

Старченко О. П., ассистент

ФРАКТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ЗОНЕ ПЕЧАТНОГО КОНТАКТА

In the article results of calculations on developed before the theory for definition of pressure of printed contact are submitted and analysed. Non-uniform character of deformation of cylinders of printed machines with elastic tire covers is considered, consequence of that is change of pressure along a strip of contact. Besides this the contribution to distribution of the pressure, caused by heterogeneity of structure surfaces of printed contact is estimated.

В работе [1] на базе нового для полиграфической технологии математического аппарата — теории фракталов были получены зависимости, позволяющие учесть влияние неоднородности структуры поверхностей печатного контакта на распределение давления и расход краски, учитывая геометрию печатного контакта. Специфика фрактального подхода [2] в рамках данного исследования заключается в специальной методике экспериментального изучения поверхностных свойств полиграфических материалов и поверхностей печатного контакта.

Это позволяет рассмотреть неоднородный характер деформации более эластичного цилиндра печатной пары и, как следствие, изменение давления по длине полосы контакта.

В существующих подходах [3] по изучению распределения давления по ширине полосы контакта, а также зависимости ее ширины от диаметров цилиндров и жесткости декеля во внимание принимается только влияние геометрии, а такие факторы, как структура печатающих поверхностей и запечатываемого материала, не учитывались.

В данной работе рассматривается геометрия площадки контакта с учетом неоднородности структуры поверхностей в зоне контакта и их цилиндрической формы, выведены формулы, которые позволили найти закон распределения давления в зоне печатного контакта [1]. Ниже представлены результаты расчетов по разработанной теории.

Однослойный декельный материал. Перейдем к расчету распределения давления по ширине полосы контакта (зависимости напряжения от деформации). Подчеркнем, что разработанная ранее теория учитывает как геометрию площадки контакта, так и неоднородность структуры запечатываемого материала и эластичной оболочки (или подложки) одного из цилиндров печатной пары.

При проведении расчета необходимо знать некоторые технические характеристики упругой покрышки (декеля). В качестве исходных данных были взяты значения модуля Юнга различных типов резины, которые сведены в табл. 1, 2. Причем состав смеси в весовых частях следующий: каучук — 100; сера — 1; алтакс — 0,6; ДФГ — 3; стеариновая кислота — 1; окись цинка — 5; неозон Д — 0,6; дифенил-п-фенилиндиамин — 0,5. Вместе с тем химический состав каучука может быть различным, так как особого влияния на комплекс его физико-механических свойств он не оказывает.

Эластичность вулканизата каучука, т. е. способность к большим обратимым деформациям в широком диапазоне температур и частот, так же как и многие другие его свойства, обусловлена строением гибких цепных макромолекул. Каучук типа СКИ-1, СКИ-Л — это синтетический изопреновый каучук, характеризующийся средним содержанием звеньев цис-1,4; СКИ-3 — это каучук с высоким содержанием звеньев цис-1,4 и по своим свойствам близок к натуральному каучуку (НК) [4].

Таблица 1

Значения модуля Юнга ненаполненных вулканизатов

Показатели	Смесь на основе каучуков типа		
	СКИ-1, СКИ-Л	СКИ-3	НК
Динамический модуль E , МПа	1,00—1,65	1,41—1,70	1,48—1,71

Таблица 2

Значения модуля Юнга наполненных вулканизатов

Показатели	Смеси с 30 вес. ч. канальной сажи на основе			Смеси с 50 вес. ч. канальной сажи на основе		
	СКИ-1	СКИ-3	НК	СКИ-1	СКИ-3	НК
Динамический модуль E , МПа	2,37—2,85	3,30—3,18	2,33—3,00	3,00—4,10	3,40—4,30	3,62—5,00

Поскольку в справочной литературе приведены интервалы значений модуля упругости при одноосном сжатии или растяжении, то при расчете эти данные усреднялись. Кроме того, дополнительно были рассчитаны сдвиговые и объемные модули упругости для различных типов резины (табл. 3, 4).

Так как с достаточной точностью известно [5], что значения коэффициента Пуассона для резины близки к 0,5, что соответствует абсолютно несжимаемому телу (деформация с изменением формы и без изменения объема независимо от напряжения), то для расчетов ν был принят равным 0,45. Это вполне соответствует реальным значениям коэффициента Пуассона резины, особенно если в них присутствует технический углерод, так как прочностные показатели с его добавлением понижаются. Объемные и сдвиговые модули вулканизатов определялись по выражениям [5, 6]

$$K = E / 3(1 - 2\nu), \quad (1)$$

$$G = E / 2(1 + \nu). \quad (2)$$

На рис. 1–3 приведены результаты расчета и графический вид зависимости напряжения от деформации по длине площадки печатного контакта для однослойного декельного материала.

