

655  
1732

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 519.72

655.3.022(043.3)

ПИОТУХ  
ИРИНА ГРИГОРЬЕВНА

**ВЛИЯНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕЧАТНОГО КОНТАКТА  
НА ПРОЦЕСС ПЕРЕНОСА КРАСКИ**

05.02.13 — Машины, агрегаты и процессы  
(полиграфическое производство)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск 2003

Работа выполнена в УО «Белорусский государственный  
технологический университет»

- Научный руководитель доктор физико-математических наук,  
профессор М. И. КУЛАК, Белорусский  
государственный технологический уни-  
верситет, кафедра полиграфии
- Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
В. Л. КОЛЕСНИКОВ, Белорусский го-  
сударственный технологический уни-  
верситет, кафедра вычислительной тех-  
ники и информатики
- доктор технических наук С. А. ЧИЖИК,  
Институт тепло- и массообмена Нацио-  
нальной академии наук Беларуси, лабо-  
ратория нанопроцессов и технологий
- Оппонирующая организация Научно-техническое унитарное пред-  
приятие «Криптотех» Комитета госу-  
дарственных знаков при Министерстве  
финансов Республики Беларусь

Защита состоится «26» июня 2003 г. в 14.00 в ауд. 240, корп. 4  
на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04  
при Белорусском государственном технологическом университете  
по адресу: 220050, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, тел. 227-62-41

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
Белорусского государственного технологического университета

Автореферат разослан «22» мая 2003 г.

Ученый секретарь совета по  
защите диссертаций кандидат  
технических наук



О. Я. Толкач

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Поскольку печатные процессы являются ключевыми в полиграфической технологии и определяют её научный и технический уровень, проблема переноса печатной краски с формы на бумагу была и остается актуальной для полиграфической промышленности, особенно в настоящее время, когда к полиграфической продукции предъявляются очень высокие требования. Процесс краскопереноса представляет значительный интерес для полиграфии, так как глубокое понимание его механизма позволяет улучшать качество печати и сокращать затраты на изготовление печатной продукции.

Вместе с тем анализ научных разработок, выполненных в течении последних 10–15 лет показывает, что в данной области ощущается острый недостаток новых подходов, методов, аппаратного оформления. В настоящее время в полиграфической промышленности сложилась ситуация, когда научно-технический уровень, на котором ведутся научные разработки, заметно отстаёт от реально существующих в отрасли технологий и оборудования. Поэтому предложенный в диссертационной работе подход к анализу взаимодействия бумаги и краски в процессе печати на основе теории фракталов представляется не только своевременным, но и перспективным.

Научные основы теории печатных процессов были заложены в работах П. А. Ребиндера, М. П. Воляровича, П. А. Попрядухина, Л. А. Козаровицкого. Однако необходимо отметить, что, несмотря на широко проведенные экспериментальные исследования структурно-механических свойств печатных материалов, в вышеуказанных работах была построена в основном феноменологическая теория печатных процессов. Во многих работах зачастую «тонкие особенности» поведения материалов при печати, обусловленные главным образом стохастической структурой этих материалов, не могли быть описаны в рамках применявшихся в то время методов. Основная причина такого положения заключалась в отсутствии теоретической базы и методов описания неоднородных структур.

Особую актуальность для полиграфии представляют исследованные в диссертации проблемы:

- описание фрактальных свойств различных видов печатной бумаги;
- теоретическое исследование структурированных систем для описания структуры печатных красок методами теории фракталов;
- описание фрактального характера микроструктур поверхностей офсетных печатных форм и офсетного полотна;
- перенос печатной краски в офсетном способе с печатной формы на заечатываемый материал.

Зная фрактальную размерность поверхности бумаги, можно будет рассчитать: количество краски, необходимое для заполнения всех неровностей поверхности бумаги; количество краски, необходимое для достижения заданной оптической плотности оттиска; количество краски, необходимое для полного насыщения поверхности бумаги. В связи с этим нет необходимости в опытным поиске требуемой толщины наката краски на печатную

501ap

форму. Это даст возможность уменьшить количество отходов бумаги на технологические нужды при печати, уменьшить время на пастросечно-наладочные работы, позволит экономично расходовать краску.

Анализируя вышесказанное, следует отметить, что разработка модели краскопереноса и расчет краскоемкости с учетом современных представлений о структуре бумаги и краски, связанные с необходимостью, как накопления новых экспериментальных данных о процессе краскопереноса, свойствах бумаги и краски, так и поиском новых теоретических подходов, на которых такие модели могут основываться, являются актуальными.

**Связь работы с крупными научными программами, темами.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ, проведенных кафедрой полиграфии Белорусского государственного технологического университета с непосредственным участием автора по следующей тематике: ГБ 38-97 «Исследование технологических процессов полиграфического производства с целью повышения качества изданий», а также в соответствии с заданием Государственного комитета Республики Беларусь по печати ХД 99-48 «Исследование влияния фрактальных особенностей структурно-механических свойств бумаги на ее поведение в полиграфических процессах» (№ госрегистрации 19993653).

**Цель и задачи исследования.** Целью данной работы является исследование фрактальных особенностей структуры поверхностей печатного контакта, позволяющее дать более достоверный прогноз процесса краскопереноса и повысить качество печатной продукции.

Для реализации указанной цели в работе были поставлены следующие основные задачи:

- определить фрактальные размерности микропрофиля и пространственной структуры исследуемых видов бумаги;
- разработать модель на основе теории фракталов для описания печатных красок;
- рассчитать вязкость печатной краски на основе теории эффективной вязкости;
- применить теорию фракталов к исследованию изменений микрогеометрии поверхности офсетного полотна и печатных форм при их эксплуатации в печатных процессах;
- построить фрактальную модель перехода краски на бумагу в процессе печатания и оценить вклад фрактальной неоднородности структуры поверхностей печатного контакта в процесс краскопереноса.

**Объект и предмет исследования.** Объект исследования — технологический процесс взаимодействия бумаги и краски в процессе печатания. Предмет исследования — фрактальные особенности процесса краскопереноса.

**Гипотеза.** Прогнозирование процесса краскопереноса и повышение качества полиграфической продукции могут быть достигнуты за счет создания новой модели переноса краски с формы на бумагу.

**Методология и методы проведенного исследования.** Методологической основой исследований явились теоретические разработки известных ученых в области переноса краски с формы на бумагу (Л. А. Коза-

ровицкий, П. А. Попрядухин, Б. Н. Шахкельдян, В. Уолкер, Ж. Фецко, Е. Рупп, А. Зегтлмайер, Дж. Олсон, Л. Пил, и др.).

