

С. П. Русин, В. Э. Пелецкий (Москва, ИТЭС ОИВТ РАН). **Об использовании диффузионного приближения переноса тепла излучением при экспериментальном исследовании частично прозрачных пористых сред.**

В настоящее время в качестве огне- и теплозащитных материалов все большее распространение получают пористые материалы на основе природных минералов типа вермикулита. Перенос теплоты в таких материалах осуществляется как за счет кондуктивного теплопереноса, так и путем тепловой радиации.

Рассматриваются наиболее распространенные подходы к построению параметрических моделей для экспериментального исследования теплопереноса через пористую среду. Эти подходы основаны на замене гетерогенной пористой среды гомогенной средой.

Первый подход. Искомое решение находится с помощью интегро-дифференциального уравнения. Здесь основная трудность — это выделение кондуктивной и радиационной составляющих теплопереноса в пористой среде. Вместе с тем, численное исследование подобных сред позволят сделать вывод, что для оптически плотных сред кондуктивный и радиационный переносы теплоты может быть найден на основании аддитивности соответствующих потоков. Это требование, как правило, выполняется, так как тепло- и огнезащиту при проектировании стремятся делать значительной оптической толщины.

Второй подход. Искомое решение находится с помощью уравнения теплопроводности. Здесь расширение применения уже известных решений идет по пути приписывания искомым теплофизическим параметрам переменных свойств. Таким образом, все трудности приближенного математического описания переносятся на теплофизические параметры. Тогда искомыми является эффективный коэффициент теплопроводности и эффективный коэффициент температуропроводности. Так как при высоких температурах теплообмен излучением доминирует, эти коэффициенты существенно нелинейны. Выход из этого положения обычно ищут в уменьшении разности измеряемых температур, а, следовательно, и толщины слоя. Однако уменьшение толщины слоя, помимо потери точности, может привести к тому, что экспериментально полученные параметры будут характеризовать не материал в целом, а свойства конкретного слоя. На искомые теплофизические параметры в общем случае будут оказывать влияние граничные условия, профиль температурного поля, его градиент, температурный уровень. Тогда искомые коэффициенты потеряют свойство «локальности» по температуре, будут характеризовать конкретные условия эксперимента и утратят смысл теплофизических параметров.

Вместе с тем, для оптически плотных сред для описания теплопереноса излучением может быть использовано уравнение диффузии и, в частном случае, уравнение радиационной теплопроводности. Как известно, в оптически плотной среде тепловое излучение может распространяться лишь на небольшие расстояния. При экспериментальном исследовании пористых материалов длина свободного пробега излучения, как правило, мала по сравнению расстоянием, на котором существенны изменения температуры. В этом случае локальная интенсивность излучения будет обусловлена только излучением соседних участков, температура которых близка к температуре рассматриваемого элементарного объема. Тогда уравнение переноса излучения может быть сведено к уравнению диффузии, которое имеет ту же структуру, что и уравнение Фурье [1], а общий тепловой поток через пористый материал будет представлять собой сумму потоков за счет теплопроводности и излучения: $q = \lambda_{\text{eff}} \text{grad}(T)$, где q — поверхностная плотность потока; T — температура в K ; $\lambda_{\text{eff}} = \lambda_{\text{cond}} + \lambda_{\text{rad}}$, λ_{cond} — коэффициент, характеризующий кондуктивный перенос тепла, $\lambda_{\text{rad}} = T^3/u$ — коэффициент, характеризующий перенос тепла за счет теплового излучения, u — оптический параметр, зависящий от температуры и определяемый экспериментально.

В связи с изложенным, в качестве базовой параметрической модели использовалось обычное уравнение теплопроводности, параметры которого нелинейны по температуре. Тогда эффективный коэффициент теплопроводности может быть определен путем использования нескольких близких стационарных режимов (см., например, [2]). Используемые в качестве иллюстрации опытные данные были получены на экспериментальной установке, реализующей метод стационарного теплового потока с постоянной «холодной» поверхностью образца [3].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 06-08-01561).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зигель Р., Хауэлл Дж.* Теплообмен излучением. М.: Мир, 1975.
2. *Русин С. П.* О методах определения теплофизических свойств дисперсных тепло- и огнезащитных материалов при воздействии высокоинтенсивных энергетических потоков. — В сб.: Физика экстремальных состояний вещества-2007./ Под ред. В. Е. Фортова и др.. Черноголовка: ИПХФ РАН, 2007, с. 90–92.
3. *Пелецкий В. Э., Шур Б. А.* Экспериментальное исследование теплопроводности теплозащитных материалов. — Научные труды ИТЭС ОИВТ РАН В. 6. М.: ОИВТ РАН, 2004. с. 41–45.