Как видно из рис. 1–3, характер зависимостей напряжения от деформации нелинейен. Если проанализировать закон изменения напряжения в декельном материале по длине площадки печатного контакта, можно сказать, что

напряжение от максимума (в середине полосы печатного контакта) постепенно понижается до нуля (в момент, когда печатная пара выходит из контакта).

Проявления нелинейности распределения давления по длине полосы контакта обусловлены цилиндрической формой внедряемой и деформируемой поверхности цилиндров печатной пары печатного аппарата. Кроме того, распределение модулей упругости по глубине эластичной оболочки (или подложки) нелинейно, что также сказывается на законе распределения давления.

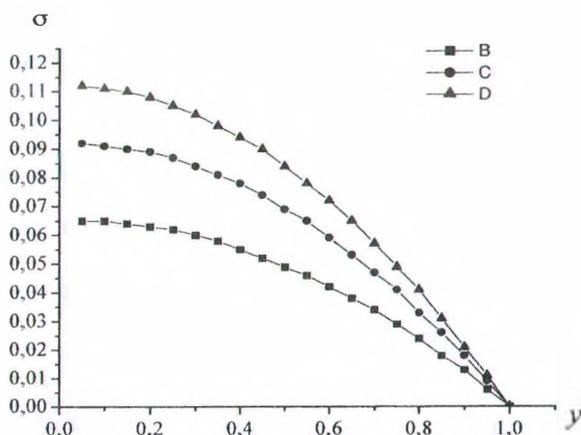


Рис. 1. Зависимость напряжения от деформации для однослойного декельного материала из ненаполненного вулканизата: В — $E = 1,00$ МПа; С — $E = 1,41$ МПа; D — $E = 1,71$ МПа

Таблица 3

Основные механические характеристики ненаполненных вулканизатов

Показатели	Смесь на основе каучуков типа		
	СКИ-1, СКИ-Л	СКИ-3	НК
Динамический модуль E , МПа	1,00	1,41	1,71
Коэффициент Пуассона ν	0,45	0,45	0,45
Сдвиговой модуль G , МПа	0,345	0,486	0,590
Объемный модуль K , МПа	3,333	4,700	5,700

Таблица 4

Основные механические характеристики наполненных вулканизатов

Показатели	Смеси с 30 вес. ч. канальной сажи на основе			Смеси с 50 вес. ч. канальной сажи на основе		
	СКИ-1, СКИ-Л	СКИ-3	НК	СКИ-1, СКИ-Л	СКИ-3	НК
Динамический модуль E , МПа	2,30	2,85	3,18	3,00	4,30	5,00
Коэффициент Пуассона ν	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Сдвиговой модуль G , МПа	0,793	0,983	1,097	1,034	1,483	1,724
Объемный модуль K , МПа	7,667	9,500	10,60	10,00	14,33	16,67

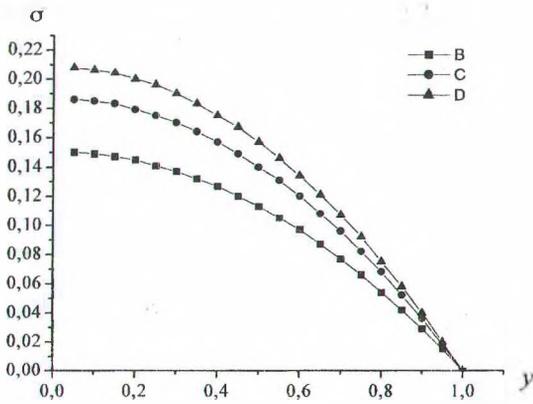


Рис. 2. Зависимость напряжения от деформации для однослойного дюралевого материала из наполненного вулканизата (30 вес. частей сажи): В — $E = 2,30$ МПа; С — $E = 2,85$ МПа; D — $E = 3,18$ МПа

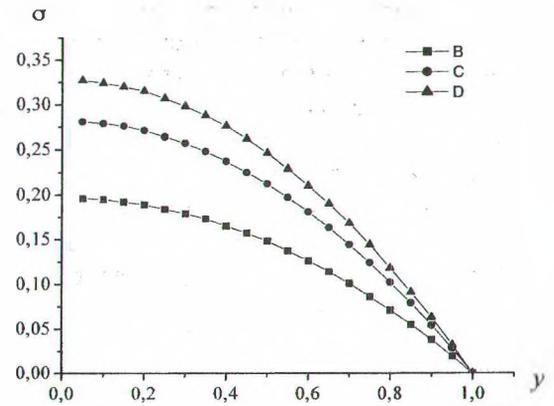


Рис. 3. Зависимость напряжения от деформации для однослойного дюралевого материала из наполненного вулканизата (50 вес. частей сажи): В — $E = 3,00$ МПа; С — $E = 4,30$ МПа; D — $E = 5,00$ МПа

Из анализа графиков также можно сделать вывод о влиянии на распределение давления упругих характеристик, используемых при изготовлении эластичной оболочки материалов. Так, напряжения, возникающие в дюральном материале при одной и той же деформации, тем больше, чем больше модуль упругости данного материала. Таким образом, зная упругоэластичные свойства дюреля, которые во многом определяют качество продукции и тиражестойкость печатных форм, можно сделать предварительный расчет оптимального давления печати.

