

МИКРОГЕОМЕТРИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ КАРТОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТАРЫ ОФСЕТНЫМ СПОСОБОМ ПЕЧАТИ

One of the widely used materials for manufacturing a container and packing is cardboard made out by a polygraphic method. Therefore there is a necessity of the study of its influence on the factor of ink transition in an offset printing method. Because of the large variety of packing sealed materials it is urgent question about more detailed consideration of behavior of cardboard surfaces.

Выбор упаковочного материала может быть основан не только на его технологических и декоративных свойствах, но и на структурных, которые зачастую являются немаловажными, а порой и определяют выбор того или иного материала для оформленной полиграфическим способом упаковки. Полиграфические картоны — достаточно удобный материал для оформления офсетным способом печати и создания прочной, эффективной и привлекательной упаковки, поэтому исследование его свойств занимает немаловажное место в изучении комплекса печатного процесса [1].

Потребительские свойства, которыми должен обладать картон, — это комплекс свойств, определяющий качество полиграфической продукции в соответствии с условиями ее использования. К ним относятся оптические свойства, внешний вид, фактура материала и другие. Технологические, или рабочие, свойства картона определяют поведение и взаимодействие материалов в процессе изготовления полиграфической продукции. Нередко картон в качестве запечатываемого материала может представлять сложности в процессе печати, так как он значительно отличается по свойствам, в том числе и поверхностным, от различных видов бумаг, используемых в офсетной технологии. Как правило, картоны характеризуются большим непостоянством свойств и соответственно могут создавать проблемы при осуществлении переноса краски в офсетной печати.

Чтобы исследовать влияние вида запечатываемой поверхности на коэффициент переноса, необходим более пристальный взгляд на фрактальную модель переноса краски, где коэффициент перехода краски, характеризующий процесс офсетного способа печати, определялся следующим образом [2]:

$$P_{\text{ф-о-п}} = \frac{\alpha \beta h_{\text{отт}} (1 - \tilde{h}_{\text{отт}}^{2-D_{S_6}})}{h_{\text{отт}} (1 - \tilde{h}_{\text{отт}}^{2-D_{S_6}}) + \beta h_{\text{омах}} (1 - \tilde{h}_{\text{омах}}^{2-D_{S_6}}) + \alpha \beta h_{\text{фмах}} (1 - \tilde{h}_{\text{фмах}}^{2-D_{S_6}})} \quad (1)$$

Анализ приведенного выражения показывает, что коэффициент перехода зависит от фрактальных размерностей D_S и размахов h участвующих в процессе передачи краски поверхностей: печатной формы, офсетного полотна и запечатываемой поверхности (картона). Если вид печатной формы и офсетного полотна меняется достаточно редко (часто на производстве довольно продолжительное время используют один тип формных пластин и офсетных полотен), то вид запечатываемого материала может меняться.

Таблица 1

Характеристики микропрофилей картонов

Наименование	Картон	Картон	Картон хром-эрзац	Картон		
	Strompack (Финляндия)	«Балтика» (Польша)	мелованный (С.-Петербург)	полиграфический марки «М» (Слоним)		
Масса метра квадратного, г/м ²	180	230	320	240	370	420
Фрактальная размерность поверхности	2,305	2,289	2,392	2,348	2,449	2,383
Размах микронеровностей, мкм	7,11	1,77	4,73	11,87	13,66	11,31

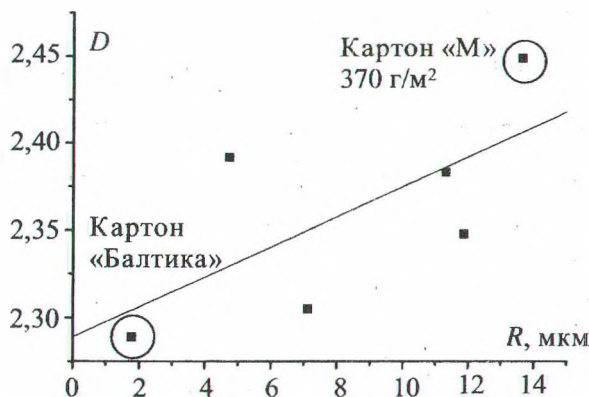


Рис. 1. Зависимость фрактальной размерности от размаха для образцов картона

Учитывая вышесказанное, можно предположить, что в данной модели чаще остальных будут меняться характеристики запечатываемой поверхности. Поэтому целесообразно исследовать влияние изменения фрактальной размерности и размаха картона на коэффициент перехода.

Изучению подлежали шесть видов полиграфических картонов различных фирм-производителей, используемых для изготовления тары и упаковки и оформления офсетным способом печати: Strompack фирмы «Stromsdal» (Финляндия), «Балтика» фирмы «International Paper» (Польша), хром-эрзац мелованный Санкт-Петербургского картонно-полиграфического комбината, три вида полиграфического картона Слонимского картонно-бумажного завода «Альбертин» с массами 240, 370, 420 г/м². Характеристики исследуемых картонов приведены в табл. 1.