В диссертационной работе использовались следующие методы исследования:

- методы теории фракталов для изучения поверхностных свойств печатной бумаги, офсетных пластин и офсетного полотна;
- методы теории эффективной вязкости и теории фракталов для описания структуры печатной краски.

**Научная новизна и значимость полученных результатов** состоит в том, что автором предложен новый для полиграфической технологии подход в исследовании процесса переноса печатной краски с формы на бумагу, на базе которого возможно научно обоснованное описание технологического процесса печатания как одного из ключевых процессов полиграфического производства.

Наиболее существенными результатами выполненного исследования являются следующие:

- разработана методика экспериментального определения фрактальных свойств структуры различных видов бумаги, отличающаяся возможностью учета стохастичности их микроструктуры в широком диапазоне изменения ее параметров, позволяющая установить фрактальный характер данной структуры, ввести новую структурную характеристику — фрактальную размерность, теоретически рассчитывать структурно-механические и печатные свойства бумаги;
- построена модель для описания тиксотропных структур печатных красок, базирующаяся на теории фракталов и теории эффективной вязкости, отличающаяся возможностью установления закономерностей процесса структурообразования в дисперсных системах, позволяющая установить фрактальный характер тиксотропных структур, образуемых пигментами как на этапе их диспергирования, так и в печатной краске, а также прогнозировать относительную вязкость краски;
- предложена методика определения фрактальных свойств поверхности офсетных печатных форм на основе экспериментального определения микроструктуры печатных и пробельных элементов, отличающаяся возможностью учета взаимосвязи технологических свойств печатных форм и фрактальной размерности их микроструктуры, позволяющая прогнозировать износостойкость печатных элементов форм, качество передачи градации, вскрывать причины возникновения дефектов при их изготовлении;
- разработана методика исследования изменений микрогеометрии поверхности офсетного полотна при его эксплуатации в процессе печати, отличающаяся возможностью учета фрактальной неоднородности распределения микронеровностей поверхности, позволившая изучить влияние механических и химических воздействий на его технологические свойства;
- предложена новая фрактальная модель процесса краскопереноса, базирующаяся на определении краскоемкости печатной бумаги, имеющей различия в значениях размаха микронеровностей и величин фрактальных размерностей, а также определении коэффициента насыщения поверхности

бумаги краской, позволяющая оптимизировать процесс переноса краски с печатной формы на бумагу, улучшить качество печатной продукции, уменьшить трудоемкость и материалоемкость процесса печатания.

Для выполнения поставленных задач разработано специализированное программное обеспечение.

**Практическая (экономическая, социальная) значимость полученных результатов** состоит в использовании разработанной модели краскопереноса на полиграфических предприятиях Беларуси, что позволит прогнозировать процесс переноса краски, повысить качество печатной продукции, а также снизить расход материалов на технологические нужды производства.

Результаты исследований, созданные методики и программные средства находят отражение и используются в учебном процессе, курсовом и дипломном проектировании на факультете издательского дела и полиграфии Белорусского государственного технологического университета.

Разработанная методика экспериментального определения фрактальных свойств структуры различных видов бумаги и печатных пластин была внедрена на РУП «Полиграфический комбинат им. Я. Коласа» и в издательстве «Белорусский Дом печати». Ожидаемый экономический эффект от внедрения методики составляет 42 713 тыс. руб.

Основные результаты исследований адресуются Министерству информации, а также полиграфическим предприятиям Республики Беларусь.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- структурный подход в исследовании взаимодействия бумаги и краски в процессе печатания, дающий исходный материал для построения моделей краскопереноса и определяющий граничные условия их практического использования;
- проявление фрактальных свойств микроструктуры бумаги в процессе печатания;
- взаимосвязь фрактальных параметров микроструктуры печатных красок и их технологических свойств;
- влияние фрактальных особенностей микроструктуры поверхности печатных форм и офсетного полотна при переносе краски с формы на бумагу на технологические параметры процесса печатания;
- влияние фрактальной модели краскопереноса на процесс оптимизации перехода краски с формы на бумагу.

**Личный вклад соискателя** состоит в разработке и обосновании методологических основ исследований; сборе, обработке и систематизации материалов; проведении экспериментов, обработке результатов; подготовке докладов и публикаций по теме исследований; разработке программного и математического обеспечения, использованного при обработке материалов, представленных в диссертации.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения диссертации докладывались и получили положительную оценку на конференции «Квалилогия книги» (Львов, 1998); II Белорусском конгрессе по теоретической и прикладной механике «Механика-99» (Гомель, 1999); VIII Белорусской математической конференции (Минск, 2000); Международной научно-

технической конференции «Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов» (Минск, 2000); Международной научно-технической конференции «Издательско-полиграфический комплекс на пороге третьего тысячелетия» (Минск, 2001); на 62–65-й научно-технических конференциях БГТУ (секция «Издательское дело и полиграфия»).

**Опубликованность результатов.** По материалам диссертационного исследования опубликована глава в монографии, 7 научных статей и 2 тезиса докладов на научных конференциях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 4 глав, заключения и 4 приложений. Общий объем диссертации 140 страниц, 30 рисунков, 18 таблиц и 115 наименований использованных источников, 4 приложения на 10 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** дано краткое обоснование актуальности темы и необходимости проведения исследования, а также приведена общая оценка современного состояния проблемы.

**В первой главе «Методы исследования процесса взаимодействия бумаги и краски при печати»** проанализированы методы исследования структуры и физико-механических свойств бумаги, рассмотрены взаимосвязь микроструктуры и технологических свойств печатных красок, а также структурные подходы в исследовании взаимодействия бумаги и краски в процессе печатания.

**Во второй главе «Фрактальное описание микроструктуры печатной бумаги»** экспериментально исследованы фрактальные свойства микроструктуры различных видов бумаги и определены их фрактальные параметры.

Использование нового для полиграфической технологии математического аппарата — теории фракталов — требует разработки специальной методики экспериментального изучения поверхностных свойств бумаги.

Для конкретной реализации данной программы была разработана методика экспериментального определения фрактальных свойств структуры бумаги, которая включает в себя следующие процедуры: определение системы параметров настройки профилометра при построении профилограмм для различных видов печатной бумаги; технологию подготовки профилограмм для последующей математической обработки; специальную процедуру оцифровывания профилограмм; программное обеспечение для анализа на ЭВМ фрактальных свойств структуры печатной бумаги.

Для построения микропрофилей образцов печатной бумаги использовался профилометр с алмазной иглой. Вывод профилограмм на графопостроитель осуществлялся с увеличением: вертикальным  $500\times$  и горизонтальным  $40\times$ . Далее построенные профилограммы по специальной технологии готовились для последующей математической обработки.

