

Пиотух И. Г., ассистент; Медяк Д. М., аспирант

**АНИЗОТРОПИЯ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ БУМАГИ**

Research fractal properties of a microstructure of a surface of a paper allows on the basis of calculation fractal dimension to define anisotropy of its surface, and also to reveal connection between structure and properties of a paper that will allow to predict its behaviour during printing.

Печатная бумага представляет собой сложную гетерогенную структуру, состоящую из отдельных волокон, частиц наполнителя и других компонентов, свойства которой зависят от большого числа факторов, связанных с характером сырья и используемых вспомогательных материалов, с технологией и условиями их переработки, с технологическими параметрами отлива, формирования, прессования, сушки и отделки бумаги. Количественные показатели свойств бумаги проверяют химическими, механическими, физико-химическими и физическими методами, используя контрольно-измерительную аппаратуру. Бумага должна удовлетворять общим техническим требованиям: иметь ровную и гладкую поверхность, хорошо воспринимающую краску и с заданной графической точностью воспроизводящую изображение, а также иметь достаточную механическую прочность в процессе печатания. Существенными факторами, влияющими на поведение бумаги в процессе печатания, являются ориентация волокон и равномерность их распределения в полотне.

При формировании бумаги волокна располагаются не хаотически: количество волокон, вытянутых вдоль машинного направления, превышает количество волокон, расположенных перпендикулярно к нему. Такое распределение приводит к неравномерности физико-механических свойств бумажного полотна, или анизотропии, которая проявляется в различии свойств бумажного полотна в машинном и поперечном направлениях и определяется ориентацией волокна в бумаге. При формировании бумаги на сеточном столе машины волокна ориентируются потоком и сеткой вдоль машинного направления. Уменьшение анизотропии ориентации волокон сопровождается снижением прочности в машинном направлении и ростом в поперечном направлении. Показатели анизотропии бумаги являются важными и определяющими ее поведение в процессе печатания [1, 2].

Для определения анизотропии бумаги были проведены эксперименты по исследованию микроструктуры поверхности бумаги с помощью профилометра с алмазной иглой на основе ранее разработанной методики, которая включает последовательность следующих операций: построение профилограмм для различных видов бумаги в машинном и поперечном направлениях, подготовку профилограмм для последующей математической обработки, оцифровывание профилограмм. Математическая обработка полученных профилограмм позволила определить количественные значения фрактальных топологических размерностей, позволяющих характеризовать микроструктуру поверхности печатной бумаги [3]. В качестве образцов для проведения эксперимента были выбраны образцы мелованной бумаги Lumy Art, офсетной бумаги №1 и газетной бумаги Кондопогского ЦБК. Кроме определения анизотропии поверхности бумаги, в данном эксперименте ставилась задача узнать различие поверхностей лицевой и сеточной сторон в одном направлении с целью определения разных свойств бумаги при печати на обеих сторонах запечатываемого материала. Результаты проведенных приведены в таблице. Как показывают результаты исследований, анизотропия поверхности бумаги наиболее выражена для офсетной и газетной бумаги, о чем говорят показатели фрактальных размерностей.

## Анизотропия структуры бумаги

Вид бумаги, сторона, направление	Фрактальная размерность микропрофиля бумаги $D_{np}$	Анизотропия бумаги в продольном и поперечном направлениях, %	Различие структуры бумаги на лице и обороте, %
Мелованная, лицо, вдоль	1,192		
Мелованная, оборот, вдоль	1,192		0
Мелованная, лицо, поперек	1,194	0,17	
Мелованная, оборот, поперек	1,194	0,17	0
Офсетная, лицо, вдоль	1,492		
Офсетная, оборот, вдоль	1,597		7,03
Офсетная, лицо, поперек	1,541	3,28	
Офсетная, оборот, поперек	1,604	0,44	4,08
Газетная, лицо, вдоль	1,644		
Газетная, оборот, вдоль	1,775		7,96
Газетная, лицо, поперек	1,685	2,49	
Газетная, оборот, поперек	1,800	1,40	6,82

Особенность строения офсетных и газетных видов бумаги в том, что они обладают более рельефной поверхностью. Для мелованной бумаги анизотропия поверхности не выражена. Это объясняется тем, что на анизотропию структурных свойств бумаги большее влияние оказывает характер распределения проклеивающих, окрашивающих веществ и наполнителей. Благодаря наличию мелового слоя, поверхность бумаги приобретает менее рельефную структуру, а неровности поверхности бумаги сглаживаются. Именно по этой причине различия в фрактальных размерностях на лицевой и сеточной сторонах для мелованной бумаги являются минимальными и составляют 0,17%.

