

Старченко О. П., аспирантка

## РАСЧЕТ УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ДЕКЕЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

The basic requirements which are showed to modern undertympan materials, are their uniformity on thickness, and for a print of high-quality production - hardness and elasticity, that in turn cause necessity of definition of them elastic - strength properties. In work dependences of a pressure on deformation various deckles, the offset printed machines used on the basic types made in view of the engineering specifications on these machines are analysed.

В офсетной печати изображение передается с печатной формы на запечатываемый материал через промежуточный носитель — офсетное резинотканевое полотно (офсетное полотно), которое является составной частью декельной композиции.

Декельная композиция (декель) — это упруго-эластичное покрытие на офсетном цилиндре, необходимое для контакта печатающих элементов формы с запечатываемым материалом. Оно состоит из офсетного резинотканевого полотна и поддекельного материала (поддекеля) [1]. По определению поддекельный материал — это материал, который подкладывается под резинотканевую пластину. Он используется для достижения необходимого давления между формным и офсетным цилиндрами.

Существует несколько видов поддекельных материалов, например калиброванный картон, полиэфирные (полиэстровые или лавсановые) пленки, кирза, резинотканевые пластины, поддекельные однослойные резинотканевые полотна. Все они различаются по жесткости: так, для получения полужесткого декеля в качестве поддекельного материала обычно используется однослойная офсетная резинотканевая пластина, мягкого декеля — кирза, жесткого — калиброванный картон или лавсановая пленка.

Основными требованиями, которые предъявляются к современным поддекельным материалам, являются их равномерность по толщине, а для печати высококачественной продукции — жесткость и упругость, что, в свою очередь, обуславливает необходимость определения их упруго-прочностных свойств [1].

Калиброванный картон является полужестким поддекельным материалом. Он поставляется в листах различной толщины — обычно от 0,015 до 0,50 мм, формат которых выбирают в зависимости от размера офсетного полотна, используемого на конкретной печатной машине.

Для придания необходимой жесткости картон уже при изготовлении спрессовывают под высоким (порядка 20 тонн) давлением до минимума его объема, т. е. калибруют. Поскольку при калибровке на картон действует сила, несравненно большая, чем в печатном процессе, он не подвержен усадке в машине. Если же вместо него использовать обычную бумагу, то из-за уменьшения ее толщины во время печати потребуются частые повторные регулировки давления между цилиндрами печатного аппарата.

При составлении декеля в направлении от цилиндра к офсетному полотну толщина листов должна уменьшаться, т. е. к цилиндру должен прилегать самый толстый лист. Желательно использовать не более трех листов одинаковой толщины, т. к. при увеличении количества одинаковых листов даже при небольших скоростях прокатки будет наблюдаться тенденция к сдвигу поддекельных материалов [1].

На основании нового для полиграфической технологии математического аппарата — теории фракталов [2] и с использованием специальной методики экспериментального изучения поверхностных свойств бумаги [3] было проведено экспериментальное измерение поверхностных свойств резинотканевого полотна и поддекельного материала, а именно измерение микропрофилей образцов. Далее расчет фрактальной размерности

производили по методу наименьших квадратов. После математической обработки всех профилограмм данные о фрактальных размерностях микропрофилей были сведены в таблицу. Затем перешли от фрактальной размерности микропрофиля к фрактальной размерности пространственной структуры офсетного полотна и калиброванного картона [3]. Результаты расчета фрактальной размерности сведены в табл. 1, где шифр профиля соответствует толщине офсетного полотна и, соответственно, калиброванного картона.

Как отмечалось выше, свойства калиброванного картона и его упругость имеют большое практическое значение и во многих случаях определяют возможность воспроизведения тех или иных изображений. Поэтому перейдем далее к описанию распределения модуля Юнга, который непосредственно связан с объемным  $K$  и сдвиговым  $G$  модулями[4]:

$$E = 9KG / (3K + G), \quad (1)$$

где  $K$  и  $G$  — объемный и сдвиговый модули материала частиц картона.