Очевидно, что характеристики приведенных картонов сильно различаются, имеются разбежки как в значениях фрактальных размерностей, так и в значениях размахов микронеровностей. Для изучения влияния необходимо использовать некоторые усредненные значения. С этой целью строится графическая зависимость фрактальной размерности от размаха (рис. 1). Картонами, которые обладают так называемыми граничными свойствами, являются картон «Балтика» с характеристиками $D = 2,289$ и $R = 1,77$ мкм и полиграфический картон Слонимского производства марки «М» массой 370 г/м² $D = 2,449$ и $R = 13,66$ мкм.

Полученные экспериментальные значения аппроксимируются линейной зависимостью, регрессионное выражение которой имеет вид

$$D(R) = 2,289 + 8,558 \cdot 10^{-3} R.$$

Используя данную зависимость фрактальной размерности от величины размаха, можно получить характеристики так называемых абстрактных, или теоретических, картонов. Задав точные значения размахов по регрессионному уравнению, получим расчетные значения фрактальных размерностей. Характеристики абстрактных картонов А, В, С, D приведены в табл. 2.

Подставив полученные значения в программу для расчета коэффициента перехода, получим графические зависимости коэффициентов от толщины слоя краски на оттиске для четырех абстрактных картонов (рис. 2).

Таблица 2

Характеристики абстрактных картонов

Наименование характеристики	Картон			
	А	В	С	Д
Размах микронеровностей R , мкм	13,0	10,0	7,0	4,0
Фрактальная размерность D	2,400	2,375	2,349	2,323

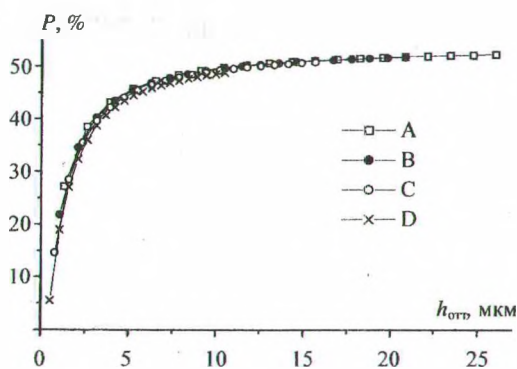


Рис. 2. Влияние изменения фрактальной размерности и размаха картона на коэффициент переноса

Расположение зависимостей на графике показывает, что при увеличении значений размаха и фрактальной размерности происходит сдвигание вверх и удлинение графика при том же количестве рассматриваемых точек.

Для более детального изучения влияния каждой составляющей на процесс перехода краски было зафиксировано среднее значение фрактальной размерности $D = 2,375$ и последовательно изменялись значения размахов микронеровностей (рис. 3а). Следующий шаг состоял в фиксировании размаха на значении $R = 9,0$ мкм и изменении значений фрактальной размерности (рис. 3б).

Анализируя рис. 3а и рис. 3б, можно выявить следующие закономерности изменения. При увеличении размаха микропрофиля происходит увеличение длины кривой при том же количестве исследуемых точек, причем начальные точки для картона D, имеющего наименьшие значения фрактальной размерности и размаха, соответствуют более низким значениям коэффициента переноса (порядка 16–17%), чем для картона A, имеющего наибольшие значения фрактальной размерности и размаха, значения которого соответствуют 38–39% переходу краски в офсетном способе печатания. Следует заметить, что начальные точки соответствуют не одному и тому же значению толщины слоя краски на оттиске, а при переходе от картона D к A сдвигаются по данной оси в пределах от 0,1 мкм до 0,3 мкм. Результирующие значения, которых можно достичь при использовании данного картона, составляют для картона D 58–59% и для картона A 61–62%. Возрастание фрактальной размерности влечет за собой изменение расположения графика относительно осей. Абстрактному картону D соответствует самое нижнее расположение кривой, а картону A — самое верхнее.

