

Распространение температурной волны через полупрозрачное твердое тело

Горбатов А.И.^{1,2,®} и Ивлиев А.Д.^{3,4}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет», ул. Куйбышева, 30, Екатеринбург, Свердловская обл., 620144, Россия

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики Уральского отделения Российской академии наук, ул. Амундсена, 107а, Екатеринбург, Свердловская область, 620110, Россия

³ Уральский государственный педагогический университет, пр-т. Космонавтов, 26, Екатеринбург, Свердловская область, 620091, Россия

⁴ Негосударственное частное образовательное учреждение высшего образования "Технический университет УГМК", пр-т Успенский, 3, г. Верхняя Пышма, Свердловская обл., 624091, Россия

® ad_i48@mail.ru

В качестве современных конструкционных и теплозащитных материалов используются, в частности, полупрозрачные среды. Такими материалами являются, например, различного рода керамики. Распространение тепловых возмущений через полупрозрачные среды сопровождается появлением двух потоков энергии, один из которых кондуктивный, связан с передачей энергии за счет теплопроводности, второй – радиационный, обусловленный передачей энергии излучением. Представляет интерес изучение процесса распространения температурной волны через полупрозрачные среды. Рассмотрено воздействие гармонического теплового потока на поверхность плоскопараллельной пластины. Пластина представляет собой полупрозрачное серое тело с заданными показателем преломления и коэффициентами поглощения и рассеяния излучения. Кроме того, плотность, теплоемкость и теплопроводность материала пластины считаются заданными и независимыми от температуры. На поверхностях пластины находятся тонкие поглощающие покрытия, характеризующиеся коэффициентами отражения и коэффициентами излучения (степенью черноты) не зависящими от частоты излучения.

Предполагается наличие конвективно-радиационного теплообмена пластины с окружающей средой. Перенос энергии описывается интегро-дифференциальным уравнением, аналитическое решение которого в поставленной задаче невозможно. В приближении метода моментов это уравнение решено численно. Численное решение связанной задачи теплопроводность – излучение, основано на консервативном интегро-интерполяционном методе и итерационной схеме, основанной на методе Ньютона при учете нелинейности. Результаты решения данной задачи сравнивались с известным аналитическим приближенным решением подобной задачи для импульсного теплового воздействия и показали удовлетворительное согласие. При рассмотрении гармонического воздействия рассматривался сдвиг фазы колебаний температуры на второй поверхности пластины по отношению к фазе падающего на первую поверхность гармонического теплового потока. Расчеты, выполненные в данной работе, показали наличие зависимости величины фазового запаздывания от степени прозрачности (коэффициента поглощения) материала пластины. Определены численные значения частот температурных волн (частот модуляции теплового потока) для заданного значения толщины и коэффициента поглощения материала пластины, при которых параметры волны определяются в основном либо кондуктивной, либо радиационной составляющими теплового потока.