При этом, с изменением доли содержания больших частиц, значение фрактальной размерности стабильно снижается и даже не совпадает при доле, равной 0.0 и 1.0, что нелогично. Это различие (методическая погрешность) возникает в результате того, что на вычисление размерности данным способом сильно влияет еще один параметр – толщина колец кластера, на которых приближенно рассчитывается локальная плотность.

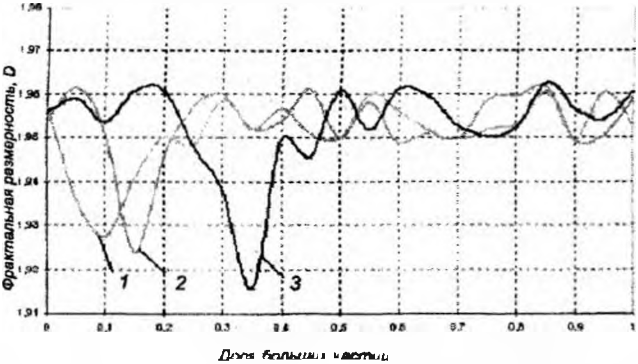

Рис. 3. Зависимость фрактальной размерности (определялась по зависимости $N(R_g)$) бидисперсных кластеров от долевого содержания в дисперсной фазе больших частиц для различных соотношений размеров частиц: 1 – 2:1; 2 – 3:1; 3 – 4:1

Из графика, представленного на рис.3, видно, что фрактальная размерность, вычисленная по зависимости $N(R_g)$, составляет (не считая глобального минимума): $D = 1{,}955 \pm 0{,}05$, при этом практически отсутствует упомянутое выше различие для крайних значений доли больших частиц. Глобальный минимум, как и в предыдущем способе расчета, существует для каждого соотношения радиусов частиц и постепенно смещается от 0.1 доли содержания больших частиц (для соотношения 1:2) до 0.35 доли содержания (для соотношения 1:4).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Смирнов Б.М. Физика фрактальных кластеров. – М.: Наука, 1991. – 134 с.
2. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.

УДК 519.876.5+530.1

Волков Е.Г.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. ***Дереченник С.С.***

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ АГРЕГАЦИИ И АНАЛИЗА СЛУЧАЙНЫХ КЛАСТЕРОВ

Для выполнения исследования фрактальных свойств бидисперсных кластеров, полученных баллистической агрегацией, была создана специализированная программная система генерации и анализа случайных бидисперсных кластеров в двумерном пространстве, включающая следующие компоненты:

А – модуль нерешеточного моделирования баллистической агрегации из бидисперсного (двухразмерного) набора дискретных частиц;

В – модуль вычисления центра масс, радиуса гирации и фрактальной размерности;

С – интерфейсный модуль визуализации, накопления и статистической обработки результатов.

Модуль моделирования А реализует следующий алгоритм выбора траекторий частиц и их присоединения к кластеру.

1) Первая частица помещается в начало координат системы (xOy), соответствующее точке начала роста кластера;

2) Определяются координаты (x_2, y_2) начальной точки (точки вылета) частицы. Будем считать, что частицы вылетают из бесконечно удаленного от кластера источника по некоторым прямолинейным траекториям. Для определения траектории достаточно узнать координаты двух точек, принадлежащих этой траектории. Сначала находятся координаты точки, по направлению к которой будет двигаться частица. Случайным образом выбирается на промежутке $[0; 2\pi]$ дробное число λ, тогда значения координат вычисляются следующим образом:

$$x_2 = R_{max} \cos \lambda, \tag{1}$$

$$y_2 = R_{max} \sin \lambda, \tag{2}$$

где R_{max} - радиус описанной вокруг фрактала окружности (его значение пересчитывается каждый раз, когда очередная частица прилипает к кластеру).

Случайным образом выбирается значение угла *alpha* на промежутке $[-\pi, \pi]$, на который будет развернута траектория полета частицы. Затем вычисляем координаты второй точки прямой (x_1, y_1), учитывая, что расстояние между ними должно составлять $3R_{max}$. Из координат (x_1, y_1) и (x_2, y_2) этих двух точек находятся коэффициенты уравнения прямой траектории вида $y = ax + b$.

