

характер исследуемой микроструктуры. Значение фрактальной размерности определяется по методу наименьших квадратов [2].

Прологарифмируем выражение (1) для вычисления  $D_{пр}$ :

$$D_{пр} = \frac{\ln N}{\ln(R/r_0)}, \quad (2)$$

В результате расчета получены значения фрактальной размерности структуры многослойного материала: для запечатанного пакета молока 1,5% фрактальная размерность микропрофиля образца,  $D_{пр}=1,16979$ , а фрактальная размерность структуры,  $D=2,16979$ , для запечатанного пакета молока 2,8% фрактальная размерность микропрофиля образца,  $D_{пр}=1,01379$ , а фрактальная размерность структуры,  $D=2,01379$ , для запечатанного пакета молока 3,8% фрактальная размерность микропрофиля образца,  $D_{пр}=1,01903$ , а фрактальная размерность структуры,  $D=2,01903$ .

Свойства поверхности многослойного материала имеют большое практическое значение и во многом определяют возможность воспроизведения тех или иных изображений. По величинам фрактальных размерностей микроструктуры поверхности многослойного упаковочного материала на лицевой стороне в запечатанном виде можно прогнозировать поведение многослойного материала в процессе печатания и оценить влияние структуры материала на его свойства, что важно для упаковки.

### Литература

1. Грудо, С. К. Исследование характера изменения фрактальной структуры пленочных материалов для упаковки / С. К. Грудо, А. Н. Кудряшова // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. - Минск : БГТУ, 2019. - № 1 (219). - С. 11-16.

2. Кулак М. И., Боброва О. П., Пиотух И. Г. Взаимосвязь параметров структуры бумаги и давления печатного контакта // Труды БГТУ: Физико - математические науки и информатика. 2000. Вып. 8. С. 82-92.

УДК 539.3.01

### **ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ МНОГОСЛОЙНОГО МАТЕРИАЛА**

Кузьмич В.В., Коротыш Е.А., Медяк Д.М., Остапенко И.В.  
Белорусский национальный технический университет

В связи с высокими темпами развития отрасли производства упаковки, появляется необходимость разработки новых материалов, которые отвечают всем необходимым требованиям и обладают комплексом механических свойств. Основные требования, предъявляемые к упаковочным материалам, заключаются в предохранении упакованного товара от воздействия влаги, света, тепла, воздуха, а также от механических воздействий и пр., кроме этого упаковочный материал должен обеспечивать сохранность качества и количества товара при транспортировании, хранении и реализации.

Для выполнения данных требований необходимо постоянно совершенствовать производство существующих упаковочных материалов, разрабатывать альтернативные материалы. На основании этого огромное значение приобретают функциональные и физико-механические свойства, а также структурные характеристики материалов.

Использование нового математического аппарата для производства упаковочной продукции – теории фракталов, вызывает необходимость в создании специальной методики экспериментального изучения поверхностных свойств запечатываемого материала.

Наиболее распространенным на практике методом исследования микроструктуры поверхности материала является измерение ее гладкости. Способ непосредственного определения микроструктуры заключается в измерении неровностей поверхности по профилограммам поверхности, которые характеризуют микрорельеф поверхности упаковочного материала. Для реализации данного метода была исследована фрактальная структура полиграфических материалов, рассчитана их фрактальная размерность. Метод включал следующие процедуры: определение системы параметров с которыми будет получена микрогеометрия поверхности для различных типов многослойного материала; технологию оцифровки полученной микрогеометрии поверхности; программное сопровождение позволяющее провести анализ фрактальных свойств структуры многослойного упаковочного материала. Показатель фрактальной размерности микропрофиля материала  $D_{пр}$  рассчитывался по формуле:

$$D_{пр} = \frac{\ln N}{\ln(R/r_0)}, \quad (1)$$

где  $R$  – длина участка профилограммы материала;  $N$  – количество шагов, необходимых для покрытия профилограммы с учетом масштаба  $r_0$ .

Чтобы охарактеризовать поверхностную микрогеометрию, а также пространственную структуру упаковочного материала наиболее оптимально как раз использовать фрактальную размерность  $D$ .

Формы для плоской офсетной печати представляют собой плоскую твердую (металлическую) поверхность. При изготовлении монометаллических печатных пластин используют алюминиевую основу, на поверхности которой электрохимическим зернением последовательно создают высокоразвитую структуру с тремя типами микронеровностей – крупными, средними и мелкими (рис.1). Профиль среза поверхности формной пластины очень напоминает регулярный фрактал – кривую Коха (рис. 2).

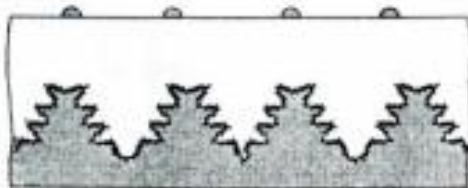


Рисунок 1 – Профиль среза поверхности формной пластины



Рисунок 2– Пример регулярного фрактала – кривая Коха

В результате исследований было выявлено, что:

1 – одним из наиболее важных свойств фрактальных объектов является инвариантность относительно параллельного переноса и изменения масштаба, а именно –самоподобие.;

2 – математической формой описания изменения масштаба выступает простая степенная функция  $f(x) = x^a$ , где всего одно число – показатель степени  $a$  – характеризует сложную итерационную процедуру рождения фрактальной структуры – восхождения от малого к большому и от простого к сложному.

3 – самоподобие фрактальных объектов позволяет сравнительно просто получить скейлинговые законы поведения величин, характеризующих процессы.

4 – выбран наиболее распространенный на практике метод исследования микроструктуры поверхности, это измерение ее гладкости, который заключается в измерении неровностей поверхности по профилограммам поверхности.

5 – определен показатель фрактальной размерности микропрофиля материала Дпр. В результате чего, появляется возможность математически описать разнотность микропрофиля исследуемого объекта.

6 – исследуемая фрактальная поверхность имеет не только необычный микропрофиль, но и интересные свойства, многие из которых могут оказаться в перспективе полезными и в других отраслях науки и техники [1].

## Литература

1. Кулак, М.И. Фрактальная механика материалов / Ред. Л.Н. Базулько, А.П. Берлина. – Минск: Вышэйшая школа, 2002. – 304 с.

УДК 004.9

### ПРЕЗЕНТАЦИЯ ДИЗАЙН-ПРОЕКТОВ СРЕДСТВАМИ ПРИЛОЖЕНИЯ «GOOGLE SLIDES»

Кашевский П.А.

Белорусский национальный технический университет

Результатом проектной деятельности в любой сфере дизайнерского проектирования является итоговый проект, представляющий собой «промежуточное или конечное описание объекта проектирования, зафиксированное в соответствующей художественно-конструкторской документации, необходимое для составления технической документации производства и последующей эксплуатации продукции» [1, с. 197].

В соответствии с этим, актуализируется проблема презентации дизайн-проектов как в профессиональной деятельности дизайнера, так и в процессе учебной деятельности студентов.

Одной из форм представления результатов учебной художественно-проектной деятельности студентов – будущих промышленных дизайнеров, является совместный итоговый многостраничный электронный документ, который затем может быть распечатан и сброшюрован в форме каталога. В нем, все студенты одной группы, постранично размещают свои итоговые дизайн-проекты. Эта форма актуальна для многих учебных дисциплин, преподаваемых на кафедре «Промышленный дизайн и упаковка» БНТУ: «Художественно-дизайнерское проектирование», «Проектная графика и др.

Одним из интересных и универсальных инструментов, благодаря которому можно в режиме реального времени представлять проекты,