В настоящий момент общее давление между цилиндрами печатных секций устанавливается, как правило, при монтаже и ремонте машины. Его постоянство достигается благодаря выдерживанию установленных размеров диаметров цилиндров с учетом толщины печатной формы и дюреля (при его деформации в зоне контакта). При изменении толщины печатной бумаги для печатания конкретного тиража изменяют с помощью специальных механизмов зазор между офсетным и печатным цилиндрами. Стабильность режима печатного процесса на протяжении всего тиража, обеспечивающая идентичность всех тиражных оттисков, не всегда может быть достигнута даже на печатных машинах, снабженных автоматизированными системами регулирования и управления [7].

При установке давления, особенно если нет автоматизированного регулирования, исходят из некоторых средних его значений. Как видно из рис 1–3, в действительности давление в полосе контакта может изменяться в широких пределах и может превосходить среднее в несколько раз. Так, например, максимальное значение давления в зоне контакта на рис. 1 для кривых В, С, D больше среднего значения в 1,5 раза. Этот факт говорит о том, что знание всего

закона распределения давления позволит предупредить дефекты печати, обусловленные критическими значениями давления.

Непропечатка (непечатка и неравномерная насыщенность краской отдельных литер, слов, строк текста или участков изображения), разнооттеночная печать (разная насыщенность краски в пределах издания), выпщипывание бумаги (повреждения запечатываемой поверхности оттисков в виде вырванных или надорванных волокон бумаги, а также белые точки в результате срыва частиц покровного слоя), просвечивание печатной краски (видимость печатного изображения на оборотной стороне листа), пробивание краски (ореол вокруг элементов изображения или проникание краски на оборот оттиска) [8, 9] — эти и другие дефекты могут возникать по причине неправильно отрегулированного давления, т. е. при его избытке или недостатке.

Оценка вклада неоднородности структуры поверхности. На точность расчета закона распределения давления по длине полосы печатного контакта влияние оказывают нелинейность формы цилиндров и неоднородность упруго-эластичных свойств материала эластичной оболочки. Однако геометрия площадки контакта учитывается в самой теории расчета зависимости напряжения от деформации, поэтому определенный интерес представляет оценка вклада неоднородности структуры поверхностей печатного контакта на распределение давления.

Для достижения этой цели было определено отношение среднеарифметических значений напряжения (σ/σ_0), рассчитанного без учета неоднородности структуры поверхностей, к этим же характеристикам (σ/σ_0), но рассчитанным с учетом неоднородности структуры. Исходные данные и результаты расчета среднеарифметических значений приведены в табл. 5, 6.

Оценка вклада неоднородности структуры поверхностей

Показатели	Смесь на основе каучуков типа		
	СКИ-1, СКИ-Л	СКИ-3	НК
$\sigma/\sigma_0 \cdot 10^3$	737,25	914,00	1020,00
$\sigma/\sigma_0 \cdot 10^3$	96,65	119,95	133,95
$(\sigma/\sigma_0')/(\sigma/\sigma_0)$	7,628	7,619	7,615

Таблица 6

Оценка вклада неоднородности структуры поверхностей

Показатели	Смеси с 30 вес. ч. канальной сажи на основе			Смеси с 50 вес. ч. канальной сажи на основе		
	СКИ-1, СКИ-Л	СКИ-3	НК	СКИ-1, СКИ-Л	СКИ-3	НК
$\sigma/\sigma_0 \cdot 10^3$	961,15	1379,00	1603,25	320,75	452,00	548,50
$\sigma/\sigma_0 \cdot 10^3$	126,25	181,10	210,40	42,15	59,30	71,95
$(\sigma/\sigma_0')/(\sigma/\sigma_0)$	7,615	7,614	7,620	7,610	7,622	7,624