Исследуемые виды бумаги различаются по качеству и печатным свойствам. Поэтому очень важно иметь структурный параметр, который позволил бы такое различие описать. Для этих целей используется математический аппарат теории фракталов, позволяющий произвести проце-

дуру оцифровывания профилограмм с целью определения показателя фрактальной размерности:

$$N = (R/r_0)^{D_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где  $N$  – количество шагов по профилограмме;

$R$  – длина базовой линии;

$r_0$  – масштаб;

$D_{\text{пр}}$  – показатель фрактальной размерности микропрофиля.

После математической обработки всех профилограмм были определены фрактальные размерности микропрофилей. Далее необходимо перейти от фрактальной размерности микропрофиля к фрактальной размерности поверхности структуры бумаги.

Фрактальная размерность подпространства пересечения двух пространств с размерностью  $D_S$  и  $H$  равна

$$D_{\text{пр}} = D_S + H - d, \quad (2)$$

где  $d$  – топологическая размерность охватывающего пересечения пространства.

Поскольку микропрофиль представляет собой сечение пространственной структуры бумаги плоскостью, то  $H = 2$ ,  $d = 3$ . Тогда фрактальная размерность подпространства пересечения двух пространств определяется так:

$$D_{\text{пр}} = D_S - 1. \quad (3)$$

Соответственно, фрактальная размерность поверхности бумаги:

$$D_S = D_{\text{пр}} + 1. \quad (4)$$

Результаты расчета фрактальной размерности микропрофилей исследовавшихся видов бумаги сведены в табл. 1.

Таблица 1

Фрактальные размерности поверхности бумаги

Вид бумаги	Фрактальная размерность микропрофиля бумаги, $D_{\text{пр}}$	Фрактальная размерность поверхности бумаги, $D_S$
Мелованная бумага		
Люми Арт	$1,064 \pm 0,054$	$2,064 \pm 0,105$
Юнион Силк	$1,361 \pm 0,047$	$2,361 \pm 0,082$
Юнион Арт	$1,504 \pm 0,046$	$2,504 \pm 0,077$
Люми Силк	$1,563 \pm 0,048$	$2,563 \pm 0,079$
Картон Малмеро	$1,397 \pm 0,054$	$2,397 \pm 0,093$
Офсетная бумага		
Офсетная бумага № 1	$1,765 \pm 0,073$	$2,765 \pm 0,114$
Дата Копи	$1,322 \pm 0,032$	$2,322 \pm 0,056$
Кондологского ЦБК	$1,606 \pm 0,074$	$2,606 \pm 0,120$
Газетная бумага		
АО «Волга»	$1,862 \pm 0,064$	$2,862 \pm 0,098$
Балахнинского ЦБК	$1,756 \pm 0,053$	$2,756 \pm 0,083$
Цв. бумага Балахн. ЦБК	$1,658 \pm 0,083$	$2,658 \pm 0,133$



Как видно из табл. 1, фрактальная размерность печатной бумаги варьируется в довольно широких пределах. На одной границе этой области находятся мелованная бумага, имеющая гладкую поверхность, на другой — «предельные» структуры с сильно развитой поверхностью, как у газетной бумаги АО «Волга». Предварительный анализ печатных свойств бумаги показывает, что оба крайних типа структур не соответствуют их высоким значениям.

В третьей главе «Фрактальное описание микроструктуры печатных красок» проанализированы современные представления о реологических и структурных свойствах печатных красок, рассмотрены теоретические модели вязкости концентрированных и высококонцентрированных суспензий, построена структурная теория коэффициента вязкости типографских красок на основе теории фракталов.

В настоящее время отсутствуют экспериментальные методы, которые позволяли бы всесторонне исследовать структуру дисперсной системы. Поэтому основным методом теоретического исследования структурированных систем является моделирование. В рамках приведенной ниже теории эффективной вязкости для описания структуры печатной краски предполагается модель, основанная на теории фракталов.

Для описания структуры печатной краски использована фрактальная модель, аналогичная разработанной ранее модели для описания композиционных материалов. В соответствии с этой моделью связующее является матрицей системы, пигмент — наполнителем. Для того чтобы использовать теорию эффективной вязкости для расчета вязкости печатной краски, выделен в системе две структурные подсистемы, представленные на рис. 1.

Первая подсистема представляет собой кластеры пигмента с локализованными в них частицами краски. По своей структуре эта подсистема будет представлять собой высококонцентрированную суспензию (ВКС-подсистему). Вторая подсистема представляет собой среду с эффективной вязкостью, наполненную кластерами ВКС-подсистемы. В соответствии с этим расчет вязкости краски при заданной концентрации пигмента проводился поэтапно.

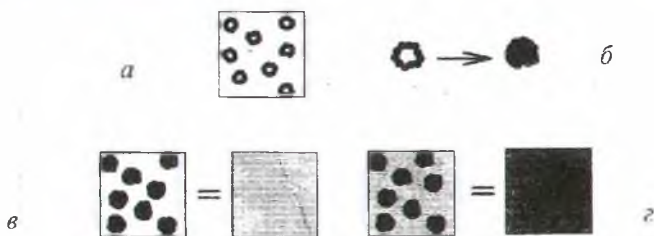


Рис 1. Условное представление дисперсной системы и ее компонентов при вычислении эффективной вязкости: *a* — кластеры пигмента, распределенные в связующем; *б* — условное изображение ВКС-подсистемы; *в*, *z* — этапы определения эффективной вязкости дисперсной системы (добавление пигмента в связующее по порциям)

На первом этапе определялась относительная вязкость ВКС-подсистемы. При этом была использована формула теории смазки

$$\eta_{\text{ВКС}} = \left[ \frac{3z}{16} \times \frac{2a}{h} \right] = \eta_m \times \frac{18}{8} \times 3 \sqrt{\frac{\eta_i}{g_m}}, \quad (5)$$

где  $\eta_m$  — эффективная вязкость матрицы (связующего);

$g_m$  — объемная доля матрицы (связующего) внутри кластеров.

В формулу (5) в развернутом виде входит структурный параметр  $C_1$ :

$$C_1 = (a/b)^3, \quad (6)$$

где  $a$  — радиус включения;

$b$  — радиус области матрицы, связанной с каждым отдельным включением.

Поскольку отношение объемной доли таких включений к объемной доле частиц наполнителя является малым, то в формуле (7) его можно заменить отношением радиусов

$$C_1 = n_i/g_m. \quad (7)$$

На втором этапе для расчета эффективной вязкости краски наиболее пригодной оказалась формула Эйнштейна, модифицированная с учетом структуры материала,

$$\eta = \eta_m \times (1 + 2,5 \times \eta_{\text{ВКС}} \times C_2), \quad (8)$$

где  $\eta_m$  — эффективная вязкость матрицы;

$C_2$  — параметр, отражающий структуру материала, вычисляемый как

$$C_2 = 1 / n_{km} \sum_{s=1}^{N_i} s^{3\rho} n_s, \quad (9)$$

где  $n_{km}$  — объемная доля матрицы вне кластеров;

$\rho$  — некритический индекс.

