

О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА ЧАСТИЦ ПО ЭМИССИОННОМУ СПЕКТРУ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ

Ю.А. Галенко, М.О. Сысоева

В данной работе с помощью математической модели исследован вид зависимости коэффициента теплового излучения дисперсной среды ε от длины волны λ в диапазоне длин волн от 0,2 мкм до 30 мкм. Рассмотрены моно- и полидисперсные среды, различающиеся оптическими характеристиками материала и размером частиц. Установлено наличие функциональной зависимости между средним размером частиц d и положением экстремума $\lambda_{\min}$ зависимости ε . Показано, что оптические характеристики материала частиц влияют на параметры этой зависимости.

При выборе оптических методов диагностики дисперсных сред необходимо учитывать вид зависимости коэффициента теплового излучения среды ε от длины волны λ . Например, при выборе метода пирометрии.

Целью работы являлось исследование с помощью созданной ранее модели дисперсной среды [1, 2] влияния диаметра частиц и их оптических характеристик на спектральный коэффициент теплового излучения среды.

Исследовано влияние диаметра частиц полубесконечного слоя дисперсной среды на положение экстремума графика ε . Расчеты выполнены для частиц, состоящих из углерода и окиси алюминия, при следующих исходных данных:

- диаметры частиц: 1, 4, 7 мкм;
- показатель преломления материала частиц: $n_1 = 2$ (углерод), $n_2 = 1,74$ (окись алюминия) [3];
- показатель поглощения материала частиц: $\chi_1 = 0,67$ (углерод), $\chi_2 = 0,02557$ (окись алюминия) [3];
- диапазон используемых в расчетах длин волн 0,2 ÷ 30 мкм;
- количество узлов разбиения диапазона длин волн 2000;
- коэффициент излучения поверхности, ограничивающей дисперсную среду 1;
- геометрическая толщина пограничного слоя дисперсной среды 0,1 м.

Влияние размера частиц монодисперсной среды на распределение коэффициента излучения по длине волны показано на рис. 1 (а – среда, содержащая частицы окиси алюминия, б – углерода).

Графики ε при независимых от длины волны оптических характеристиках частиц и различных значениях величины d в основ-

ном отличаются масштабом по оси λ , так как коэффициенты ослабления поглощением $k_{\lambda\alpha}$ и рассеянием $k_{\lambda\sigma}$, используемые в расчете спектрального коэффициента излучения [2], зависят не от длины волны, а от параметра дифракции $x = \frac{\pi d}{\lambda}$.

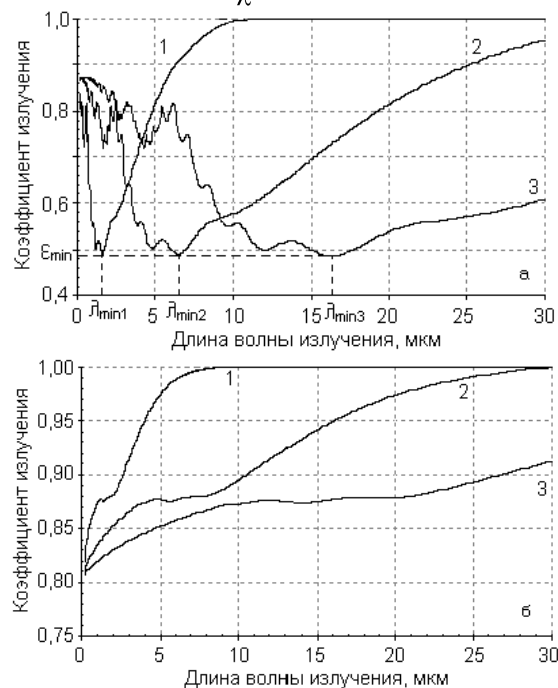


Рис. 1. Влияние размера частиц на вид зависимости ε ; кривая 1 – частицы диаметром 1 мкм; кривая 2 – 4 мкм; кривая 3 – 10 мкм

Этим объясняется постоянство величины экстремума $\varepsilon_{\min}$, уменьшение величины ε в длинноволновой области при возрастании величины d и линейная зависимость $\lambda_{\min}$.

С целью определения этой зависимости вычислены положения экстремума $\lambda_{\min}$ для монодисперсных сред, состоящих из частиц окиси алюминия (1) и углерода (2). Полученные значения аппроксимированы (рис. 2).

