

**ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ДИСПЕРСНОСТИ НАПОЛНИТЕЛЯ НА
ЭФФЕКТИВНУЮ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОМПОЗИТОВ**

Студ. Спиридонов Д.А., гр. ПГС-352, студ. Левицкий Д.В., гр. ПСК-363.

Научный руководитель: к.ф.-м.н., доц. Заглайло И.В.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Для изучения влияния параметров частиц наполнителя на теплофизические свойства композитных материалов (КМ) широко используется численное моделирование [1]. Такие исследования обычно проводятся на моделях с одинаковыми размерами частиц. В то же время, при изготовлении компонентов КМ возникает технологически неизбежный разброс размеров его частиц, и влияние этого разброса на свойства КМ не изучалось. Больше того, на практике часто используются КМ с полидисперсными наполнителями. Размеры частиц таких наполнителей могут варьироваться в пределах нескольких порядков. В работе [2] анализировалась модель КМ с полидисперсными частицами наполнителя. Однако влияние степени дисперсности наполнителя на эффективную теплопроводность не исследовалось.

Цель данной работы: методом численного эксперимента исследовать влияние разброса размеров частиц наполнителя на теплофизические свойства КМ. В частности, ставилась задача определения характера зависимости эффективной теплопроводности КМ с разбросом размеров наполнителя от таких безразмерных параметров размещения включений, как концентрация c (отношение суммарного объема частиц наполнителя к объему КМ), средний размер $\langle b \rangle$ (отношение среднего размера частицы наполнителя к размеру счетной области), минимальная допустимая дистанция между включениями d (отношение наименьшего возможного расстояния между частицами к их среднему размеру), а также от коэффициента вариации размеров включений v_b .

Метод исследования. Моделировался двумерный КМ со случайно расположенными включениями квадратной формы. Соотношение теплопроводности матрицы и наполнителя соответствовало соотношению теплопроводностей цементно-песочного камня и пенополистирола. В моделях задавались различные значения c , $\langle b \rangle$, и d . При этом задавалось нормальное распределение значений b с различными $v_b \in [0 - 0,23]$. Для каждого набора параметров c , $\langle b \rangle$, v_b и d генерировалось от 800 до 4000 моделей КМ (испытаний), для каждой модели конечно-разностным методом решалось стационарное уравнение теплопроводности Фурье с граничными условиями первого рода. На основании полученного решения вычислялись безразмерные эффективные теплопроводности λ_{eff} (отношение эффективной теплопроводности КМ к теплопроводности его матрицы). Моделирование и расчеты выполнялись с помощью программного комплекса, разработанного в лаборатории математического моделирования кафедры физики ОГАСА.

Результаты исследования. На рис. 1 представлены статистические распределения величины λ_{eff} , полученные двух в сериях из 4000 испытаний КМ с одинаковым набором параметров c , $\langle b \rangle$, и d , но различным v_b . Как показывает численный эксперимент, при изменении v_b изменяются параметры распределения λ_{eff} . На рис. 1 видно изменение положения моды и асимметрии пика распределения. Изменяется также и среднее значение λ_{eff} , которое принимается нами за эффективную теплопроводность КМ с данным набором параметров.

На рис. 2 показаны зависимости λ_{eff} от v_b для двух КМ с различными c , $\langle b \rangle$, и d . При этом каждая точка на графике является средним значением λ_{eff} , полученным при выполнении 4000 испытаний. Обе зависимости на рис. 2 можно рассматривать как линейные с приблизительно одинаковым угловым коэффициентом $\beta (\lambda, v_b) \in [0,023 - 0,028]$. Таким образом, с ростом разброса размеров частиц наполнителя наблюдается слабый рост

эффективной теплопроводности – в рассмотренном диапазоне изменения v_b он составляет величину порядка 0,5%.

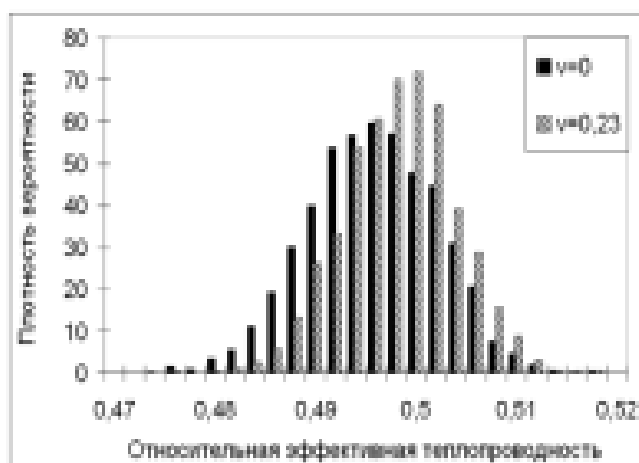


Рис. 1. Распределение плотности вероятности реализации значений λ_{eff} для КМ с параметрами $c = 0,34$; $d = 0,2$; $\langle b \rangle = 0,094$ и 1) $v_b = 0$; 2) $v_b = 0,23$.

