

имеет функцию Дюлака-Черкаса в форме  $\Psi(x, y, \mu) = ax^2 + ay^2 - c$  с произвольными  $a, c \in R$  для всех  $x, y \in R$  и  $\mu \neq 0$ . Это значит, что для всех значений  $\mu$  система (3) имеет не более одного предельного цикла во всей фазовой плоскости при  $ac > 0$ .

#### Литература

1. Куклес И.С. О некоторых случаях отличия фокуса и центра // Доклады АН СССР. 1944. Т.44. № 5. С. 208–211.
2. Черкас Л.А. Функция Дюлака полиномиальных автономных систем на плоскости // Дифференциальные уравнения. 1997. Т.33. № 5. С. 689–699.

©ГГТУ им. П.О. Сухого

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В БЛИЖНЕЙ ОБЛАСТИ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ ВЕКТОРНЫМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.А. КУХАРЕНКО, К.С. КУРОЧКА

A mathematical model to simulate the electromagnetic field distribution in the near zone of spherical particles. As a numerical method used vector finite element method. To analyze the tasks apply rib elements and irregular grid of tetrahedra. An algorithm is proposed based on the analysis of results allow to convert the local to the global field

Ключевые слова: компьютерное моделирование, нанокompозиты, электромагнитное поле, векторный метод конечных элементов

Сегодня широкое применение находят нанокompозиты – материалы с включениями наночастиц металлов [1]. Сроки их получения очень велики и требуют дорогостоящих натуральных экспериментов. Поэтому применяют компьютерное моделирование [2] для проверки параметров синтезируемых материалов на основе виртуальной модели, построенной на компьютере. Это позволяет сократить затраты и сроки, а также дать возможность проводить большее количество экспериментов для различных параметров.

Предлагается использование векторного метода конечных элементов для анализа распределения электромагнитного поля [3]. На его основе построена математическая модель, которая использует нерегулярную сетку из тетраэдров, а сами элементы – реберные [4].

На основании модели был разработан программный комплекс, получивший название ElectroMagneticFieldFEMModeler (EMFFM). Среди преимуществ можно отметить наличие универсального формата описания задачи, трехмерной геометрии объектов задачи, графический пользовательский интерфейс и экспорт результатов решения.

Для верификации использовалась задача о распределении электромагнитного поля вокруг сферической частицы, имеющая аналитическое решение – теория Ми [5].

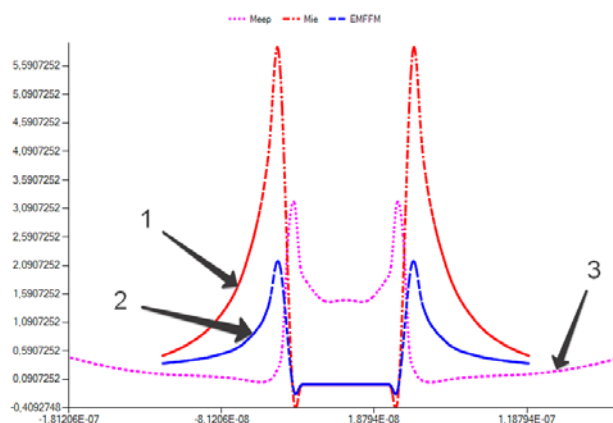


Рис. 1 – Результаты решения задачи разными комплексами и методами:  
1 – теория Ми, 2 – комплекс EMFFM, 3 – программа MEER

Разработанное программное обеспечение и предложенная математическая модель дают результаты с достаточной точностью и степенью адекватности.

#### Литература

1. Климов В. В. Наноплазмоника / В. В. Климов. – М.: Физматлит, 2009. – 480 с.
2. Ибрагимов И. М. Основы компьютерного моделирования наносистем: Учебное пособие / И. М. Ибрагимов, А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров. – СПб.: Издательство “Лань”, 2010. – 384 с.: ил.
3. Jianming, J. Theory And Computation Of Electromagnetic Fields / J. Jianming – John Wiley & Sons, 2010. – 616 p.
4. Jianming, J. The Finite Element Method in Electromagnetics. 2nd edition. / J. - M. Jin – New York : Wiley, 2002. – 780 p.
5. Хюлт ван де Г. Рассеяние света малыми частицами. / Г. ван де Хюлт. – М.: Издательство иностранной литературы, 1961. – 537 с.