

УДК 686.1

**Марченко И. В.**, старший преподаватель (БГТУ);  
**Долгова Т. А.**, кандидат физико-математических наук, доцент (БГТУ)

### **АНАЛИЗ ВЕЛИЧИН ДАВЛЕНИЯ, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА БУМАЖНЫЕ ПОЛУФАБРИКАТЫ В ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КНИЖНОЙ ПРОДУКЦИИ**

В статье анализируются основные режимы обработки печатной продукции на оборудовании, которое создает на бумагу или блок определенную нагрузку. Рассчитываются показатели фрактальной размерности поверхностной структуры бумаги после каждой операции, оказывающей определенное давление на материал.

The analysis of the basic modes of processing of a printed matter on the equipment which creates the certain pressure on a paper or the block. Parameters fractal dimensions of superficial structure of a paper after each operation which creates the certain pressure upon a material are defined.

**Введение.** Задачи совершенствования оборудования, стремление к повышению качества выпускаемой печатной продукции и к сокращению технологического цикла определяют со стороны производителей повышенный интерес к операциям прессования. Эти операции, чаще всего являясь вспомогательными, оказывают решающее влияние на результаты выполнения основных конструктивных операций и на внешний вид издания в целом.

Режимы прессования полуфабрикатов и книг обычно определялись на основе практики. В связи с внедрением высокопроизводительных поточных линий для изготовления книг задача разработки технологии прессования и оптимизации ее режимов становится актуальной.

Основные операции прессования и обжимки блоков проводятся на различных стадиях обработки книги. Прежде всего, определенное давление на печатный материал оказывают цилиндры печатного аппарата машины. Затем отпечатанные оттиски попадают в фальцевальное устройство кассетных или комбинированных фальцевальных машин. После фальцовки листов тетради подвергаются прессованию. Этот процесс состоит из трех этапов — уменьшения толщины стопы при увеличении нагрузки, выдержки стопы тетрадей под нагрузкой и снятия нагрузки. При дальнейшей обработке полуфабрикатов книжные блоки должны быть обжаты так, чтобы толщина корешка была равна или почти равна толщине переднего обреза.

Чтобы выбрать оптимальные параметры проведения многих технологических операций, нужно учитывать поверхностные характеристики бумаги. Таким образом, необходимо детально рассмотреть основные режимы обработки печатной продукции на оборудовании, которое создает на бумагу или блок определенную нагрузку, и влияние, оказываемое ими, на поверхностную структуру бумаги.

**Основная часть.** В офсетном способе печати величина давления в полосе печатного контакта при печатании с традиционными (без микропористого слоя) офсетными резинотканевыми пла-

стинами составляет 80–150 Н/см<sup>2</sup>, а при использовании офсетных пластин с одним или двумя микропористыми слоями — 50–80 Н/см<sup>2</sup> [1].

В работах С. Ф. Зоткина установлено, что наилучшее качество воспроизведения оттисков при покрывке из офсетной резинотканевой пластины и кирзы получается при удельном давлении между офсетным и печатным цилиндрами 0,6–0,7 МПа [2].

После обрезки отпечатанные листы поступают на участок фальцовки.

В настоящее время фальцовка производится на ножевых, кассетных и комбинированных фальцевальных машинах. Степень обжатия фальцев может быть определена коэффициентом их спрессованности, найденным при минимальном давлении порядка 1 кПа, но его номинальное значение и допуски для тетрадей после фальцовки не установлены. Чтобы получить четкий и стойкий сгиб, в процессе фальцовки необходимо приложить давление около 5 МПа перпендикулярно поверхности сложенного листа в зоне фальца. Такое давление у стопы несфальцованных листов вызывает сравнительно небольшую деформацию сжатия (около 30%), но при фальцовке она значительно выше. Технологически необходимая удельная сила сжатия фальцуемой тетради в фальцеваликах должна возрастать с увеличением суммарной толщины и числа обжимаемых фальцев [3].

Благодаря упругим свойствам бумаги в процессе обжима тетрадей относительное уменьшение толщины листов по сравнению с уменьшением высоты стопы незначительно, оно становится заметным при очень больших давлениях (около 25 МПа), при которых толщина листов после снятия нагрузки уменьшается всего на 2,5–5,9%, тогда как высота стопы — на 31–44%.

Давление, равное 25 МПа, следует считать предельно допустимым для запечатанной бумаги, так как при большем его значении поверхностные волокна бумаги начинают внедряться в пространство между волокнами соседних листов, поэтому листы слипаются, снижается гладкость бумаги.