Если рассматривать в качестве включения агрегат из нескольких частиц, то появляется возможность, используя метод поэтапной квазигомогенизации, определить эффективную вязкость краски. При расчете вязкости ВКС-подсистемы на первом этапе формула (7) преобразуется к виду:

$$\eta_{\text{ВКС}i} = \eta_m \times \frac{18}{8} \times 3 \sqrt{\frac{\eta_i}{g_m}}, \quad (10)$$

где  $i$  — шаг, характеризующий изменение объемной доли наполнителя в системе.

На втором этапе квазигомогенизации определяется эффективная вязкость кластера матрицы с включениями, имеющими распределение по размерам, характерное для агрегатов наполнителя, но с определенной на первом этапе вязкостью. При этом формула (10) приобретает следующий вид:

$$\eta_i = \eta_m \cdot (1 + 2,5 \times \eta_{\text{ВКС}i} \times C_2), \quad (11)$$

При использовании вышеприведенных формул, была рассчитана относительная вязкость при заданных значениях концентрации пигмента  $< 0,31$  (до критической объемной концентрации). Объемная критиче-

ская концентрация соответствует таким степеням наполнения, при которых в системе матрица—наполнитель происходит структурный фазовый переход, обусловленный возникновением перколяционного кластера наполнителя, охватывающего всю систему.

Расчет вязкости печатной краски с заданным значением концентрации пигмента проводился в следующей последовательности.

В первую очередь рассчитывалась вязкость системы при минимальной концентрации наполнителя. Для этого определялась вязкость кластеров пигмента — ВКС-подсистемы, далее находилась эффективная вязкость среды, наполненной кластерами пигмента.

Затем в среду с рассчитанной эффективной вязкостью вводилась дополнительная порция пигмента и опять рассчитывалась эффективная вязкость среды. Тем самым, определялась вязкость краски с большей концентрацией пигмента. Затем процедура расчета повторялась до достижения критической концентрации пигмента.

Для ряда модельных красок на основе канальной сажи и связующих с известными вязкостями также были получены зависимости абсолютной вязкости от объемного заполнения красок пигментом, представленные на рис. 2.

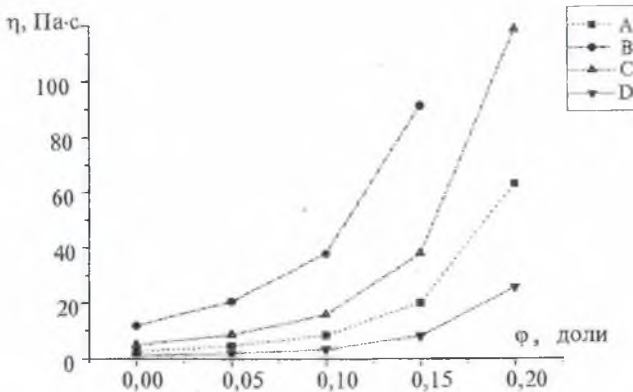


Рис. 2. Зависимость абсолютной вязкости краски от степени заполнения пигментом, связующее олифа: А, D — полимеризованная; В — оксидированная; С — стандартная

Как видно из рис. 2, с увеличением степени заполнения системы пигментом абсолютная эффективная вязкость красочной суспензии возрастает.

В качестве экспериментальных данных для сравнения с теорией были использованы значения вязкости модельных красок на основе льняной олифы с различной концентрацией пигмента (табл. 2). Как показывают данные табл. 2, теоретические значения близки к экспериментальным при концентрации пигмента до 0,2.

Сравнение расчетных данных с экспериментальными для модельных красок на основе льняной олифы

Концентрация пигмента, объемные доли	Вязкость краски на основе льняной олифы, Па·с			
	абсолютная		относительная	
	расчет	эксперимент	расчет	эксперимент
0	4,90	4,90	0,10	0,10
0,05	8,55	8,40	0,17	0,17
0,10	15,78	14,70	0,32	0,30
0,15	38,01	60,50	0,78	1,24
0,20	119,13	127,70	2,43	2,66
0,25	485,10	184,00	9,90	3,75

В четвертой главе «Исследование процесса взаимодействия бумаги и краски при печатании» исследованы фрактальные свойства микроструктуры поверхности офсетных печатных форм и микроструктуры поверхности офсетного полотна, построена фрактальная модель перехода краски на бумагу в процессе печатания.

Для изучения поверхности печатных форм и пластин использовалась методика, разработанная для определения фрактальных свойств поверхности бумаги.

В качестве первого шага экспериментально определялись микропрофили образцов печатных форм. Для исследования были взяты образцы печатных форм, изготовленных на офсетных пластинах Virage фирмы Polychrome и Capricorn Gold фирмы Horsell. Данные о фрактальных размерностях печатных и пробельных элементов печатных форм, изготовленных на офсетных монометаллических пластинах позитивного копирования, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Фрактальная размерность исследуемых образцов печатных форм

Марка пластины, элемент формы	Фрактальная размерность микропрофиля, $D_{пр}$	Фрактальная размерность поверхности, $D_s$
Capricorn Gold, пробельный	$1,335 \pm 0,026$	$2,335 \pm 0,045$
Capricorn Gold, печатный	$1,239 \pm 0,036$	$2,239 \pm 0,065$
Virage, пробельный	$1,376 \pm 0,029$	$2,376 \pm 0,050$
Virage, печатный	$1,303 \pm 0,025$	$2,303 \pm 0,044$

По величине фрактальной размерности можно судить о микроструктуре поверхности подложки исследуемых офсетных монометаллических пластин и сделать выводы относительно технологических свойств печатных форм. Из табл. 3 видно, что фрактальная размерность поверхности пробельного элемента офсетной формы на основе пластины Virage

больше, чем при использовании офсетной пластины Capricorn Gold, т. е. подложка офсетной пластины Virage имеет более рельефную структуру. Это значит, что при прочих одинаковых факторах и условиях адгезия копировального слоя к основе офсетной пластины Virage может быть выше адгезии копировального слоя к основе пластины Capricorn Gold. Соответственно, износостойкость печатных элементов формы, изготовленной на основе пластины Virage, может быть несколько выше, чем на пластине Capricorn Gold.

Величина фрактальной размерности формной основы оказывает также влияние на расход копировального раствора при изготовления офсетных пластин. Поскольку пластины Virage имеют большие углубления по сравнению с пластинами Capricorn Gold, то первые требуют большего расхода копировального слоя. Это, в свою очередь, может привести к увеличению экспозиции и (или) времени проявления.