Исходя из представления о картоне как о неупорядоченном материале со структурой фрактальной размерности  $D$ , в рамках самосогласованного подхода [3] были определены сдвиговые и объемные модули упругости, которые определяются по формулам

$$K = 4kg(1 - n) / (3kn + 4g), \quad (2)$$

$$G = g \left[ 9k + 8g - 2n(7k + 9g) \right] / \left[ 9k + 8g + n(k + 2g) \right], \quad (3)$$

где  $k$  и  $g$  — объемный и сдвиговый модули материала частиц кластеров;  $n$  — объемная доля пор.

Таблица 1

**Фрактальная размерность исследуемого офсетного полотна и калиброванного картона**

№ п/п	Материал	Толщина образца, мм	$D_{\max}$ микропрофиля образца	$D_{\text{пр}}$ поверхности образца	$D_v$ объема образца	
1	Офсетное полотно	1,95а	1,520	2,520	2,480	
2		2	1,467	2,467	2,533	
3		1,97а	1,393	2,393	2,607	
4		1,01	1,379	2,379	2,621	
5		1,95в	1,439	2,439	2,561	
6		2,01	1,460	2,460	2,540	
7		1,97в	1,573	2,573	2,427	
8		Калиброванный картон	0,05	1,569	2,569	2,431
9			0,1	1,570	2,570	2,430
10			0,125	1,664	2,664	2,336
11			0,15	1,611	2,611	2,389
12			0,18	1,483	2,483	2,517
13			0,2	1,594	2,594	2,406
14			0,25	1,521	2,521	2,479
15	0,3		1,456	2,456	2,544	
16	0,4		1,534	2,534	2,466	
17	0,5		1,579	2,579	2,421	
18	Электрокартон	0,1	1,509	2,509	2,491	

Результаты вычисления распределения модулей упругости (Юнга) в различном по толщине калиброванном картоне приведены на рис. 1.

Как было определено ранее [5], для  $n$ -го количества слоев поддекельного материала, когда  $d\epsilon_{\Sigma} = d\epsilon_1 + d\epsilon_2 + \dots + d\epsilon_n$ , формула для определения зависимости напряжения от деформации имеет следующий вид:

$$\sigma = \sigma_0 + \frac{1}{x_0} \int_{x_0}^x \frac{1}{\frac{1}{E_1(x)} + \frac{1}{E_2(x)} + \dots + \frac{1}{E_n(x)}} dx, \quad (4)$$

где  $E$  — мгновенный модуль упругости (модуль Юнга).

На основании вышеизложенного найдем зависимость напряжения от деформации в случае, когда в качестве поддекельного материала выступают различные по толщине листы калиброванного картона и в различном сочетании. Однако, производя их набор, будем придерживаться практических рекомендаций по применению калиброванного картона и технической документации на печатные машины, где заданы значения толщины декельной композиции и их допустимые отклонения.

Так, по технической документации для листовой офсетной печатной машины «Rapida» толщина декельной композиции должна составлять  $3,15 \pm 0,1$  мм, где 1,95 мм — офсетное полотно, 0,4 мм — подложка на офсетном цилиндре и, соответственно, 0,8 мм — не менее 4-х листов калиброванного картона.

Декельная композиция листовой офсетной печатной машины «Roland 200» составляет  $2,30 \pm 0,1$  мм, где 1,95 мм — офсетное полотно, 0,35 мм — калиброванный картон.

Декель рулонной офсетной печатной машины «Planeta» состоит из 2 мм офсетного полотна (резина), 1 мм — поддекельного материала (прессшпан) и 0,25 мм — калиброванного картона, что в сумме составляет  $3,25 \pm 0,1$  мм.

Для исследования зависимости напряжения от деформации в декеле основных типов офсетных печатных машин рассмотрим несколько различных комбинаций из ка-

