

Бавыкин О.Б., Вячеславова О.Ф.

**Фрактальный анализ поверхностного слоя
материала**

**Москва
Издательство Нобель Пресс**

УДК 62-63
ББК 30.6
Б13

Б13 **Бавыкин О.Б., Вячеславова О.Ф.**
Фрактальный анализ поверхностного слоя материала / Бавыкин О.Б., Вячеславова О.Ф. – М.: Lennex Corp, — Подготовка макета: Издательство Нобель Пресс, 2013. – 110 с.

ISBN 978-5-518-86493-1

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1 Общие сведения о фракталах.....	5
1.1 Понятие фрактал.....	5
1.2 Фрактальная размерность.....	12
1.3 R/S-анализ.....	14
Глава 2 Фрактальный анализ поверхностного слоя материала.....	21
2.1 Фрактальность поверхности.....	21
2.1.1 Необходимость определения наличия фрактальных свойств поверхности.....	21
2.1.2 Подходы в определении фрактальности поверхности.....	23
2.1.3 Критерии фрактальности поверхности.....	28
2.1.4 Исследование электрохимически обработанной поверхности с использованием критериев фрактальности.....	31
2.2 Взаимосвязь свойств поверхности и фрактальной размерности.....	38
2.3 Методы вычисления фрактальной размерности поверхности.....	46
2.3.1 Установка для радиооптических измерений.....	46
2.3.2 Сканирующая зондовая микроскопия. Программа «Nova».....	47
2.3.3 R/S-анализ.....	53
2.3.4 Установка для фрактального анализа на базе модернизированного МИИ-4 и компьютерной программы «Nova».....	54
2.4 Результаты фрактальный анализ поверхностного слоя электрохимически обработанного материала.....	58
Глава 3 Парадигма фракталов в высшем техническом образовании.....	60
3.1 Общая характеристика дисциплины «Методы фрактального анализа»... ..	60
3.2 Основы курса.....	61
3.3 Состав программной основы курса. Программа Fractan.....	62
3.4 Варианты заданий для проведения семинарских занятий.....	65

3.5 Реализуемые курсом компетенции специальности.....	72
Глава 4 Поверхность как фрактальный кластер.....	74
4.1 Концепция технологического обеспечения изготовления деталей машин с заданными эксплуатационными свойствами.....	74
4.2 Влияние фрактальной субмикроструктуры поверхностного слоя на эксплуатационные свойства деталей машин.....	84
4.3 Математическая модель формирования поверхности деталей машин на основе кластерных представлений.....	93
Список литературы.....	103

Введение

Изучение процесса формирования поверхности и ее геометрических характеристик имеет давнюю историю, однако проблемы качества поверхности продолжают существовать и, более того, приобретают особую актуальность в связи с созданием новых технологий обработки материалов.

Они отчетливо проявляются в области нанотехнологий, для которых шероховатость рассматривается не как вторичная характеристика поверхности, являющаяся «откликом» структуры поверхностного слоя на воздействие того или иного физического процесса, но и как свойство самой структуры.

Кроме того, форма элементов шероховатости, возникающих на поверхности при воздействии на материал концентрированными потоками энергии (при обработке такими методами как размерная электрохимическая обработка, CVD-процессы, плазменная обработка и др.), как правило, сильно отличается от традиционного представления шероховатости как о периодическом чередовании выступов и впадин, описываемых в рамках евклидовой геометрии.

В связи с этим актуальна задача разработки и применения новых подходов в оценке шероховатости поверхности. Одним из возможных направлений поиска таких подходов является использование теории фракталов и разработанного на ее основе фрактального анализа, а в качестве оценочного количественного параметра – фрактальной размерности D .

Фрактальный анализ позволяет оценить шероховатость поверхности независимо от формы ее элементов и плотности их распределения, что придает такой оценке свойство универсальности.

Глава 1 Общие сведения о фракталах

1.1 Понятие фрактал

Термин «фрактал» происходит от латинского слова *fractus*, что означает дробный, изрезанный. В научных работах [1, 2] фрактал определяется как:

- структуры, состоящие из частей, которые в каком-то смысле подобны целому;
- множества, размерность Хаусдорфа-Безиковича D которых строго больше их топологической размерности.

Кроме того, физические свойства фракталов отражены в определении:

- фракталы – это геометрические объекты, имеющие сильно изрезанную структуру и обладающие свойством самоподобия в ограниченном масштабе.