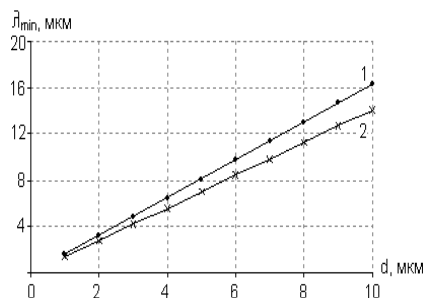


Рис. 2. Зависимость между размером частиц и длиной волны, соответствующей минимуму коэффициента излучения $\lambda_{\min}$

Определен вид функциональной зависимости. Для окиси алюминия: $\lambda_{\min} = 1,6269 \cdot d - 9 \cdot 10^{-9}$, для углерода: $\lambda_{\min} = 1,4073 \cdot d - 2 \cdot 10^{-8}$.

При расчете спектрального коэффициента излучения полидисперсной среды использовались усредненные по диаметру коэффициенты ослабления поглощением и рассеянием [4]. Вид функции счетного распределения частиц по размерам представлен на рис. 3.

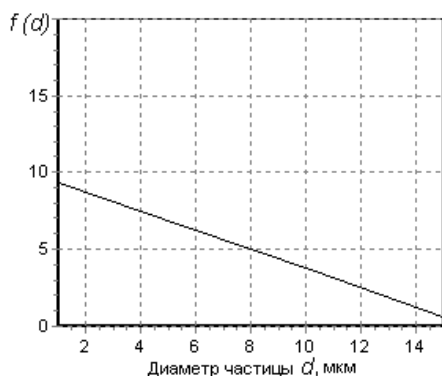


Рис. 3. Функция распределения частиц по размерам

Результат расчета $\lambda_{\min}$ для полидисперсной среды приведен на рис. 4 и описывается зависимостью $\lambda_{\min} = 1,7078 \cdot d_{32} - 7 \cdot 10^{-7}$, где d_{32} – средний объемно-поверхностный диаметр частиц.

Закономерности, выявленные в случае монодисперсных сред, сохраняются и в случае полидисперсных сред.

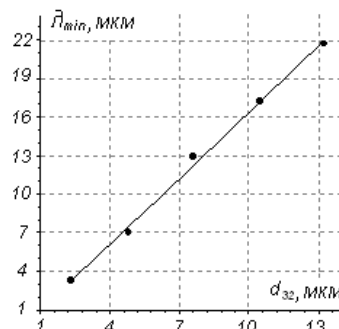


Рис. 4. Зависимость $\lambda_{\min}$ для полидисперсной среды, содержащей частицы окиси алюминия (● – расчетные данные)

Таким образом, проведенное численное исследование монодисперсных сред показало следующее: между размером частиц дисперсной среды и положением экстремумов зависимости ϵ имеется функциональная зависимость. Параметры этой зависимости определяются оптическими характеристиками материала частиц.

В случае полидисперсной среды сохраняются закономерности, проявляющиеся в монодисперсных средах.

Полученные закономерности свидетельствуют о необходимости учета несерости теплового излучения моно- и полидисперсных сред и возможности определения среднего диаметра частиц по эмиссионному спектру дисперсной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Математическое моделирование сложных систем в наукоемких производствах: отчет о НИР (промежуточ.) / БТИ (филиал) АлтГТУ; рук. Галенко Ю.А. – Бийск, 2007. – 57 с. – Исполн.: Сысоева М.О. – Библиогр.: с. 56-57. – № ГР 0120.0509656. – Инв. № 02.2.00704716.
2. Галенко Ю.А., Сысоева М.О. Моделирование спектрального коэффициента излучения дисперсной среды с учетом индикатрисы рассеяния и материала частиц // Сборник трудов IV международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (2-5 октября г. Санкт-Петербург). – 2007. – Т. 11. – С. 160-162.
3. Бахир Л.П., Левашенко Г.И., Полякова Н.Г. Определение мнимой части показателя преломления и размеров капель окиси алюминия в пламени // ЖПС. – 1973. – Т. XVIII. – Вып. 6. – С. 1047-1054.
4. Архипов В.А. Лазерные методы диагностики гетерогенных потоков: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1987. – 140 с.