обычно решается каким-либо стандартным численным методом. Для сферической полости ядро $K(M, N) =$

$1/(4\pi r^2) \equiv \text{const}$ и интегральное уравнение (2) может быть сведено к алгебраическому уравнению и решено аналитически:

$$\varepsilon_{\text{эф}}(M) = \varepsilon + RC/F_0, \quad \text{где} \quad C = \int_F \varepsilon_{\text{эф}}(N) dF_N, \quad F_0 = 4\pi r^2. \quad (3)$$

Из (3) следует, что $\varepsilon_{\text{эф}}(M) \equiv \varepsilon_{\text{эф}}(N) = \varepsilon_{\text{эф}} \equiv \text{const}$. Тогда в выражении для C величину $\varepsilon_{\text{эф}}(N) \equiv \varepsilon_{\text{эф}}$ можно вынести из-под знака интеграла и разрешить (3) относительно $\varepsilon_{\text{эф}}$. В результате получим:

$$\varepsilon_{\text{эф}} = \varepsilon/(1 - R\alpha), \quad \text{где} \quad \alpha = \left(1 + \sqrt{1 - \eta^2}\right)/2, \quad \eta = s/r, \quad \eta \in [0, 1], \quad (4)$$

где s — радиус отверстия полости. Для учета возможной неизотермичности полости использовались соотношения работы [1].

В соответствии с требованиями эксперимента расчеты были выполнены в диапазоне изменения безразмерного параметра η от 0,02 до 0,1 и длин волн от 600 до 1000 нм.

В процессе экспериментальных исследований были получены зависимости аппаратной функции измерительной системы от длины волны излучения, а также оценено влияние на эти зависимости взаимного расположения источника и приемника теплового излучения.

Данная работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект № 07-08-00708.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русин С. П., Пелецкий В. Э. Тепловое излучение полостей. М.: Энергоатомиздат, 1987.
2. Бодров В. Н., Рассел М. М. Многоканальная полихроматическая пирометрия. — В сб.: Тезисы докладов Третьей Всероссийской конференции по проблемам термометрии «Температура-2007», Обнинск, 2007, с. 35–36.