У печатных элементов форм, изготовленных на офсетных пластинах Virage и Capricorn Gold, наблюдается та же картина, что и у пробельных. Микроструктура рельефней у печатных элементов, полученных на пластинах Virage. Копировальный слой в пластинах Virage наносится на более рельефную подложку. Такая поверхность позволяет легче удалять воздух из зоны контакта между фотоформой и формной пластиной. Печатные элементы копируются здесь более точно, с меньшим искажением. Кроме того, вероятность возникновения «закопировок», следствием чего являются дефекты печатных форм, выражающиеся в уменьшении, а в высоких светах и исчезновении печатных элементов, вообще говоря, намного меньше, чем при копировании фотоформ на офсетные пластины Capricorn Gold.

Таким образом, монометаллические офсетные печатные пластины позитивного копирования Virage в равных условиях могут превосходить аналогичные пластины Capricorn Gold по таким показателям, как износостойкость, качество передачи градации, малая вероятность возникновения «закопировок» на растровых участках формы.

Для изучения изменений микрогеометрии поверхности офсетного полотна при его эксплуатации в процессе печатания была также применена теория фракталов.

Экспериментальные исследования проводились на офсетном полотне фирмы «Гейдельберг», предназначенном для печати на листовых офсетных машинах. Исследовалось новое полотно и полотно после выполнения около 100 тыс. листов прогонов. Экспериментальные образцы вырезались из пластины в продольном, по ходу проводки бумаги в печатной машине, направлении и в перпендикулярном направлении, т. е. вдоль образующей офсетного цилиндра. Определение фрактальной размерности поверхности и среднего квадратического значения профиля производилось по профилограммам и приведено в табл. 4.

По результатам исследований можно заключить, что поверхность нового полотна одинакова в продольном и поперечном направлениях. Однако в процессе печатания износ поверхности в указанных направлениях происходит по-разному.

Фрактальная размерность образцов поверхности офсетного полотна

Образцы полотна	Среднее квадратическое профиля, мкм	Фрактальная размерность микропрофиля, $D_{пр}$	Фрактальная размерность поверхности, $D_s$
Новое полотно в продольном (  ) направлении	0,607	$1,308 \pm 0,031$	$2,308 \pm 0,055$
Новое полотно в поперечном (⊥) направлении	0,724	$1,309 \pm 0,035$	$2,309 \pm 0,062$
Отработанное полотно,   , образец 1	1,600	$1,471 \pm 0,029$	$2,471 \pm 0,049$
Отработанное полотно,   , образец 2	2,170	$1,466 \pm 0,033$	$2,466 \pm 0,56$
Отработанное полотно, ⊥, образец 1	0,546	$1,360 \pm 0,022$	$2,360 \pm 0,038$
Отработанное полотно, ⊥, образец 2	0,614	$1,351 \pm 0,023$	$2,351 \pm 0,040$

Циклические механические напряжения в зоне печатного контакта действуют в основном в продольном направлении. В результате в полотне появляются микротрещины. В совокупности механическое и химическое воздействия приводят к тому, что поверхность становится более развитой.

В целом полученные результаты свидетельствуют о возможности применения теории фракталов к исследованию изменений микрогеометрии поверхности офсетного полотна при его эксплуатации в процессе печатания.

Результатом проведенных исследований является построение фрактальной модели процесса краскопереноса с печатной формы на бумагу, базирующейся на рассчитанных данных, представленных в табл. 5.

Данные табл. 5 позволили построить зависимости количества краски от толщины ее слоя на бумаге, которые показали, что бумага Юнион Арт является более краскоемкой, т. к. при толщине краски на оттиске в 1 мкм количество краски на бумаге значительно ниже, чем у Люми Арт.

Также было определено, что самой краскоемкой является бумага Кондопогского ЦБК, затем бумага Дата Копи и бумага офсетная № 1. Например, значение краскоемкости, равное  $1,0 \text{ мкм}^3$ , достигается при следующих значениях  $h_{\text{отт}}$ : бумага Кондопогского ЦБК — 1,8 мкм; Дата Копи — 1,6 мкм; офсетная № 1 — 1,2 мкм.

Параметры структуры и краскоемкость печатной бумаги

Вид бумаги	$D_s$	$h_{\text{оттmax}}$ , МКМ	$G_{\text{кр}}^e$	$h_{\phi_{\text{max}}}$ , МКМ
Мелованная бумага				
Люми Силк	2,563	3,7200	3,209	6,712
Юнион Арт	2,504	1,4925	1,090	2,474
Юнион Силк	2,361	3,7200	2,785	5,865
Люми Арт	2,064	1,1613	0,369	1,032
Картон Малмеро	2,397	4,9600	3,748	8,555
Офсетная бумага				
Офсетная бумага № 1	2,765	1,5676	1,361	3,429
Дата Копи	2,322	2,3500	1,603	3,912
Кондопогского ЦБК	2,606	2,5368	1,524	3,754
Газетная бумага				
АО «Волга»	2,862	2,8387	2,696	6,450
Балахнинского ЦБК	2,756	2,0893	1,910	4,878
Цв. бумага Балахн. ЦБК	2,658	1,9121	1,702	4,464

Бумага АО «Волга», бумага Балахнинского ЦБК, цветная бумага Балахнинского ЦБК является практически одинаковой по краскоемкости. Однако она имеет различия в максимальном значении краскоемкости, которое достигается при разных значениях количества краски на оттиске. Это объясняется различиями в значениях размаха неровностей и величин фрактальных размерностей.

На основе данных табл. 5 были получены зависимости коэффициента насыщения бумаги от толщины слоя краски на печатной форме. Для этого, согласно Л. А. Козаровицкому, предположим, что на оттиск переходит половина краски с печатной формы, а также, что существует пленка краски толщиной  $b$ , которая на бумагу не передается. Поэтому количество краски на печатной форме

$$G_{\phi} = G_{\phi_0} + G_{\phi_v} = S_0 \rho_{\text{кр}} (b + h_v), \quad (12)$$

где  $G_{\phi_0}$  — количество краски, которое не передается на оттиск;

$G_{\phi_v}$  — первоначальное количество краски на форме;

$b$  — толщина пленки краски, которая на бумагу не передается;

$h_v$  — толщина свободного объема краски.

Количество краски, перешедшей с формы на оттиск, равно:

$$G_{\text{отт}} = 1/2 G_{\phi_v} = 1/2 S_0 \rho_{\text{кр}} h_v. \quad (13)$$

Учтем, что

$$h_v = h_{\phi} - b, \quad (14)$$

где  $h_{\phi}$  — первоначальная толщина слоя краски на форме.