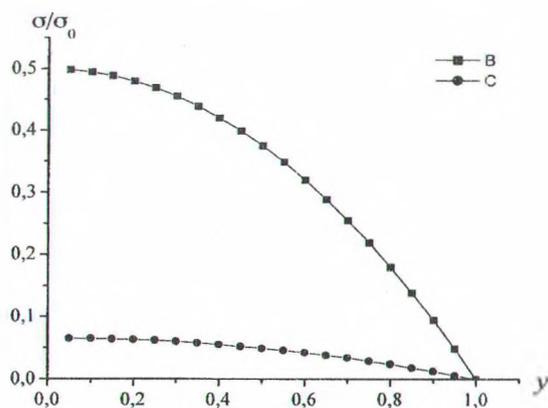


Рис. 4. Зависимость напряжения от деформации для однослойного декельного материала из ненаполненного вулканизата: В — без учета неоднородности структуры, $E = 1,00$ МПа; С — с учетом неоднородности структуры, $E = 1,00$ МПа

Проанализировав полученные данные, можно сказать, что отношение среднеарифметических значений напряжения, рассчитанного без учета неоднородности структуры поверхностей, к значениям прочности, рассчитанным с учетом неоднородности, варьируется в пределах 7,610—7,624.

Это говорит о том, что точность расчета законов распределения напряжения с учетом неоднородности структуры поверхностей возрастает почти на порядок.

Для наглядности в одних координатных осях были построены законы распределения напряжения с учетом и без учета неоднородности структуры поверхностей (рис. 4–6). Как видно из рисунков, характер зависимостей сохраняется, однако по кривым, построенным по результатам расчетов с учетом неоднородности структуры поверхностей, можно более точно судить о распределении напряжения.

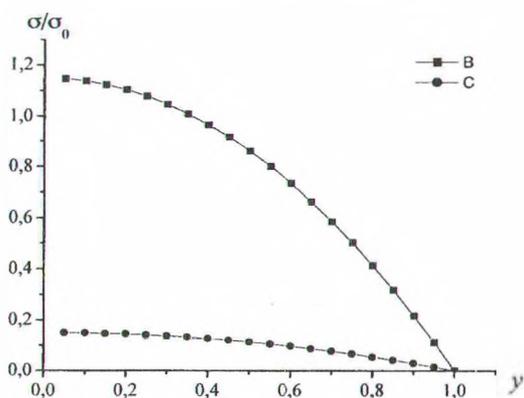


Рис. 5. Зависимость напряжения от деформации для однослойного декельного материала из наполненного вулканизата (30 вес. частей сажи): В — без учета неоднородности структуры, $E = 2,30$ МПа; С — с учетом неоднородности структуры, $E = 2,30$ МПа

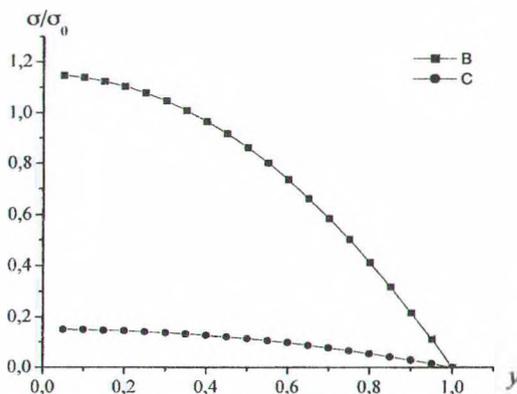


Рис. 6. Зависимость напряжения от деформации для однослойного декельного материала из наполненного вулканизата (50 вес. частей сажи): В — без учета неоднородности структуры, $E = 3,00$ МПа; С — с учетом неоднородности структуры, $E = 3,00$ МПа

Таким образом, на основании полученных числовых и графических данных можно сказать, что они количественно подтверждают высказанное предположение о решающем влиянии неоднородности структуры поверхностей печатного контакта на распределение давления.

Литература

1. Старченко О. П. Влияние неоднородности структуры поверхностей печатного контакта на распределение давления и расход краски // Труды БГТУ. Сер. IX. Издательское дело и полиграфия. — Минск, 2004. — Вып. XII. — С. 51—54.

2. Федер Е. Фракталы. — М.: Мир, 1991. — 254 с.

3. Митрофанов В. П., Тюрин А. А., Бирбраер Е. Г. Печатное оборудование. — М.: Издво МГУП, 1999. — 443 с.

4. Терминологический справочник по резине / Ф. А. Махлис, Д. Л. Федюкин. — М.: Химия, 1989. — 400 с.

5. Справочник резинщика. Материалы резинового производства / Захарченко П. И., Яшунская Ф. И., Евстафьев Ф. В. — М.: Химия, 1971. — 608 с.

6. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. — М.: Мир, 1982. — 334 с.

7. Полянский Н. Н. Основы полиграфического производства. — М.: Книга, 1991. — 352 с.

8. Раскин А. Н., Ромейков И. В., Бирюкова Н. Д. Технология печатных процессов. — М.: Книга, 1989. — С. 327—343.

9. Стефанов С. И. Путеводитель в мире печатных технологий. — М.: Унисерв, 2001. — 224 с.