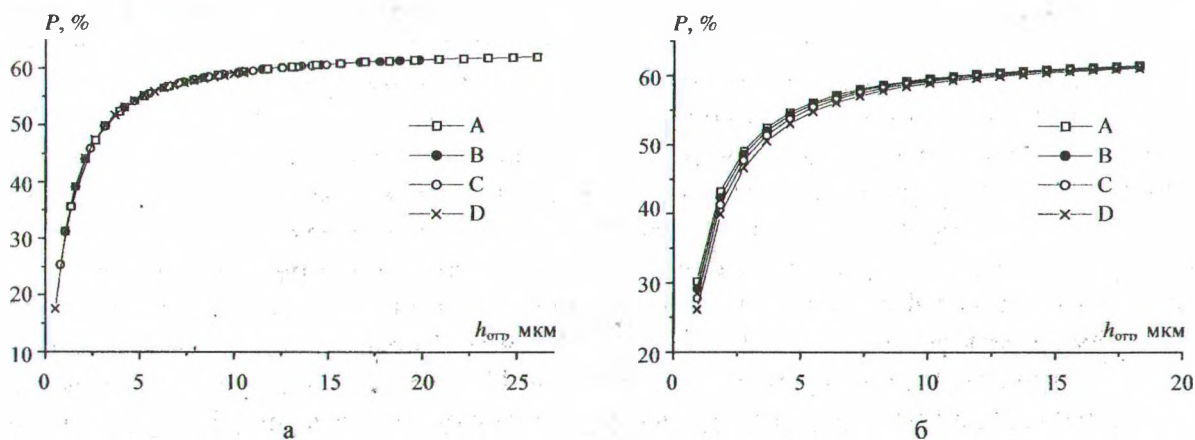


Рис. 3. Влияние изменения размаха картона при постоянном значении фрактальной размерности (а) и фрактальной размерности картона при постоянном значении размаха (б) на коэффициент переноса

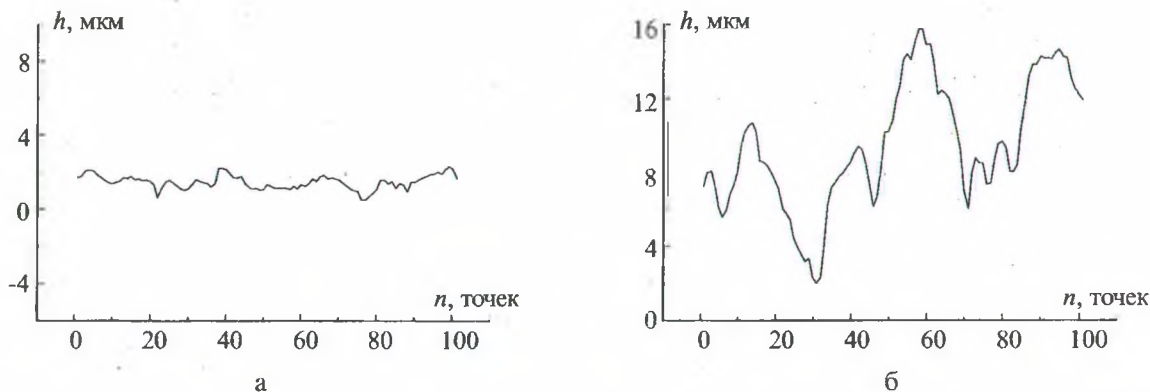


Рис. 4. Микропрофили картонов: а — картон «Балтика»; б — Слонимский картон марки «М», 370 г/м²

Значений коэффициента перехода при постоянной толщине слоя краски на оттиске, равной 1 мкм, для картона D составляет 26%, для картона А — 30%. При достижении толщины слоя краски на оттиске порядка 17 мкм значения коэффициента перехода для всех четырех картонов сближаются и равны приблизительно 61%. Таким образом, очевидно, что размах микропрофиля отвечает за форму результирующей кривой и максимально достигаемые значения коэффициентов перехода для офсетной технологии печати, а фрактальная размерность — за ее расположение относительно осей.

Последующие исследования связаны с более подробным изучением поведения микропрофилей, полученных для картонов. Это связано с тем, что при изготовлении упаковки могут использоваться картоны, имеющие заданную характерную поверхностную структуру, например, картоны типа лен или с тиснением. Исследование таких картонов профилографическим методом с определением фрактальной размерности не всегда может отразить реальную картину поведения микропрофиля, так как они обладают глобальными вершинами и впадинами, соответствующими рельефной структуре поверхности.

На рис. 4 представлены микропрофили двух граничных картонов в одном масштабе для того, чтобы наглядно продемонстрировать сопоставление поперечных срезов образцов картонов. Очевидна их «непохожесть» друг на друга, сравнение позволяет выявить и наглядно оценить различия. Микропрофиль картона «Балтика» характеризуется наличием мелких впадин и мелких пиков (рис. 4а), а профиль Слонимского картона (рис. 4б) — наличием высоких пиков, глубоких впадин и практически отсутствием небольших микронеровностей.

В последние годы было опубликовано много исследований фрактальной структуры поверхностей. Фрактальным объявлялось все — от молекулярных поверхностей белков до взлетных полос аэродромов. Однако наблюдаемое фрактальное поведение не охватывает широких диапазонов пространственных масштабов, и можно сомневаться в надежности найденных оценок фрактальной размерности [3]. Поэтому возникла необходимость в проведении нового ряда экспериментов.