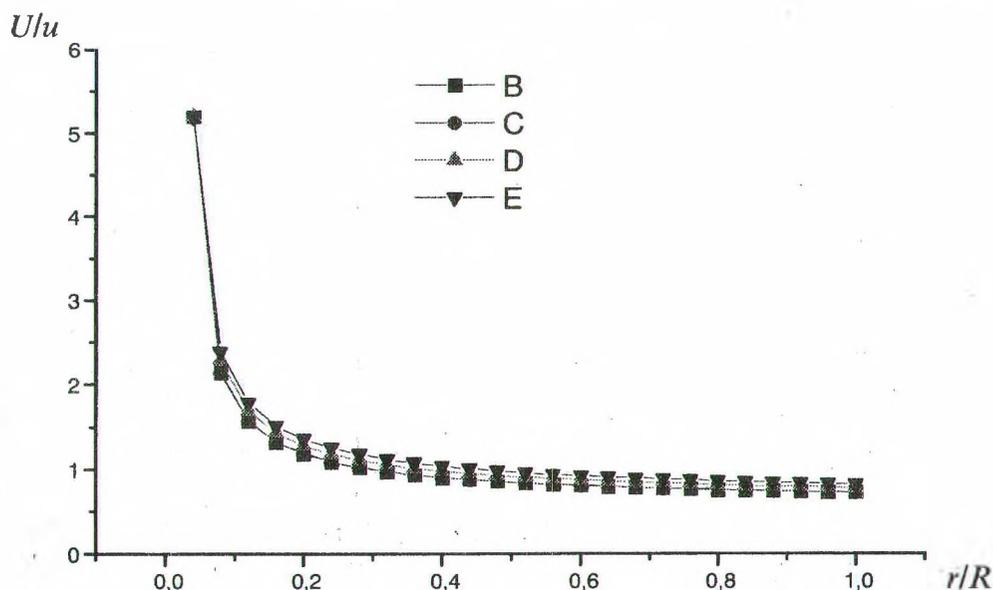


Рис. 1. Совместное распределение сдвиговых модулей упругости для различного по толщине калиброванного картона: В — калиброванный картон толщиной 0,05 мм; С — калиброванный картон толщиной 0,1 мм; D — калиброванный картон толщиной 0,4 мм; E — электрокартон (прессшпан) толщиной 0,1 мм

либрованного картона, различающихся по толщине. Все варианты сведены в табл. 2, причем каждый из трех предложенных вариантов рассмотрен по два раза с различными образцами офсетного полотна.

На рис. 2—4 представлены зависимости напряжения от деформации в декеле основных типов офсетных печатных машин, рассмотренные в соответствии с предложенными в табл. 2 вариантами. На рис. 2, 4 зависимости напряжения от деформации для двух образцов офсетного полотна представлены на двух различных графиках, так как кривые практически накладываются друг на друга. На рис. 3 все зависимости представлены совместно, здесь наблюдаются некоторые разбежки в численных значениях и кривые с одинаковым набором поддекельного материала, но различными образцами резиноканевого полотна немного отстоят друг от друга.

Если проанализировать все три рисунка, то можно увидеть закономерность, которая подтверждает справедливость применения теории фракталов в расчете упругопрочностных свойств декелей с учетом структуры и толщины декельной композиции. Как, например, видно из графиков на рис. 2а, порядок расположения кривых зависимостей напряжения от деформации зависит от конкретного набора поддекельного материала, т. е. количества калиброванного картона разной толщины.

Таблица 2

**Различные варианты состава декелей основных типов печатных машин**

№ п/п	Толщина декельной композиции, мм	Количество листов картона	Толщина листа, мм	Элементы декельной композиции	Толщина других элементов декельной композиции, мм
1	Печатная машина «Rapida»				
1.1	3,15	1	0,5	подложка резина	0,4
		2	0,1		1,95
		2	0,05		
1.2	3,15	1	0,3	подложка резина	0,4
		2	0,2		1,95
		1	0,1		
1.3	3,15	1	0,4	подложка резина	0,4
		1	0,2		1,95
		2	0,1		
2	Печатная машина «Roland 200»				
2.1	2,25	1	0,15	резина	1,95
		1	0,2		
2.2	2,25	1	0,1	резина	1,95
		2	0,125		
2.3	2,25	1	0,3	резина	1,95
		1	0,05		
3	Печатная машина «Planeta»				
3.1	3,25	1	0,1	прессшпан резина	1
		1	0,15		2
3.2	3,25	1	0,25	прессшпан резина	1
		—	—		2
3.3	3,25	1	0,1	прессшпан резина	1
		3	0,05		2

