

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

О. Мендоса, И.Ю. Новоселов

Научный руководитель: д.ф.-м.н, И.В. Шаманин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: kiros@tpu.ru

## MODELLING OF THERMAL-PHYSICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIAL

O. Mendosa, I.Yu. Novoselov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. I.V. Shamanin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: kiros@tpu.ru

***Abstract.** Article represents theoretical determination of effective heat conductivity of composite materials. Authors describe PC program written with Visual Basic for calculation of heat conductivity of composite materials. There is particular focus on various methods for calculation of heat conductivity of composite materials in accordance with offered models and on comparison between calculated and experimental data.*

**Введение.** Композиционные материалы получают путем соединения двух или более материалов для достижения свойств (жесткость, прочность, тугоплавкость, сопротивление коррозии, твердость, теплопроводность и т.д.), которые не могут быть получены в исходных материалах по отдельности. Основой композиционных материалов является сравнительно пластичный материал, называемый матрицей. В матрице равномерно распределены более твердые и прочные вещества, называемые упрочнителями или наполнителями. Матрица может быть металлической, полимерной, углеродной или керамической. По типу упрочнителя композиционные материалы делятся на дисперсно-упрочненные, в которых упрочнителем служат дисперсные частицы оксидов, карбидов, нитридов, боридов и других тугоплавких соединений, а также интерметаллических соединений.

Целью данной работы является теоретическое исследование по определению теплофизических свойств композиционных материалов на основе матрицы с теплопроводностью выше теплопроводности включения.

**Используемые методы и модели.** Для расчёта коэффициента теплопроводности элементарной ячейки композиционного материала  $\lambda$ , зависящего от размера блоков 1 и 2 [1,2] (рис. 1), в среде Visual Basic написана программа, которая позволяет автоматизировать расчёты. Коэффициент теплопроводности элементарной ячейки  $\lambda$  зависит от коэффициента теплопроводности  $\lambda_1$  материала блока 1 и коэффициента теплопроводности  $\lambda_2$  материала блока 2.

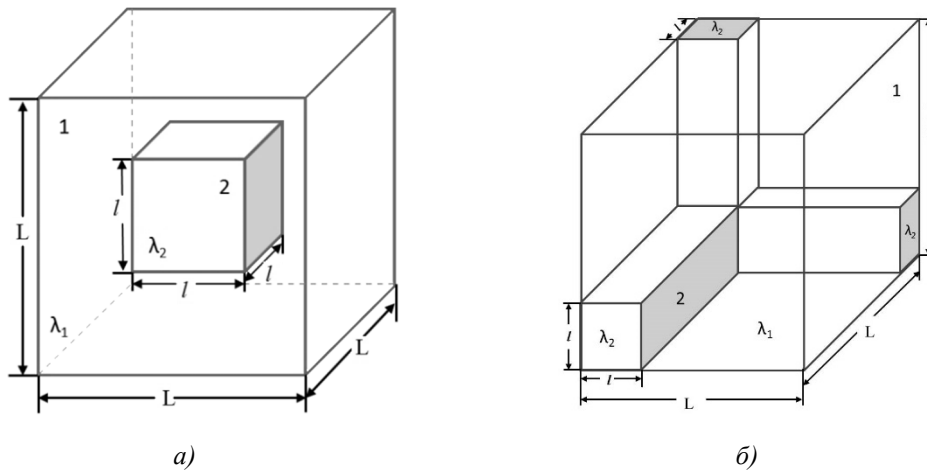


Рис. 1. Модели элементарной ячейки: с включениями (а), с взаимопроницающими компонентами (б)

Расчеты коэффициента теплопроводности композиционного материала элементарной ячейки  $\lambda$  производились с использованием следующих моделей: модели с замкнутыми включениями с дроблением ячейки адиабатическими плоскостями; модели с замкнутыми включениями с дроблением ячейки изотермическими плоскостями; модели с замкнутыми включениями Оделевского; модели с взаимопроницающими компонентами с дроблением ячейки адиабатическими плоскостями; модели с взаимопроницающими компонентами с дроблением ячейки изотермическими плоскостями; комбинированной модели; модели обобщенной проводимости Лихтенеккера для смесей с неравноправными компонентами при параллельной ориентации пластин; модели обобщенной проводимости Лихтенеккера для смесей с неравноправными компонентами при перпендикулярной ориентации пластин; модели обобщенной проводимости Лихтенеккера для смесей с равноправными компонентами (форма включения – квадрат); модели для многокомпонентных смесей.

Для расчёта по формуле любой модели обязателен ввод коэффициентов теплопроводности, плотностей, масс или объёмных концентраций. Для осуществления расчётов по формулам некоторых моделей обязателен ввод дополнительных параметров (например, вероятности того, что пластины перпендикулярны потоку – для модели обобщённой проводимости Лихтенеккера).

Для проверки адекватности моделей были проведены расчеты коэффициентов теплопроводности  $\lambda$  для элементарных ячеек, состоящих из меди (блок 1) и молибдена (блок 2) и их сравнение с экспериментальными данными.