Высота поверхности, обозначенная как z , была измерена последовательно в точках x вдоль одного направления. Имея большое число измерений по всему исследуемому участку поверхности, представилось возможным использовать преобразования Фурье. Значения высоты микропрофиля можно разложить, т. е. представить его в виде суммы гармонических функций либо комплексных экспонент с частотами, образующими арифметическую прогрессию. Преобразование Фурье является инструментом спектрального анализа непериодических сигналов [4]. Применяв для разложения ряд Фурье в синусно-косинусной форме и взяв действительную часть преобразования, получим расчетное выражение спектра мощности следующего вида:

$$F(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x z(x) \cos(kx) dx. \quad (2)$$

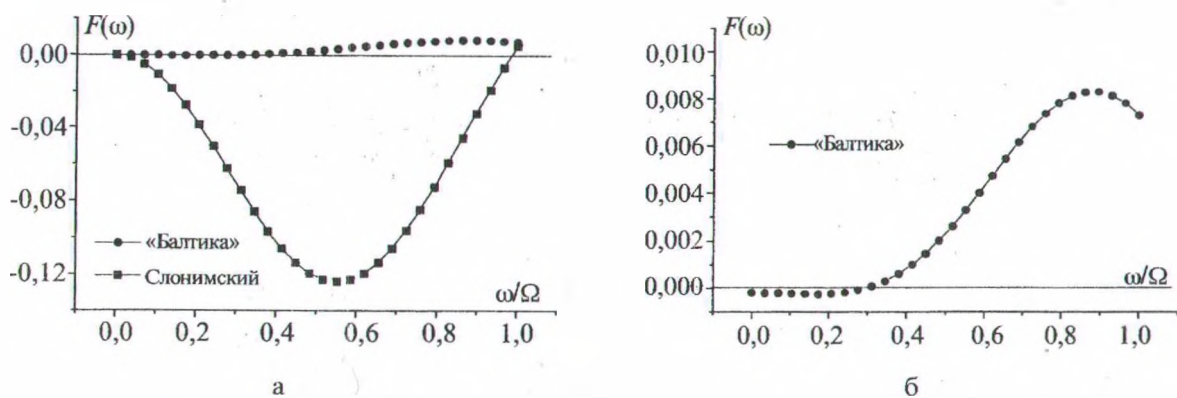


Рис. 5. Частотное распределение (от 0 до 2π) для профилограмм: а — картона Слонимского и «Балтика»; б — для картона «Балтика»

Для упрощения процесса расчета и построения графических зависимостей целесообразно использовать компьютерную обработку данных. Однако для создания программы, позволяющей выполнить расчет по данному выражению, необходимо преобразовать формулу (2) в вид, пригодный для компьютерного программирования. С этой целью было применено численное интегрирование по методу трапеций. Использование этого метода позволило заменить операцию интегрирования на многократные операции сложения переменных, что, в свою очередь, допустило организовать программный расчет по данному выражению. Графические зависимости, полученные в результате выполнения программы для микропрофилей двух граничных картонов «Балтика» и Слонимского, приведены на рис. 5.

Однако некоторые теоретические выкладки по данному вопросу нуждаются в дополнительной проработке; полученные результаты позволяют говорить в общих чертах о сути различий между двумя отличными поверхностями запечатываемого материала. Очевидно, что поведение обеих кривых абсолютно различно. В то время как кривая значений для картона «Балтика» лежит вблизи оси абсцисс, кривая значений для Слонимского картона имеет ярко выраженный минимум. Однако при увеличении масштаба графического отображения для картона «Балтика» становится очевидно, что функция так же имеет экстремум в виде максимума, как и кривая значений для Слонимского картона. В целом следует отметить совершенно непохожее поведение кривых.

Подытоживая проделанную работу, можно сказать о перспективах использования полиграфических картонов в сфере производства тары и упаковки. Начатые исследования демонстрируют возможность управления выбором картона при осуществлении офсетного способа печати. В связи с последними тенденциями увеличения скорости печатания, ужесточения требований к печатному процессу, создания гибких автоматизированных систем управления очевидна необходимость более полного охвата печатного процесса при моделировании офсетной технологии. Дальнейшее изучение свойств запечатываемых материалов позволит уточнить модель переноса краски в офсетной печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулак М. И., Медяк Д. М., Ярош О. А., Пивоварчик И. А. Картонная упаковка — оптимальное решение // Технологии переработки и упаковки. — 2002. — № 8. — С. 22–23.
2. Кулак М. И., Медяк Д. М. Механика краскопереноса в офсетной технологии печати // Сб.: Актуальные проблемы динамики и прочности в теоретической и прикладной механике. — Мн.: УП «Технопринт», 2001. — С. 283–287.
3. Федер Е. Фракталы. — М.: Мир, 1991. — 254 с.
4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. — СПб.: Питер, 2002. — 608 с.