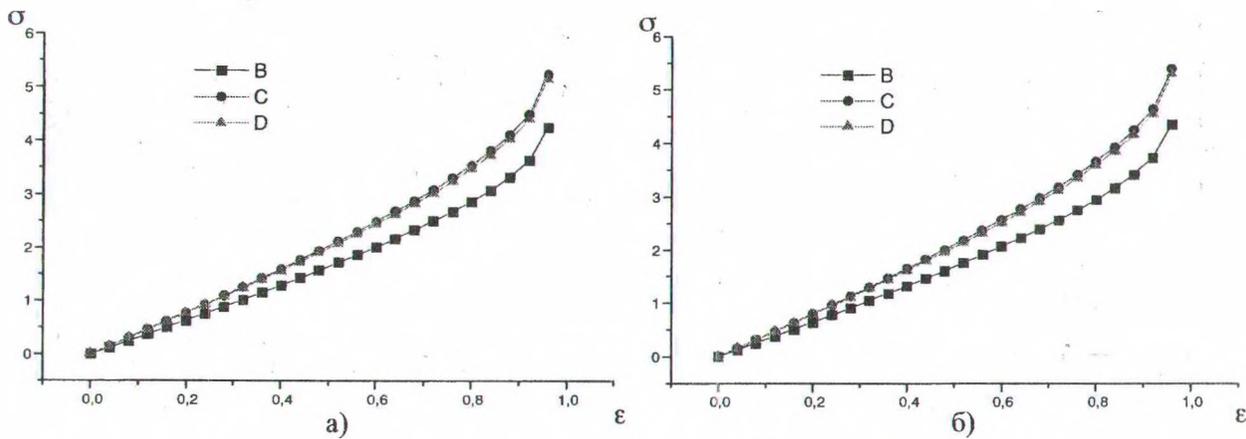


Рис. 2. Зависимость напряжения от деформации в декеле печатной машины «Rapida», составленном различными сочетаниями из калиброванного картона: а) офсетное полотно толщиной 1,95 мм, состоящее из 4-х слоев; В — в таблице 2 № п/п 1.1; С — № п/п 1.2; D — № п/п 1.3; б) офсетное полотно толщиной 1,95 мм, состоящее из 6-ти слоев; В — в таблице 2 № п/п 1.1; С — № п/п 1.2; D — № п/п 1.3

Так, для варианта В, чтобы достичь какого-то конкретного значения деформации, необходимо приложить меньшую силу по сравнению с тем, какое напряжение потребуется для той же деформации в случае D и С. Это объясняется тем, что в В количество более тонких и менее жестких листов калиброванного картона больше, что, в свою очередь, увеличивает деформацию при приложении одной и той же нагрузки. Кривые D и С, в свою очередь, располагаются выше кривой В и очень близко друг к другу, но С все же проходит немного выше, так как в этом случае декель набран более жесткими листами калиброванного картона.

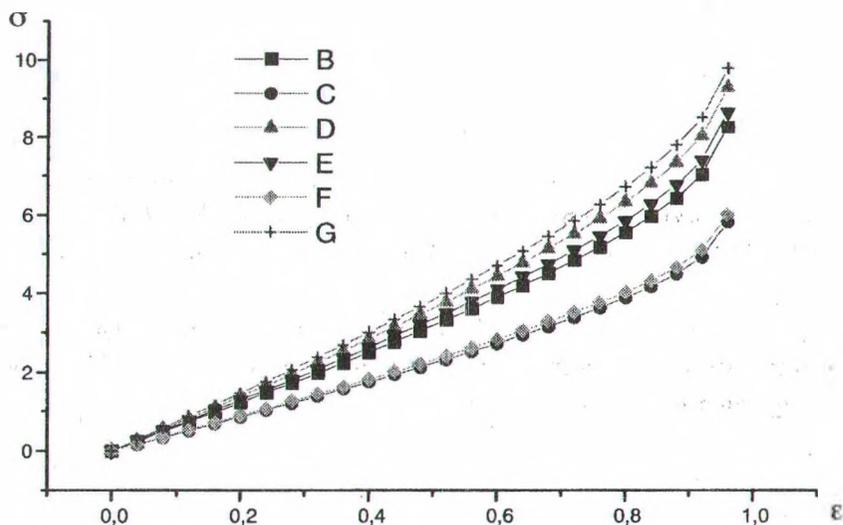


Рис. 3. Зависимость напряжения от деформации в декеле печатной машины «Roland 200», составленном различными сочетаниями из калиброванного картона для нескольких слоев бумаги: В — офсетное полотно толщиной 1,95 мм, состоящее из 4-х слоев, в таблице 2 № п/п 2.1; С — офсетное полотно толщиной 1,95 мм, состоящее из 4-х слоев, № п/п 2.2; D — офсетное полотно толщиной 1,95 мм, состоящее из 4-х слоев, № п/п 2.3; E — офсетное полотно толщиной 1,95 мм, состоящее из 6-ти слоев, № п/п 2.1; F — офсетное полотно толщиной 1,95 мм, состоящее из 6-ти слоев, № п/п 2.2; G — офсетное полотно толщиной 1,95 мм, состоящее из 6-ти слоев, № п/п 2.3