**Сопоставление результатов.** Проанализировав расчетные данные по значениям коэффициентов теплопроводности композиционного материала  $\lambda$  для случаев  $\lambda_1 > \lambda_2$  (таблица 1), сравним полученные из расчетов значения коэффициентов теплопроводности  $\lambda$  с экспериментальными данными [3].

Таблица 1

Свойства компонентов в элементарной ячейке при средней температуре 300 К

блок 1 – Cu	$\lambda_1 = 400 \text{ Вт} \cdot (\text{м} \cdot \text{К})^{-1}$
блок 2 – Mo	$\lambda_2 = 138 \text{ Вт} \cdot (\text{м} \cdot \text{К})^{-1}$
$300 \leq L \leq 600 \text{ мкм}$	$100 \leq l \leq 400 \text{ мкм}$

На рисунке 2 показаны зависимости коэффициента теплопроводности композиционного материала  $\lambda$  от размеров блоков 1 и 2 элементарной ячейки. График отображает корреляцию

зависимостей коэффициента теплопроводности  $\lambda$ , построенных на основании теоретических расчетов (по различным моделям) с экспериментальными данными.

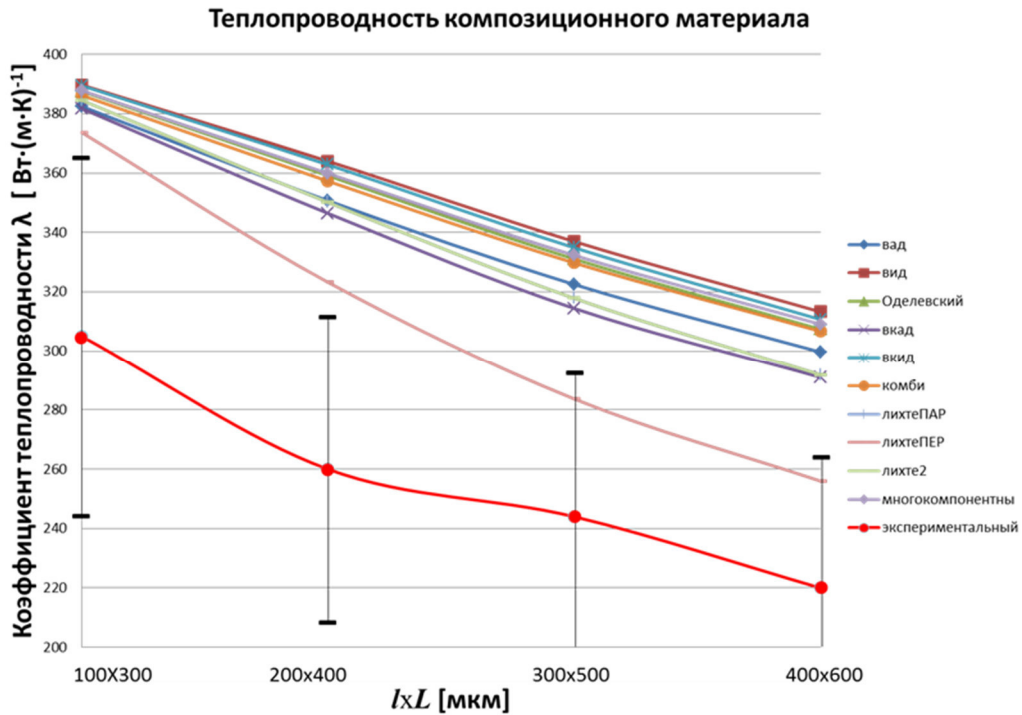


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности композиционного материала  $\lambda$  от размеров блоков 1 и 2 элементарной ячейки, материал блока 1 – Si, блока 2 – Mo

Из графика (рис. 2) следует, что характер зависимости коэффициента теплопроводности  $\lambda$  от размеров блоков 1 и 2 элементарной ячейки на основе теоретических (расчетных) данных совпадает с характером зависимости на основе экспериментальных данных, при этом разрыв между расчетами и экспериментами составляет около 20 %. Следует отметить, что наиболее приближенно экспериментальные данные описываются моделью Лихтенеккера для смесей с неравноправными компонентами при перпендикулярной ориентации пластин.

**Закключение.** В результате проведенных исследований установлено, что расчетный коэффициент теплопроводности композиционного материала  $\lambda$  уменьшается с уменьшением отношения  $L/l$  для элементарной ячейки. Заниженные экспериментальные значения коэффициента теплопроводности  $\lambda$ , могут быть обусловлены примесями и дефектами, присутствующими в композиционном материале. Наиболее адекватно экспериментальные данные описывает модель обобщенной проводимости Лихтенеккера для смесей с неравноправными компонентами при перпендикулярной ориентации пластин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Грахов Д.В., Ягупов А.И., Бекетов А.Р., Баранов М.В. Теплопроводность полимерного композита AlN – ЛАК КО-916К // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 5.
2. Дульнев Г.Н, Заричняк Ю. П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.
3. Бондарь Д. Металлические и композитные теплопроводящие материалы для мощных полупроводниковых корпусов // Компоненты и технологии. – 2014. – №12. – С. 155-162.