Подставив (14) в (13), получим

$$G_{\text{отт}} = 1/2 S_0 \rho_{\text{кр}} (h_{\phi} - b). \quad (15)$$

Окончательно зависимость коэффициента насыщения от толщины слоя краски на форме будет иметь следующий вид:

$$K_n = \frac{0,5(h_{\phi} - b)}{h_{\text{отт,max}} \left(1 - \bar{h}^{2-D_s}\right)}. \quad (16)$$

Максимальное количество краски на форме, соответствующее  $h_{\phi\text{max}}$  и необходимое для заполнения всех микронеровностей бумаги, является параметром задачи. Для его определения положим в формуле (16)  $K_n = 1$

$$1 = \frac{h_{\phi\text{max}} - b}{2h_{\text{отт,max}} \left(1 - \bar{h}^{2-D_s}\right)}. \quad (17)$$

Откуда  $h_{\phi\text{max}}$  равно

$$h_{\phi\text{max}} = b + 2h_{\text{отт,max}} \left(1 - \bar{h}^{2-D_s}\right). \quad (18)$$

Данная теория позволяет установить, что коэффициент насыщения, равный 100%, когда краска заполняет все микронеровности поверхности, достигается для бумаги Люми Арт при толщине краски на форме 1 мкм, для бумаги Юнион Арт — 2,5 мкм. Эти значения близки к экспериментальным данным Л. А. Козаровицкого. Значения для бумаги Юнион Силк и Люми Силк значительно выше. Это объясняется тем, что она имеет гораздо более развитую микроповерхность, чем глянцевая бумага.

Градиент возрастания зависимости коэффициента насыщения от толщины краски на печатной форме для офсетной и газетной бумаги выше, чем для экспериментальных данных Л. А. Козаровицкого. Поскольку микро рельеф современной офсетной и газетной бумаги менее развит, то для заполнения всех микронеровностей требуется меньшее количество краски.

Построение модели краскопереноса связано с определением коэффициента перехода, который характеризует степень переноса краски с печатной формы на бумагу в зависимости от толщины слоя краски на форме.

Детально исследуя зависимость между первоначальным количеством краски на форме и переносом ее в процессе печатания на бумагу, И. Олсон и Л. Пил предложили эмпирическое уравнение краскопереноса

$$K_n = \frac{y}{x} = \frac{1 - e^{-kx}}{x} \left\{ G_{\text{кр}}^e \left[ 1 - e^{-\frac{x}{G_{\text{кр}}^e}} \right] + f \left[ x - G_{\text{кр}}^e \left[ 1 - e^{-\frac{x}{G_{\text{кр}}^e}} \right] \right] \right\}. \quad (19)$$

Константа  $k$  определяет характер кривой переноса в области малой толщины слоя краски,  $G_{\text{кр}}^e$  определяет краскоемкость поверхности бумаги (характер кривой в промежуточной области, в области максимума),  $f$  — константа, характеризующая долю свободного слоя краски в области больших, избыточных толщин слоя краски.

Для расчета коэффициента переноса для каждого вида бумаги необходимо было найти неизвестные параметры —  $k$  и  $f$ . Эти параметры были подобраны по экспериментальным данным Л. А. Козаровицкого.

Фрактальная структура в коэффициент переноса входит через краскоемкость. Наиболее характерное свойство фрактальной структуры заключается в



том, что по своей сути она является неоднородной. Поэтому при оценке влияния фрактальной структуры поверхностей печатного контакта на перенос краски необходимо учитывать влияние неоднородности их структуры.

Вклад фрактальной неоднородности структуры бумаги на процесс переноса краски изменяется в широких пределах (от 22,3% для бумаги Дата Копи до 86,1% для бумаги АО «Волга»). В среднем вклад фрактальной неоднородности для мелованной бумаги составил 52,3%, для офсетной — 50,3%, для газетной — 74,5%. Наибольший вклад фрактальной неоднородности наблюдается у газетной бумаги, что связано с более развитой микроструктурой ее поверхности.

Результаты расчета коэффициента переноса краски показали, что зависимость коэффициента переноса от толщины слоя краски на форме для мелованной, офсетной и газетной бумаги имеет существенные различия. В области минимальных (1 мкм) толщин краски на форме наибольший коэффициент переноса имеет мелованная матовая бумага. Он составляет порядка 60%, наименьший коэффициент переноса у газетной бумаги — не более 25%, офсетная бумага имеет промежуточное значение — 32—35%. Скорость возрастания коэффициента переноса при увеличении толщины слоя краски на форме в области малых толщин самая большая у мелованной бумаги, максимальный коэффициент переноса у нее наблюдается при  $h_{\Phi} \approx 2,5$  мкм, у офсетной бумаги — при  $h_{\Phi} \approx 3,5$  мкм, у газетной — при  $h_{\Phi} \approx 4,5$  мкм.

В области полного насыщения поверхности бумаги краской находится максимальное значение коэффициента переноса. Наиболее ярко максимум выражен у мелованной бумаги, наименее — у офсетной и газетной, после чего наблюдается снижение коэффициента переноса краски. Это означает, что в рабочем режиме при увеличении количества краски на форме больше технологически необходимого качество оттиска значительно снизится, а расход краски будет неоправданно большим.

Проанализировав графики и учитывая, что рассчитанные кривые имеют направление, угол наклона, градиент возрастания и значения, близкие к экспериментальным значениям Л. А. Козаровицкого, можно сказать, что представленная модель достаточно адекватно описывает процесс краскопереноса.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Существующие в настоящее время подходы к взаимодействию бумаги и краски в процессе печатания носят эмпирический характер и не всегда учитывают все нюансы поведения материалов при печати, а также содержат большое количество допущений, упрощающих данный процесс. Новый, предлагаемый в данной диссертационной работе подход позволяет учесть вклад неоднородностей поверхностей печатного контакта в процесс краскопереноса, составляющий для мелованной бумаги 52,3%, для офсетной — 50,3%, для газетной — 74,5% [1, 2].

2. На основе экспериментальных исследований различных видов печатной бумаги при использовании нового для полиграфической технологии математического аппарата — теории фракталов — была разрабо-

тана методика, доказывающая фрактальный характер свойств ее структуры. Фрактальная размерность поверхности печатной бумаги варьируется в широких пределах  $D = 2,064—2,862$ : для мелованной бумаги, имеющей гладкую поверхность,  $D = 2,064—2,563$ ; для газетной бумаги с сильно развитой поверхностью  $D = 2,658—2,862$  [3-6].