3) Размер $R(i)$ каждой очередной i-ой частицы выбирается случайным образом из двух заданных значений R_1 и R_2 – соответственно исходному количественному соотношению малых и больших частиц.

4) Запускаем цикл, в теле которого будет определяться пересечение траектории полета новой частицы с частицами, уже принадлежащими кластеру. Для этого вычисляем пересекает ли траектория движения новой частицы сферу радиуса $r = R(i) + R(j)$, координаты центра которой равны $x(j)$ и $y(j)$, где $j = 1, 2, \ldots, i-1$ - номер уже входящей в состав кластера частицы. Условие пересечения:

$$\{a[b - y(j)] - x(j)\}^2 - (a^2 + 1)\{x(j)^2 + [b - y(j)]^2 + r^2\} \tag{3}$$

Из всех частиц, входящих в состав кластера и для которых выполняется условие (3), выбирается ближайшая к точке с координатами (x_1, y_1).

Модуль анализа В

В1) Вычисление центра масс.

После появления в составе кластера очередной частицы, находится новое положение его центра масс $(x_{цм}, y_{цм})$, координаты которого используются в дальнейших исследованиях кластера (вычислении плотности на кольцах и радиуса гирации).

В2) Вычисление радиуса гирации R_g.

Для определения фрактальной размерности любым способом необходимо вычислить радиус гирации (инерции) кластера [1]

$$R_g = \frac{\sum_{j=1}^{n}\left[R(j)/R_1\right]^2\left\{\left[x(j)-x_{c.m.}\right]^2+\left[y(j)-y_{c.m.}\right]^2\right\}}{N_1 + N_2\left[R(j), R_1\right]^2} \qquad (4)$$

В3) Вычисление фрактальной размерности

В зависимости от проводимых исследований используется один из двух способов вычисления фрактальной размерности

Способ 1 основан на зависимости количества частиц в кластере от его радиуса гирации $N(R_g)$. Для нахождения такой функциональной зависимости во время роста кластера будем через каждые 500 частиц сохранять вычисленное значение радиуса гирации. Полученные значения аппроксимируем прямой вида $y = ax + b$.

Значение тангенса угла наклона (угловой коэффициент) такой прямой будет соответствовать фрактальной размерности кластера

Способ 2 базируется на основном свойстве фрактального кластера – снижении локальной плотности (массы) кластера по мере удаления от центра масс. Зависимость плотности на кольце кластера от радиуса кольца $\rho(r)$, построенная в двойных логарифмических координатах, также линейна с угловым коэффициентом:

$$tg\,\alpha = D - E \qquad (5)$$

где E – евклидова размерность пространства, в котором производится моделирование (в нашем случае $E = 2$);

D – фрактальная размерность кластера,

α – угол наклона исследуемой зависимости.

Интерфейсный модуль С

Для большей наглядности необходимо отобразить на экране монитора построенную модель фрактального кластера. Для этого используем графический пользовательский интерфейс *OpenGL*. При помощи встроенных функций, по сохраненным в массиве координатам и радиусам частиц, входящих в кластер, их можно отобразить сплошными дисками черного цвета на белом фоне. Данное построение выполняется уже после генерации всего кластера и обработки статистической информации, которая представляет собой массивы данных, содержащих расчетные значения – плотность на кольцах кластера, минимальные, максимальные и средние значениях фрактальной размерности найденные для нескольких кластеров с одинаковыми начальными условиями. Все данные выводятся на экран и сохраняются в файл для дальнейшего анализа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Смирнов Б.М. Физика фрактальных кластеров. – М.: Наука, 1991. – 134 с
2. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.

УДК 657.1+319.806(2)

Т.А. Троян

Научный руководитель: Маркевич К.М.

РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ГЛАЗАМИ СТУДЕНТОВ

Несмотря на переход образования Республики Беларусь к 10-балльной системе, актуальность рейтингового контроля не утратила свою силу, поскольку рейтинг позволяет повысить эффективность контроля и управления учебным процессом балльной системы, независимо от ее шкалы [1]. Рассмотрим некоторые аспекты, касающиеся отношения студентов