При давлении, равном критическому, коэффициент спрессованности стопы достигает значения  $K_c = 1,0$ , а при большем давлении становится большим единицы, достигая значений 1,10–1,20 при предельно допустимом. В процессе прессования тетрадей при давлении порядка 0,2–0,4 МПа коэффициент спрессованности обычно не превышает 0,96 [3].

При пооперационной обработке блоков одноили двукратный обжим корешка производится на блокообжимных станках типа БПБ-270 при давлении порядка 3–4 МПа. При обжиге корешка книжных блоков до и после заклейки и сушки и величине давления около 4 МПа коэффициент спрессованности может быть в пределах 1,0–1,1 в зависимости от влажности и температуры корешковой зоны [4].

На заключительном этапе производства готовую книжную продукцию необходимо выдержать под давлением в течение длительного времени (2–4 ч), которое обеспечит прочную приклейку форзацев и корешкового материала к переплетной крышке, равномерное высыхание клея, наносимого на форзацы при вставке блоков в переплетную крышку и предотвратит коробление переплетных крышек, вызываемого влагой в клею.

Сравнительный анализ величин давления при обработке книжных полуфабрикатов на различных стадиях изготовления книжной продукции приведен в табл. 1.

Для изучения влияния различного давления на изменение структурной неоднородности бумаги был рассмотрен конкретный процесс изготовления книжного издания, блок которого выполнялся на офсетной бумаге 65 гр/м<sup>2</sup>. Для исследования были взяты образцы с разных стадий процесса:

- после печати — оттиски, запечатанные с двух сторон;
- после фальцовки — оттиск, сфальцованный в 4 сгиба;
- после прессования тетрадей в пачки — сфальцованная тетрадь после прессования на паковально-обжимном прессе;
- после заключительных операций — готовое изделие (блок).

Для сравнения анализировался чистый образец бумаги, предназначенный для изготовления исследуемого изделия.

Лицевая (верхняя) и сеточная стороны бумаги в процессе ее изготовления приобретают разную структуру поверхности, поэтому каждый бумажный лист анализировался с двух сторон.

Поверхностные свойства образцов были исследованы на профилографе-профилометре марки МЕ-10, который позволяет осуществлять проверку различных видов технических поверхностей. Прибор содержит точный прямолинейно-направляющий механизм. Поверхностная структура воспринимается и анализируется посредством ощупывания испытуемого образца измерительным органом (алмазной иглой). На приборе осуществляется проверка отклонения от геометрической формы, а также выявляется шероховатость и волнистость поверхности.

Определение неоднородности поверхности каждого образца проводили следующим образом. После закрепления на предметном столике профилометра образца бумаги было произведено сканирование поверхности на участке 8 мм детекторной алмазной иглой.

Экспериментальные данные представляли собой оцифрованную профилограмму — координаты точек рельефа, расположенных вдоль прямой линии через одинаковые промежутки. При исследовании реальных образцов возникает необходимость в предварительной обработке данных.

В качестве метода исследования в данной работе использовался метод теории фракталов.

Для того чтобы доказать возможность использования теории фракталов при описании поведения микроструктуры поверхности бумаги при различных параметрах давления в процессе прессования, необходимо было показать, что исследуемая поверхность бумаги действительно обладает свойствами, присущими фрактальным поверхностям.

Экспериментальные данные профилометра обрабатывались при помощи средств стандартных математических программных пакетов. Фрактальная размерность профилограммы была рассчитана в соответствии с методикой, подробно изложенной в книге [5].

Результаты расчета фрактальной размерности, характеризующей поверхностные свойства каждого образца бумаги с двух сторон: первый образец — сеточная, второй образец — лицевая, приведены в табл. 2.