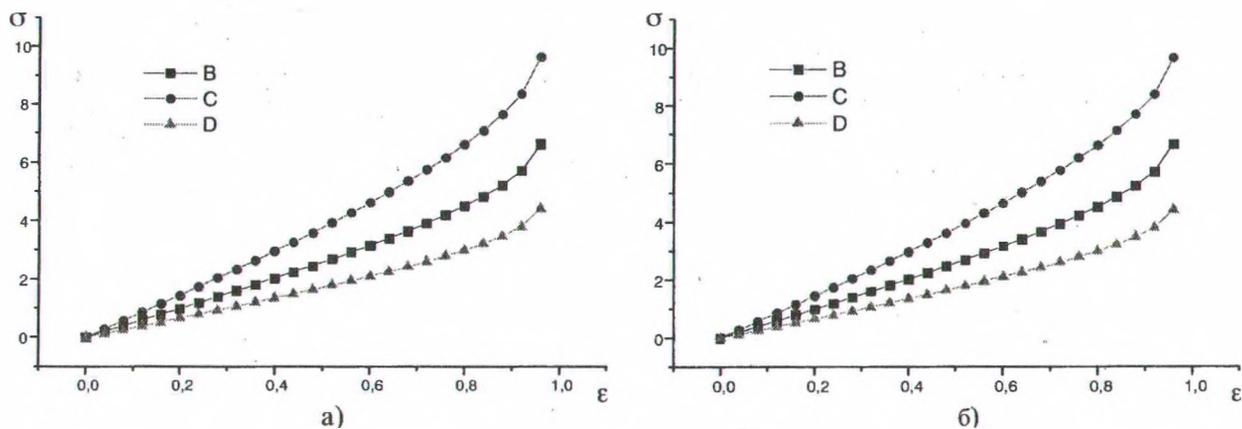


Рис. 4. Зависимость напряжения от деформации в декеле печатной машины «Planeta», составленном различными сочетаниями из калиброванного картона: а) офсетное полотно толщиной 2 мм, состоящее из 5-ти слоев; В — в таблице 2 № п/п 3.1; С — № п/п 3.2; D — № п/п 3.3; б) офсетное полотно толщиной 2,01 мм, состоящее из 5-ти слоев; В — в таблице 2 № п/п 3.1; С — № п/п 3.2; D — № п/п 3.3

На рис. 2 графики а) и б) дают практически одинаковые по расположению и характеру кривые. Это можно объяснить, если учесть, что и для а), и для б) использовались одинаковые комбинации поддекельного материала (калиброванного картона) в декельной композиции, а отличие заключалось лишь в использовании двух различных образцов офсетного резиноканевого полотна.

Аналогично располагаются кривые зависимостей напряжения от деформации и на рис. 3, 4. Если приложить одно и то же усилие, то больше деформируются декели, состоящие из большего числа листов калиброванного картона меньшей толщины, что соответствует на рис. 3 кривым С и F, а на рис. 4 — кривой D.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маргулова Н., Стефанов С. Расходные материалы для офсетной печати. — М.: Книга, 2002. — С. 136—139.
2. Федер Е. Фракталы. — М.: Мир, 1991. — 254 с.
3. Пиотух И. Г., Кулак М. И., Боброва О. П. Влияние фрактальных особенностей структуры на физико-механические свойства печатной бумаги // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информатика. — 2000. Вып. 8. — С. 73—81.
4. Кулак М. И. Фрактальная механика материалов. — Мн.: Вышэйшая школа, 2002. — 304 с.
5. Кулак М. И., Старченко О. П. Расчет упругих свойств декеля с учетом фрактальной неоднородности поверхностей печатного контакта // Труды БГТУ. Издательское дело и полиграфия. — 2002. Вып. 10. — С. 55—60.