3. Разработана модель, основанная на теории эффективной вязкости, позволяющая рассчитать относительную вязкость печатных красок при различных концентрациях пигмента. Исследование зависимости абсолютной вязкости от объемной доли наполнения красок пигментами в диапазоне  $0—0,2$  на основе различных связующих показало, что вязкость красочных суспензий с увеличением степени заполнения системы пигментом увеличивается и изменяется для разных связующих в пределах от 1,05 до 286,88 Па·с: для полимеризованных олиф на основе льняного масла различной степени уплотнения 1,05–25,53 и 2,60–63,21 Па·с; для стандартной льняной олифы 4,90–119,13 Па·с; для оксидированной льняной олифы 11,80–286,88 Па·с [7].

4. Разработана специальная методика определения фрактальных свойств печатных форм на основе экспериментального изучения микропрофилей образцов поверхности печатных и пробельных элементов, позволяющая рассчитать их фрактальные размерности, на основе которых можно прогнозировать их технологические свойства. Фрактальные размерности поверхности пробельных  $D_{пр} = 2,376$  и печатных  $D_{печ} = 2,303$  элементов форм, изготовленных на основе пластин Virage, свидетельствуют о их большей износостойкости, улучшенном качестве передачи градации и меньшей вероятности возникновения дефектов по сравнению с формами на основе пластин Carpigorn Gold, имеющих значения фрактальной размерности пробельных и печатных элементов, равные соответственно  $D_{пр} = 2,335$  и  $D_{печ} = 2,239$  [8].

5. В результате проведенных экспериментальных исследований офсетного полотна был установлен фрактальный характер его поверхности со стохастическим распределением неровностей. Результаты исследований показали, что в процессе печатания циклические механические напряжения в зоне печатного контакта действуют в основном в продольном направлении (изменение фрактальной размерности поверхности полотна после 100 тыс. листовпрогонов составило 6,8%), тогда как изменение в поперечном направлении обусловлено главным образом химическим воздействием на его поверхность и равно 2,2%. Разработанная методика позволяет прогнозировать поведение офсетного полотна в печатном процессе [9].

6. Построена фрактальная модель перехода краски с формы на бумагу в процессе печатания на основе определения краскоемкости и коэффициента насыщения бумаги, которая позволяет теоретически описать и более глубоко раскрыть сущность процесса краскопереноса, а также подтвердить достоверность экспериментальных исследований Л. А. Козаровицкого [7, 10].

7. Предложенная модель краскопереноса дает возможность прогнозировать процесс краскопереноса, что позволит улучшить качество печатной продукции, снизить время печатания тиража на 14,6%, снизить количество отходов на технологические нужды на 83,3%, на 66% уменьшить время на подготовительные операции, уменьшить расход краски при печатании на 0,16% [10].

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. 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.
2. Кулак М. И., Боброва О. П., Пиотух И. Г. Все ли мы знаем о бумаге: фрактальная парадигма // Технология переработки и упаковки. — Минск, 2000. — №3(5). — С. 26—27.
3. Пиотух И. Г., Кулак М. И., Боброва О. П. Влияние фрактальных особенностей структуры на физико-механические свойства печатной бумаги // Труды БГТУ: Физико-математические науки и информатика. — Минск, 2000. — Вып. 8. — С. 73—81.
4. Кулак М. И., Боброва О. П., Пиотух И. Г. Взаимосвязь параметров структуры бумаги и давления печатного контакта // Труды БГТУ: Физико-математические науки и информатика. — Минск, 2000. — Вып. 8. — С. 82—92.
5. Кулак М. И., Пиотух И. Г. Учет фрактальной неоднородности микроструктуры бумаги при расчете давления печатного контакта // Механика-99: Материалы II Белорусского конгресса по теоретической и прикладной механике / ИММС НАНБ. — Гомель, 1999. — С. 259—260.
6. Кулак М. И., Боброва О. П., Пиотух И. Г. Топологические аспекты структурной механики целлюлозосодержащих материалов // Тез. докл. VIII Белорусской математической конф. — Минск, 2000. — Ч. 3. — С. 120.
7. Кулак М. И., Боброва О. П., Пиотух И. Г. Фракталы в исследованиях взаимодействия бумаги и краски в процессе печатания // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: Материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Белорус. гос. технологич. ун-т. — Минск, 2000. — С. 249—251.
8. Долгова Т. А., Яковлев М. К., Пиотух И. Г. Фрактальные свойства микроструктуры поверхности офсетных печатных пластин // Труды БГТУ: Физико-математические науки и информатика. — Минск, 2001. — Вып. 9. — С. 96—100.
9. Кулак М. И., Пиотух И. Г., Медяк Д. М. Микрогеометрия фрактальной поверхности офсетного полотна // Труды БГТУ: Физико-математические науки и информатика. — Минск, 2001. — Вып. 9. — С. 87—92.
10. Кулак М. И., Анкуд Т. В., Пиотух И. Г. Методы теории фракталов в механике полиграфических материалов и технологии печатных процессов // В кн. Кулак М. И. Фрактальная механика материалов. — Минск: Выш. шк., 2002. — С. 238—248.

**БІЛІЯТЭКА**  
 Беларускага дзяржаўнага  
 тэхналагічнага ўніверсітэта

501ар

## РЭЗІЮМЭ

*Піотух Ірына Рыгораўна*

УПЛЫЎ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ  
ПАВЕРХНЯЎ ДРУКАРСКАГА КАНТАКТУ  
НА ПРАЦЭС ПЕРАНОСУ ФАРБЫ

**Ключавыя словы:** МІКРАСТРУКТУРА ПАВЕРХНІ ПАПЕРЫ, ФАРБАЁМІСТАСЦЬ ПАПЕРЫ, ВЯЗКАСЦЬ ДРУКАРСКАЙ ФАРБЫ, ДРУКАРСКІЯ ФОРМЫ, АФСЕТНАЕ ПАЛАТНО, МАДЭЛЬ ФАРБА-ПЕРАНОСУ, ТЭОРЫЯ ФРАКТАЛАЎ, ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНАСЦЬ, ТЭОРЫЯ ЭФЕКТЫЎНАЙ ВЯЗКАСЦІ

**Аб'ект і прадмет даследавання.** Аб'ектам даследавання з'яўляецца тэхналагічны працэс узаемадзеяння паперы і фарбы ў працэсе друкавання. Прадмет даследавання — фрактальныя асаблівасці працэсу фарбапераносу.

**Мэта работы.** Распрацоўка навукова абгрунтаванага падыходу па ўдасканаленню ўзаемадзеяння паперы і фарбы ў працэсе друкавання з улікам фрактальных асаблівасцей паверхняў друкарскага кантакту, які дазваляе аптымізаваць працэс фарбапераносу і павысіць якасць друкарскай прадукцыі.