Кроме того, необходимо отметить, что анизотропия поверхности для газетной и офсетной бумаги наиболее выражена на сеточной стороне, что связано с особенностями технологии ее изготовления. По той же причине для данных видов бумаги также значительно различие в фрактальных размерностях на лицевой и сеточной сторонах в одном направлении. По величинам фрактальных размерностей микроструктуры поверхности бумаги в продольном и поперечном направлении, а также на лицевой и сеточной сторонах можно прогнозировать поведение бумаги в процессе печатания и оценить влияние структуры бумаги на ее свойства.

Структурные свойства бумаги оказывают весьма существенное влияние на стабильность размеров и деформацию бумаги при колебаниях температуры и влажности окружающего воздуха, что является особенно важным для печатной бумаги. При увлажнении происходит изменение размеров бумаги, однако изменение диаметра волокна при изменении влагосодержания намного превосходит изменение их длины. Поэтому при наличии машинной ориентации волокон деформация бумаги в поперечном направлении больше, чем в машинном, что может при прохождении бумаги в печатной машине приводить к таким дефектам, как нарушение линейных размеров, что, в свою очередь, обуславливает возникновение несоответствия при печатании многокрасочной продукции.

Учет машинной ориентации оказывается более важным при печатании на мелованной бумаге, которая характеризуется более сомкнутой структурой и большей связанностью волокон, увеличение размеров которых в большей степени сказывается на изменении линейных размеров бумаги, чем на бумаге с менее сомкнутой структурой, например газетной и офсетной. В то же время наличие мелового слоя ограничивает набухание волокон, а также обеспечивает повышение стабильности

линейных размеров бумаги в процессе печатания. Характер указанных воздействий проявляется как непосредственно при контакте бумаги с жидкостью, так и при колебаниях относительной влажности окружающего воздуха.

Результаты исследований различий лицевой и сеточной сторон бумаги в одном направлении показали, что верхняя сторона листа имеет более гладкую поверхность и сомкнутую структуру по сравнению с сеточной стороной. Как правило, сеточная сторона беднее содержанием мелких волокнистых частиц, наполнителя, проклеивающих и других веществ. На сеточной стороне листа и в близлежащих к сетке слоях в большей степени проявляется преимущественная ориентация волокон в машинном направлении, а также имеется сеточная маркировка. Именно этим и обусловлено различие в фрактальных размерностях лицевой и сеточной сторон, что, в свою очередь, может оказывать влияние на перенос печатной краски при двухстороннем печатании. Поэтому влияние различий лицевой и сеточной сторон в наибольшей степени сказывается на офсетной и газетной бумаге, обладающих большей пористостью, и в меньшей степени на мелованной, прошедшей дополнительную обработку каландрами для придания ей свойств машинной гладкости.

Свойства структуры бумаги обуславливают пыление и выщипывание с ее поверхности в процессе печатания. Причиной пыления бумаги является значительная неоднородность ее структуры, в особенности структуры поверхности бумаги. Пыление, как правило, больше с сеточной стороны, которая отличается более неоднородной структурой, что характерно для различных видов офсетной и газетной бумаги, и в меньшей степени — для мелованной бумаги.

Выщипывание с поверхности бумаги отдельных волокон происходит вследствие адгезионно-когезионных свойств краски в процессе нанесения ее на поверхность бумаги, особенностей технологии печатания и обусловлено свойствами структуры ее поверхности. Повышение однородности формирования бумажного полотна, обеспечивающее общее увеличение прочности и гладкости поверхности, способствует повышению прочности бумаги на выщипывание, что характерно для мелованной бумаги.

Способность бумаги воспринимать краску в значительной мере определяется микроструктурой ее поверхности и может быть оценена количеством краски, перенесенной на бумагу в процессе получения оттиска. Неравномерная структура бумаги, обусловленная преимущественно ориентацией волокон, может приводить к растеканию краски, которое снижает четкость оттиска, что в большей степени можно отнести к газетной и офсетной бумаге.

Таким образом, проведенные исследования по выявлению анизотропии поверхности бумаги и различия микроструктуры лицевой и сеточной сторон на основе определения фрактальной топологической размерности подтверждают наличие тесной связи между печатными свойствами бумаги и микроструктурой ее поверхности, что дает возможность прогнозировать и управлять технологическим процессом печатания и качеством выпускаемой продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ястребов О. И., Кундзич Г. А. Непрерывный контроль физико-механических свойств и дефектов бумажного полотна. — М.: Лесная промышленность, 1975. — 216 с.
2. Вайсман Л. М. Структура бумаги и методы ее контроля. — М.: Лесная промышленность, 1973. — 152 с.
3. Кулак М. И., Пиотух И. Г., Позднев Г. Н. Фрактальный подход к описанию микроструктуры печатной бумаги // Квалилогия книги: Сб. науч. работ. — Львов, 1998. — С. 24—25.