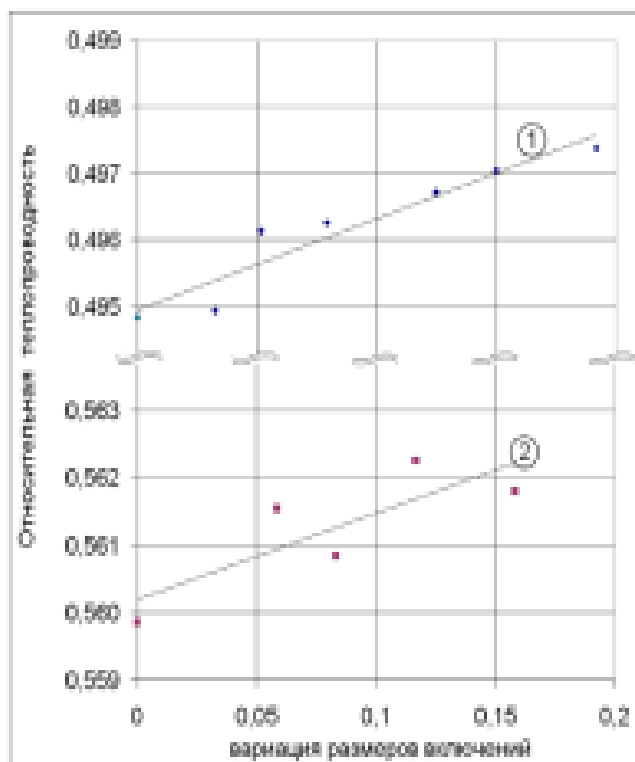


Рис. 2. Зависимости среднего значения λ_{eff} от v_b для двух КМ:
1 – $\langle b \rangle = 0,078$; $d = 0,2$; $c = 0,34$; 2 – $\langle b \rangle = 0,094$; $d = 0,17$; $c = 0,28$.

На рис. 3 представлены зависимости коэффициента вариации эффективной теплопроводности v_λ от коэффициента вариации размера включений v_b для тех же материалов. Обе зависимости на рис. 3 также можно считать линейными, при этом угловые коэффициенты обеих зависимостей отрицательны, т.е. с увеличением разброса размеров включений разброс величины λ_{eff} в серии испытаний уменьшается.

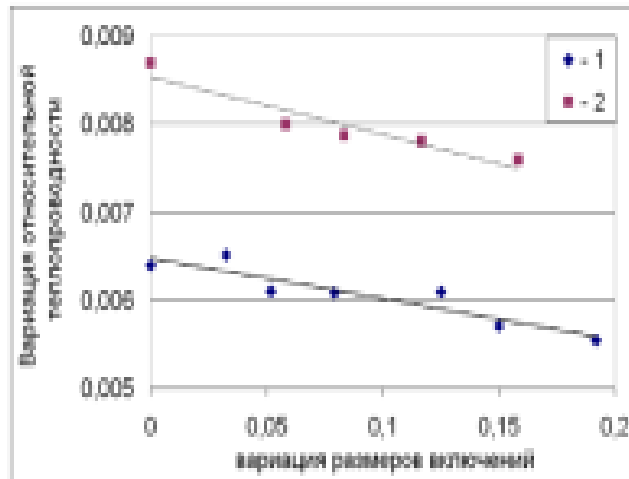


Рис. 3. Зависимости коэффициента вариации эффективной теплопроводности v_λ от коэффициента вариации размера v_b для двух материалов: 1 – $\langle b \rangle = 0,078$; $d = 0,2$; $c = 0,34$; 2 – $\langle b \rangle = 0,094$; $d = 0,17$; $c = 0,28$.

Рисунок 4 демонстрирует сравнение зависимостей λ_{eff} КМ от концентрации включений c при различных v_b

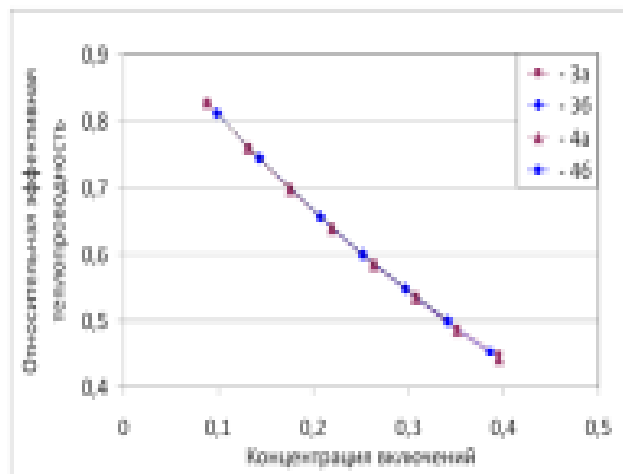


Рис. 4. Сравнение зависимостей $\lambda_{eff}(c)$ для КМ с $\langle b \rangle = 0,094$ при разных v_b и d : 3а – $v_b = 0$ и $d = 0,25$; 3б – $v_b = 0,16$ и $d = 0,25$; 4а – $v_b = 0$ и $d = 0,19$; 4б – $v_b = 0,16$ и $d = 0,19$.

Результаты численного эксперимента показывают совпадение зависимостей $\lambda_{eff}(c)$ для представленных параметров размещения включений в КМ.

Вывод: доказано, что в численных экспериментах по изучению теплофизических свойств двухкомпонентных КМ правомерно применять модели с одинаковыми размерами включений (моноразмерное приближение) для исследованного диапазона коэффициентов вариации размеров включений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pysarenko A., and Zaginaylo I. Numerical Simulation of the Heat Conductivity of Randomly Inhomogeneous Two-Dimensional Composite Materials. /New York: Nova Science Publishers, 2019. – 197 p.
2. Phan-Thien N. and Pham D. C. Differential multiphase models for polydispersed spheroidal inclusions: thermal conductivity and effective viscosity. International Journal of Engineering Science. – 2000. – Vol. 38, pp. 73 – 88.