**Атрыманыя вынікі і навізна.** Распрацаваны метадыка даследавання фрактальных уласцівасцей мікраструктуры паверхняў друкарскага кантакту і новая для паліграфічнай тэхналогіі мадэль пераносу фарбы з формы на паперу, якая адрозніваецца магчымасцю падліку стахастычнасці мікраструктуры паверхняў у шырокім дыяпазоне змянення яе параметраў, што грунтуецца на вызначэнні фарбаёмістасці друкарскай паперы, якая мае адрозненні ў значэннях размаху мікраняроўнасцей і велічыні фрактальнай размернасці, а таксама на вызначэнні каэфіцыента насычанасці паверхні друкарскай паперы фарбай, што дазваляе ўстанавіць фрактальны характар дадзеных структур, увесці для іх новую структурную характарыстыку — фрактальную размернасць, а таксама павысіць рэалістычнасць апісання працэсу фарбапераносу.

**Рэкамендацыі па выкарыстанню.** Рэалізацыя асноўных палажэнняў дысертацыі дазваляе аптымізаваць працэс пераносу фарбы з формы на паперу, садзейнічае паліпшэнню якасці друкарскай прадукцыі, зніжэнню адыходаў на тэхналагічныя патрэбнасці друкарскай вытворчасці, памяншэнню расходу друкарскай фарбы, памяншэнню працаёмкасці працэсу друкавання.

**Вобласць прымянення.** Тэхналогія паліграфічнай вытворчасці. Вынікі даследаванняў могуць быць выкарыстаны пры распрацоўцы навукова абгрунтаваных пастановаў па ўдасканаленню тэхналогіі друкарскіх працэсаў, даследаванні праяў фрактальных асаблівасцей узаемадзеяння паперы і фарбы ў працэсе друкавання.

## РЕЗЮМЕ

*Пиотух Ирина Григорьевна*

ВЛИЯНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕЧАТНОГО КОНТАКТА  
НА ПРОЦЕСС ПЕРЕНОСА КРАСКИ

**Ключевые слова:** МИКРОСТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТИ БУМАГИ, КРАСКОЕМКОСТЬ БУМАГИ, ВЯЗКОСТЬ ПЕЧАТНОЙ КРАСКИ, ПЕЧАТНЫЕ ФОРМЫ, ОФСЕТНОЕ ПОЛОТНО, МОДЕЛЬ КРАСКОПЕРЕНОСА, ТЕОРИЯ ФРАКТАЛОВ, ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ, ТЕОРИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЯЗКОСТИ

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования является технологический процесс взаимодействия бумаги и краски в процессе печатания. Предмет исследования — фрактальные особенности процесса краскопереноса.

**Цель работы.** Разработка научно обоснованного подхода по совершенствованию взаимодействия бумаги и краски в процессе печатания с учетом фрактальных особенностей поверхностей печатного контакта, позволяющего оптимизировать процесс краскопереноса и повысить качество печатной продукции.

**Полученные результаты и новизна.** Разработаны методика исследования фрактальных свойств микроструктуры поверхностей печатного контакта и новая для полиграфической технологии модель переноса краски с формы на бумагу, отличающаяся возможностью учета стохастичности микроструктуры поверхностей в широком диапазоне изменения ее параметров, базирующаяся на определении краскоемкости печатной бумаги, имеющей различия в значениях размаха микронеровностей и величины фрактальной размерности, а также на определении коэффициента насыщения поверхности печатной бумаги краской, позволяющая установить фрактальный характер данных структур, ввести для них новую структурную характеристику — фрактальную размерность, а также повысить реалистичность описания процесса краскопереноса.

**Рекомендации по использованию.** Реализация основных положений диссертации позволяет оптимизировать процесс переноса краски с формы на бумагу, способствует улучшению качества печатной продукции, снижению отходов на технологические нужды печатного производства, уменьшению расхода печатной краски, уменьшению трудоемкости процесса печатания.

**Область применения.** Технология полиграфического производства. Результаты исследований могут быть использованы при разработке научно обоснованных решений по совершенствованию технологии печатных процессов, исследовании проявлений фрактальных особенностей взаимодействия бумаги и краски в процессе печатания.

## SUMMERY

*Irene Piotykh*INFLUENCE THE FRACTAL STRUCTURES  
OF SURFACES OF PRINTED CONTACT  
ON PROCESS OF TRANSFER OF A INK

**Key words:** MICROSTRUCTURE OF PAPER SURFACE, CAPACITY OF INK OF PAPER, TENACITY OF PRINTING INK, PRINTING FORMS, OFFSET RUBBER SHEET, MODEL OF INK TRANSFERENCE, THEORY OF FRACTALS, FRACTAL DIMENSION, THEORY OF EFFECTIVE TENACITY.

**The object and subject of research.** Object of research is technological process of interaction of paper and ink while printing. Subject of research is fractal peculiarities of the process of printing ink transference.

**The purpose of work.** Introduction of scientifically proved method of improving interaction of paper and ink, considering fractal peculiarities surface of printing contact while printing. This method helps to optimise the process of printing ink transference. It also helps to increase the quality level of printing production.

**Received results and novelty.** They have developed the research method of fractal properties of printing contact's microstructure. Also they have worked out new for poligraphical technology model of the process of printing ink transference from a form to paper. This model differs by the capacity to accommodate stochastic property of microstructure of paper surface within wide range of changing of its operation factors. This model is based on the calculation of ink capacity of paper. This model is also based on the calculation of saturation factor of printing paper surface by ink. There are different meanings of slope of micro-irregularity and of size of fractal dimension of printing paper. Also this model helps to consider fractal peculiarities of given structures, to involve a new structural characteristic (or fractal dimension), to increase realism of description of the printing ink transference process.

**Recommendation for use.** The realisation of key items of this scientific work helps to optimise the process of printing ink transference from a form to paper. This work helps to increase the quality level of printing production, to decrease level of utilisation of technological needs of printing process, to decrease consumption level of printing ink, to decrease level of labouriousness of printing process.

**Field of application.** Field of application is technology of poligraphical industry. The results of researches can be useful for introduction of scientifically proved decisions by improving technology of printing processes. Also these results can be applied for developmental investigation of fractal peculiarities interaction of paper and ink while printing.

**ПИОТУХ Ирина Григорьевна**

**ВЛИЯНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕЧАТНОГО КОНТАКТА  
НА ПРОЦЕСС ПЕРЕНОСА КРАСКИ**

Подписано в печать 10.05.2003. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Усл. кр.-отг. 1,4. Уч.-изд. л. 1,2.

Тираж 100 экз. Заказ № *159*.

Учреждение образования

«Белорусский государственный технологический университет».

Лицензия ЛВ № 276 от 15.04.2003. 220050, Минск, Свердлова, 13а.

Отпечатано на ризографе Белорусского государственного  
технологического университета.  
220050, Минск, Свердлова, 13.