

Определение эффективных характеристик сложнопостроенных многомасштабных сред

На сегодняшний день гетерогенные среды используются во многих научных и прикладных задачах. Примерами таких сложных сред являются композитные материалы, горные породы, смеси проводящих и непроводящих частиц и др.

Лабораторные и натурные эксперименты показывают, что гетерогенные среды обладают устойчивыми физическими характеристиками, которые могут значительно отличаться от свойств входящих в них компонент. Такие характеристики обычно называют эффективными, а процесс их получения – гомогенизацией.

Существует несколько подходов к гомогенизации: лабораторный (физический) эксперимент, аналитические оценки, вычислительный эксперимент. Существенным ограничением лабораторных экспериментов выступает сложность изготовления образцов и их высокая стоимость. Аналитические оценки достаточно просты и легко применимы, однако их использование возможно не для всех конфигураций сред. Традиционные численные методы также не всегда могут быть использованы, так как необходим учет особенностей гетерогенных сред на всех масштабах, что приводит к значительному увеличению размеров дискретизации, что не всегда возможно в связи с ограниченностью вычислительных ресурсов. Другим путем является упрощение модели, например, рассмотрение задачи меньшей размерности, однако это возможно не для всех сред. Поэтому на сегодняшний день разработка численных методов, позволяющих моделировать процессы в таких областях с учетом всех многомасштабных свойств среды является актуальной задачей.

Одним из таких методов является гетерогенный многомасштабный метод (ГММ), который впервые был рассмотрен в работах W. E. B. Engquist. Это общая идеология для построения алгоритмов по решению многомасштабных и многофизических задач. В ГММ можно выделить два основных этапа: выбор макроскопического решателя и оценивание недостающих макроскопических данных. Большинство публикаций носит чисто теоретический характер и рассматривают гетерогенный метод с точки зрения оценок сходимости или двумерную постановку.

Целью данной работы является разработка алгоритмов на базе гетерогенного многомасштабного метода конечных элементов для исследования электростатических свойств трехмерных гетерогенных сред под действием постоянного и переменного тока.

Для реализации поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Разработать алгоритмы для решения задачи о распределении потенциала под действием постоянного и переменного тока;
2. Разработать комплекс программ, реализующих решение однородного эллиптического уравнения в двумерных и трехмерных областях для неструктурированных дискретизаций на прямоугольные, треугольные, параллелепипедальные, тетраэдральные суперэлементы;
3. Провести тестирование разработанного программного комплекса;
4. Сравнить точность и скорость решения задачи различными методами: гетерогенным методом, многомасштабным методом конечных элементов, классическим методом конечных элементов;
5. Исследовать влияние электрофизических и геометрических свойств включений на удельное эффективное электрическое сопротивление гетерогенных материалов.