

МОДЕЛЬ АБСОЛЮТНО ЧЕРНОГО ТЕЛА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Качковский А.Д., Буслов И.В. (ТП-11м)*
Донецкий национальный технический университет

Развитие техники на современном этапе характеризуется повсеместной интенсификацией процессов, протекающих в различных установках и аппаратах, что требует усовершенствования и создания качественно новых конструкций для обеспечения высоких физико-технических характеристик. Это относится и к теплообменным установкам, наиболее распространенными среди которых являются металлургические печи. В связи с этим целью работы является анализ математической модели абсолютно черного тела и обоснование на этой основе эффективных методов расчёта радиационного теплообмена, обеспечивающих дополнительные возможности для повышения эффективности установки в целом.

В термодинамике применяется физическая идеализация — абсолютно чёрное тело. Спектральная характеристика абсолютно черного тела соответствует максимально возможному тепловому излучению при данной температуре.

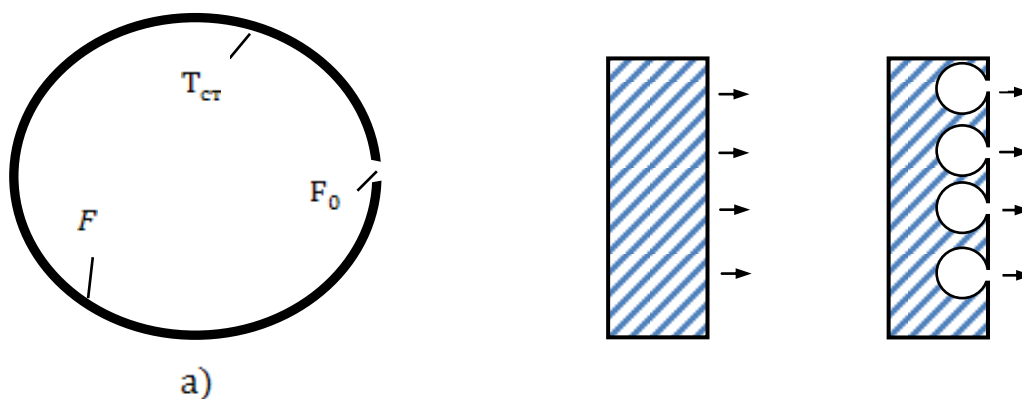


Рисунок 1

Модель абсолютно черного тела можно представить в виде замкнутой полости. Если в такой полости проделать отверстие, площадь которого F_0 много меньше площади стенок полости F , то выход энергии излучения из отверстия будет отвечать тепловому излучению абсолютно черного тела при температуре стенок и соответственно интенсивность излучения из такой полости будет выше. Схема модели изображена на рис. 1 (схема а).

Рассмотрим плоскую вертикальную поверхность, в которой будут проделано множество отверстий шарообразной формы на рис. 1 (схема в). Для определения интенсивности излучения такой поверхности сначала необходимо

* Руководитель – к.т.н., профессор кафедры ПТ Пятыйшкин Г.Г

найти результирующий тепловой поток на выходе из отверстия шара. Для этого шар представим в виде двенадцатиугольника, схема приведена на рисунке 2:

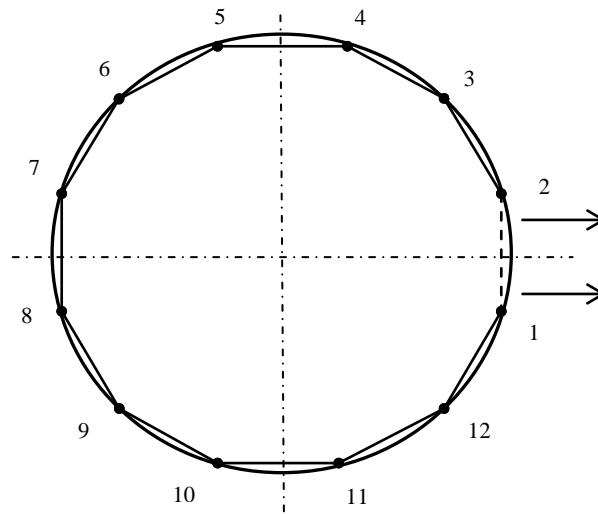


Рисунок 2 – Модель расположения внутренних поверхностей шара

Поверхности двенадцатиугольника имеют одинаковую температуру T , степень черноты ε . Необходимо определить результирующий тепловой поток который выходит из отверстия 1-2, которое имеет температуру воздуха $T_{\text{в}}$.

1) Находим значения всех угловых коэффициентов $\varphi_{(i,j)}$, методом натянутых нитей, получаем матрицу значений размерностью 12x12.

2) Составляем матрицу $A[1..12,1..12]$, значение диагональных элементов:

$$A[i,j] = 1 - \varphi_{(i,j)} + \frac{\varepsilon_i}{1-\varepsilon_i}, \quad (1)$$

где ε -степень черноты i -го тела.

Значение остальных элементов определяем по формуле:

$$A[i,j] = -\varphi_{(i,j)}, \quad (2)$$

3) Составляем столбец величин $B[1..12]$:

$$B[i] = \frac{\varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T^4}{(1-\varepsilon)}, \quad (3)$$

где σ_0 - постоянная Больцмана, равная $5,67 \cdot 10^{-8}$;

4) Находим значения эффективных потоков излучения $E_{\text{эф}}$, решая систему уравнений $A[i,j] \cdot E_{\text{эф}}[i] = B[i]$, методом Гаусса.

5) Находим результирующий поток к i -ой поверхности по формуле:

$$E_{\text{рез}}[i] = E_{\text{эф}}[i] - \sum_{j=1}^n \varphi_{(i,j)} E_{\text{эф}}[j]. \quad (4)$$

Сопоставляя значение результирующего потока $E_{\text{рез}}$ для площадки 1-2 и потока, испускаемого пластиной аналогичной длины, температуры и степени черноты, как у внутренней поверхности шара, можно сделать вывод, что предложенная конфигурация позволяет увеличить общий результирующий тепловой поток и интенсифицировать теплообмен излучением в целом.