К объективным причинам возникновения теории фракталов можно отнести [3]:

1. Неспособность или крайняя сложность евклидовой геометрии описать природные объекты;
2. Ограниченность традиционных методов описания характера поведения природных объектов.

Специфика описания объекта с помощью геометрии Евклида состоит в том, что с приближением своего взгляда к объекту последний становится проще: трехмерный параллелепипед становится двумерной плоскостью, затем – одномерной линией и, наконец, точкой. Природный объект дает все больше деталей по мере приближения взгляда, вплоть до субатомного уровня. Таким же свойством обладают фракталы. Чем с большей тщательностью мы их изучаем, тем больше деталей можно увидеть.

Вторая причина вызвана тем, что попытки описать объекты природы классическими приемами вызывают потерю весомой части ценной информации. Потеря информационной составляющей обуславливается характером поведения элементов окружающего мира, подчиняющегося степенному закону распределения вероятностей с «тяжелым хвостом» (паретианам), достигающим стабильной

величины порядка 10-20% [4]. При этом традиционные подходы рассматривают фрактал с точки зрения гауссовой статистики, нечувствительной к паретиане.

К особенностям фракталов можно отнести:

- самоподобие (каждый уровень подобен целому и любая часть структуры имеет ту же величину фрактальной размерности, что и сам объект; при случайном характере фракталов понятие самоподобия имеет статистический смысл);

- масштабная инвариантность, то есть степень неправильности и (или) фрагментации неизменна во всех масштабах;

- характер поведения подчиняется степенному закону распределения вероятностей;

- дробная размерность (фрактальная размерность, размерность Хаусдорфа-Безиковича, параметр D).

В настоящее время существует две наиболее удобные классификации фрактальных объектов.

Согласно первой [4], все фракталы подразделяются на математические и физические (рисунок 1.1).

По второй классификации выделяют алгебраические, геометрические и стохастические фракталы, отражающие свойства математических фракталов (таблица 1.1).