Таблица 1

Сравнительный анализ показателей давления

Операция	Оборудование	Показатели давления, МПа
1. Печать	Офсетная печатная машина (Планета 4)	Давление в зоне печати 0,7–0,8
2. Фальцовка оттисков	Кассетная фальцевальная машина (Мультиэффект)	Сила обжима фальцевальных валиков 2,5–5,0
3. Прессование тетрадей	Паковально-обжимной пресс	Усилие прессования 0,2–0,4
4. Изготовление книжного блока	Переплетно-обжимные прессы	Усилие прессования 3–4 МПа

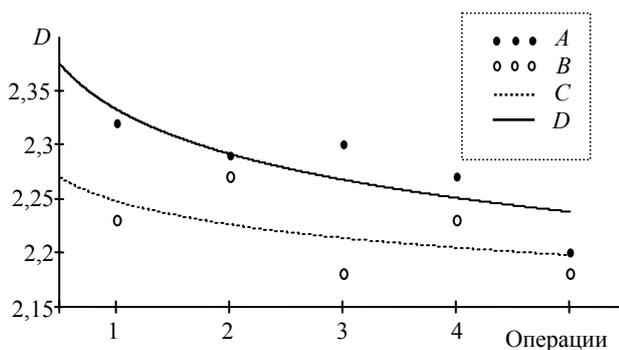
Таблица 2

**Фрактальная размерность поверхности бумаги  
после последовательных операций технологического цикла**

Образец	Давление, МПа	Фрактальная размерность поверхности, $D$	
		1-й образец	2-й образец
1. Чистый бумажный лист	—	2,319±0,018	2,232±0,033
2. Оттиск запечатанный с двух сторон	0,75	2,289±0,023	2,273±0,016
3. Сфальцованная тетрадь	3	2,296±0,029	2,184±0,025
4. Спрессованная тетрадь	0,3	2,271±0,017	2,230±0,017
5. Готовый книжный блок	4	2,194±0,021	2,184±0,026

Анализ результатов показывает, что фрактальная размерность бумаги на разных этапах технологического процесса варьируется в пределах от 2,184 до 2,319, т. е. все рассматриваемые образцы с прохождением каждой последующей операции, оказывающей определенное давление на бумагу, уменьшают свою фрактальную размерность поверхности. При этом увеличивается суммарное давление, оказываемое на бумагу.

На рисунке наглядно представлено изменение фрактальной размерности поверхности. Разумеется, изначально лицевая сторона бумаги, как более гладкая, имеет меньшее значение  $D$ , чем сеточная. Дальнейшие технологические операции оказывают одинаковое влияние на обе стороны листа, и постепенно под действием давления эти отличия уменьшаются.



Динамика изменения  
фрактальной размерности поверхности бумаги  
в ходе технологического процесса:  
 $A$  — экспериментальные данные  
для сеточной стороны;  $B$  — экспериментальные  
данные для лицевой стороны;  
 $C$  — аппроксимирующая функция  
для лицевой стороны;  $D$  — аппроксимирующая  
функция для сеточной стороны

Такой результат хорошо согласуется с практикой и позволяет сделать вывод о возможности использовать фрактальный подход, и в частности величины фрактальной размерности,

для характеристики поверхностно-пространственной структуры бумаги.

**Вывод.** Использование в исследованиях теории фракталов не опровергает классические методы, но придает им новое значение, дополняя и расширяя вместе с тем возможности их использования. Таким образом, теория фракталов нашла новое практическое применение в области исследования полиграфических материалов и процесса прессования бумажных полуфабрикатов и книг.

Исследования с помощью профилометра позволили не только определить показатель фрактальной размерности бумаг для всех технологических операций, но и проследить динамику его изменения в ходе технологической цепочки изготовления издания.

Дальнейшие исследования на основании опробованного подхода позволят более детально рассмотреть поверхностные свойства бумаги после прессования в зависимости от величины давления. Это даст возможность определить оптимальные режимные параметры работы оборудования, на котором полуфабрикаты подвергаются прессованию.

### Литература

1. Почему «разбиваются» печатные машины / В. Ф. Белокрысенко [и др.] // Компьютер-Арт. — 2007. — № 3. — С. 38–40.
2. Могинов, Р. Г. Машины и оборудование цехов плоской печати / Р. Г. Могинов, А. Ф. Федосеев. — М.: Книга, 1991. — 288 с.
3. Кошелев, Е. И. Брошюровочно-переплетные машины: учебник для вузов / Е. И. Кошелев, Д. А. Пергамент, В. П. Филиппов. — М.: Книга, 1986. — 320 с.
4. Воробьев, Д. В. Технология послепечатных процессов / Д. В. Воробьев. — М.: МГУП, 2000. — 394 с.
5. Кулак, М. И. Методы теории фракталов в технологической механике и процессах управления: полиграфические материалы и процессы / М. И. Кулак, С. А. Ничипорович, Д. М. Медяк. — Минск: Белорусская наука, 2007. — 419 с.

Поступила 07.04.2011