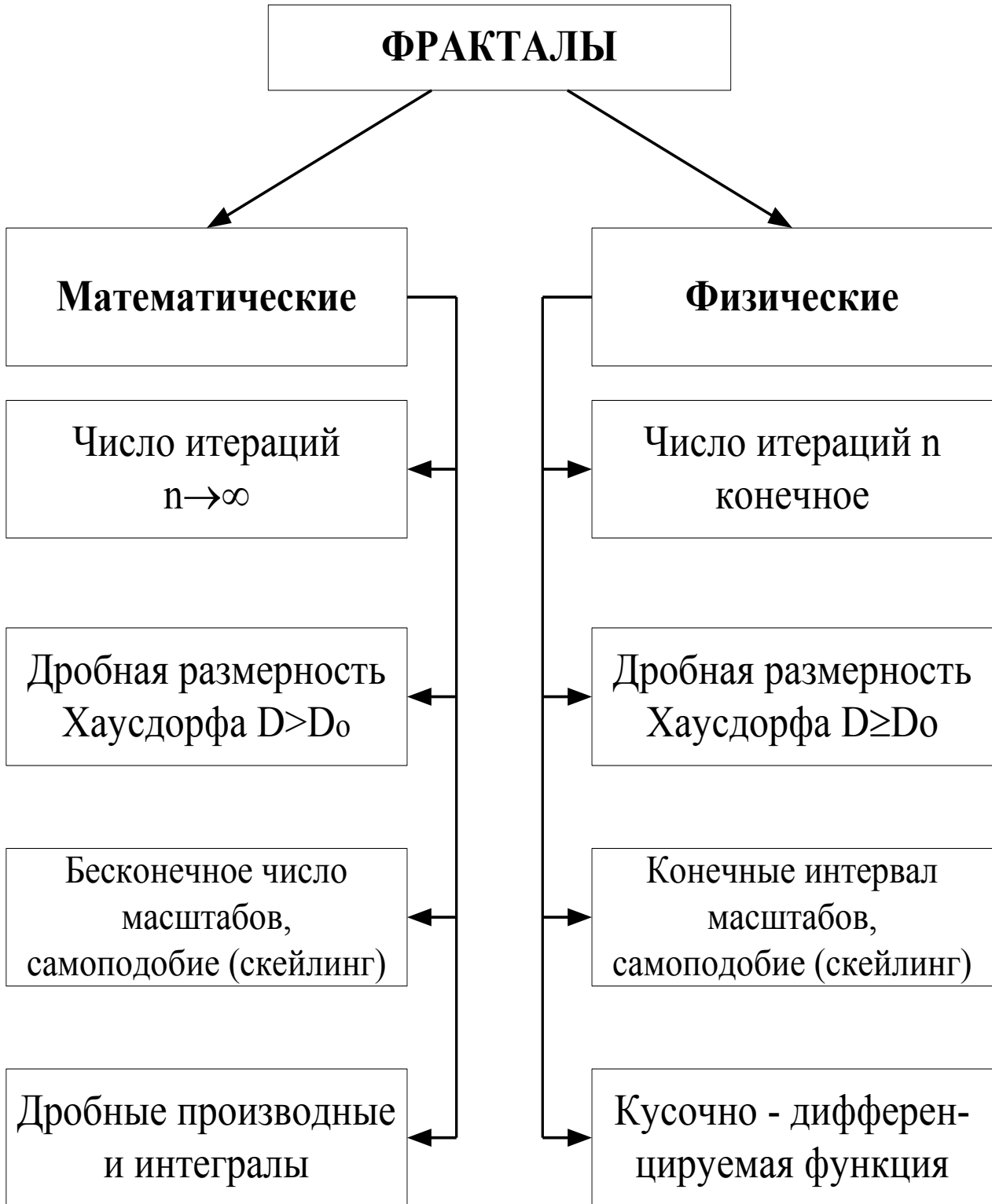


Рисунок 1.1 - Классификация фракталов №1

Таблица 1.1 – Классификация фракталов №2

ФРАКТАЛЫ		
1. Алгебраические	2. Геометрические	3. Стохастические
Описание: их получают с помощью нелинейных процессов в n -мерных пространствах использованием алгебраических формул	Описание: в двумерном случае их получают с помощью некоторой ломаной линии называемой генератором. За один шаг алгоритма каждый из отрезков, составляющих ломаную, заменяется на ломаную-генератор, в соответствующем масштабе	Описание: в итерационном процессе их построения случайным образом меняются какие-либо параметры
Пример: множество Мандельброта (рисунок 1.2)	Пример: снежинка Коха (рисунок 1.3)	Пример: фрактальные модели природных объектов (рисунок 1.4)

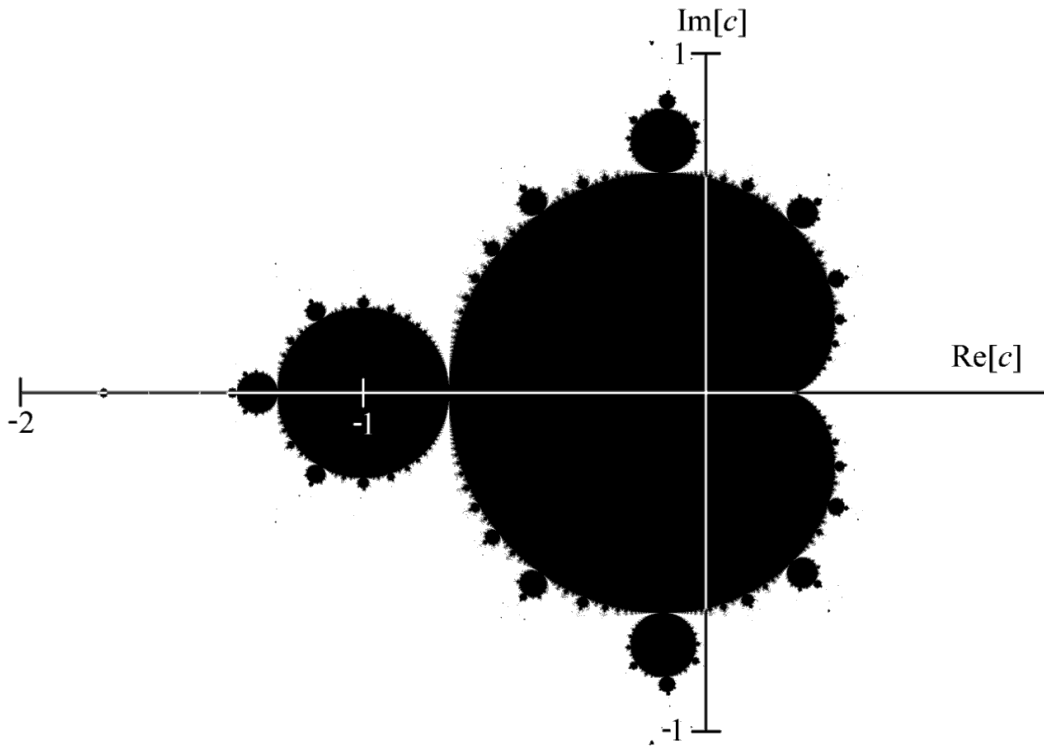


Рисунок 1.2 - Множество Мандельброта [1]

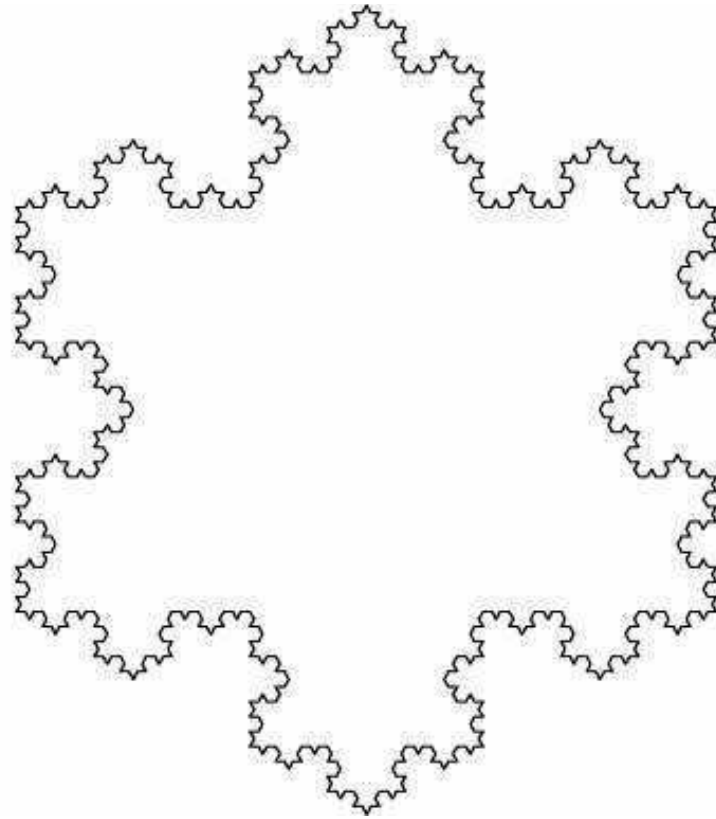


Рисунок 1.3 - Снежинка Коха [4]

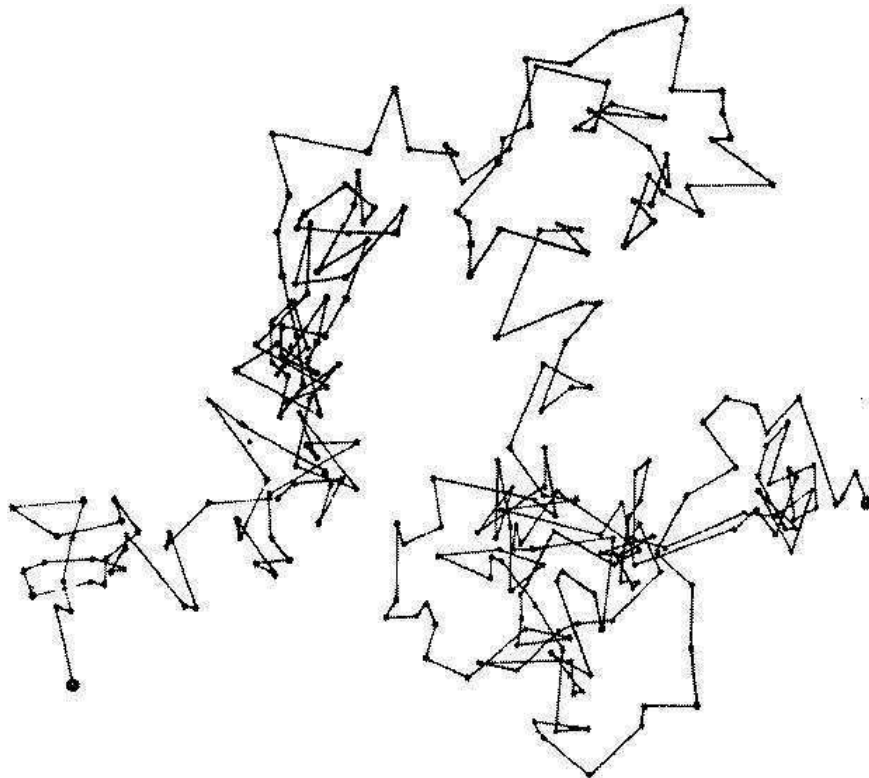


Рисунок 1.4 – Фрактальная модель траектории броуновского движения [2]