

УДК 655.3.0006

И. Г. Громько

Белорусский государственный технологический университет

**ВЗАИМОСВЯЗЬ НЕОДНОРОДНОЙ СТРУКТУРЫ
ЗАПЕЧАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ОТТИСКОВ**

В статье приводятся исследования различных марок мелованного картона. Построены профилограммы микропрофиля исследуемых образцов с последующей процедурой оцифровывания. Для этой цели был использован оптический способ контроля структуры бумаги, который характеризуется высокой проникающей способностью. Анализ построенных профилограмм позволил определить фрактальную размерность структуры бумаги. Для оценки процесса взаимодействия бумаги и краски при печати было исследовано влияние фрактальных особенностей микроструктуры на краскоемкость образцов картона. Также были рассчитаны коэффициенты насыщения и краскопереноса и построены их зависимости от толщины слоя краски на печатной форме. Проведенные исследования позволили выявить влияние неоднородной структуры запечатываемой поверхности на точность воспроизведения элементов изображения. С этой целью проведена оценка характера распределения краски по запечатываемой поверхности на основе информационного подхода. Рассматриваемый подход позволил оценить величину потерь информационной емкости с учетом структуры запечатываемой поверхности. Расчет базировался на уточненных значениях относительной площади растровых элементов и эффективной линиатуры, изменение значений которых свидетельствуют о нарушениях графической и градационной точности воспроизводимого изображения.

Ключевые слова: микропрофиль, фрактальная размерность, краскоемкость, коэффициент насыщения, коэффициент краскопереноса, информационная емкость.

Для цитирования: Громько И. Г. Взаимосвязь неоднородной структуры запечатываемой поверхности и информационных характеристик оттисков // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2022. № 1 (255). С. 22–28.

I. G. Gromyko

Belarusian State Technological University

**THE RELATIONSHIP BETWEEN THE HETEROGENEOUS STRUCTURE
OF THE SEALED SURFACE AND THE INFORMATION
CHARACTERISTICS OF THE PRINTS**

The article presents studies of various brands of coated cardboard. Profilograms of the microprofile of the studied samples were constructed with the subsequent digitization procedure. For this purpose, an optical method was used to control the structure of the paper, which is characterized by a high penetrating ability. The analysis of the constructed profilograms made it possible to determine the fractal dimension of the paper structure. To assess the interaction of paper and ink during printing, the influence of fractal features of the microstructure on the paint capacity of cardboard samples was investigated. Saturation and paint transfer coefficients were also calculated and their dependences on the thickness of the ink layer on the printed form were constructed. The conducted studies revealed the influence of the inhomogeneous structure of the sealed surface on the accuracy of reproduction of image elements. To this end, an assessment of the nature of the distribution of paint on the sealed surface was carried out on the basis of an information approach. The considered approach made it possible to estimate the amount of information capacity losses taking into account the structure of the sealed surface. The calculation was based on the refined values of the relative area of raster elements and the effective lineature, changes in the values of which indicate violations of the graphical and gradational accuracy of the reproduced image.

Key words: microprofile, fractal dimension, paint capacity, saturation coefficient, paint transfer coefficient, information capacity.

For citation: Gromyko I. G. The relationship between the heterogeneous structure of the sealed surface and the information characteristics of the prints. *Proceeding of BSTU, issue 4, Print- and Mediatechnologies*, 2022, no. 1 (255), pp. 22–28 (In Russian).

Введение. Структура поверхности печатной бумаги – одно из важнейших ее свойств как носителя печатного изображения. Она определяет прежде всего разрешающую способность поверхности, т. е. возможность воспроизводить на ней отдельно, с требуемой степенью точности и четкости печатные элементы конкретной величины. Структура поверхности определяется формой, размерами и расположением элементов, ее составляющих. Первичными элементами структуры бумаги являются отдельные фибриллы и волокна, а также элементарные частицы и агрегаты минерального наполнителя. Вторичные элементы структуры образуются в результате группировки первичных элементов в процессе формирования бумаги [1].

Анализ элементов структуры печатной бумаги позволяет выделить две группы неровностей: микро- и макронеровности. Микронеровности – это главным образом неровности поверхности, связанные с первичными элементами структуры: тонко разработанные волокна и их переплетения, отдельные частицы минерального наполнителя, расположенные внутри поверхности. Макронеровности – это прежде всего неровности вторичных элементов структуры, связанных с макронеоднородностью объема, местным скоплением волокон и местными разреженными участками, а также отдельными неразработанными грубыми волокнами древесной массы.

На условия взаимодействия печатной формы и запечатываемого материала оказывает влияние структура поверхности бумаги. Распределение краски внутри элементов изображения зависит главным образом от распределения давления на поверхности этого элемента в момент получения оттиска. Распределение давления в свою очередь зависит от профиля печатающей поверхности самой формы, ее жесткости и микрогеометрии поверхности бумаги.

В бумагах с ровной поверхностью и сравнительно однородной макроструктурой взаимный контакт формы и бумаги наступает практически одновременно на всей поверхности печатающего элемента и напряжения внутри контактной площади распределяются более или менее равномерно. Подвижная прослойка краски, не встречая на своем пути препятствий и углублений, растекается по поверхности оттиска ровным слоем, способствуя точному воспроизведению геометрического подобия печатающего элемента формы [2].

В бумагах с ярко выраженной неровной структурой поверхности краска уже вначале контакта выдавливается с выступов и устремляется в углубления и устья внешних пор, т. е. в места наименьшего давления. Скопление краски

в отдельных углублениях внутри периметра элемента изображения на оттиске и за его пределами и очень тонкой слой ее на участках высокого давления приводит к неравномерности оптической плотности этих элементов и искажению формы их контуров [1].

Основная часть. При изучении механизма переноса краски необходимо учитывать процессы формирования адгезионного контакта, а также фазовую структуру слоя краски, которая предопределяет координату его разрыва, зависящую от толщины красочного слоя. Гладкие поверхности, обладая только естественным рельефом, дают возможность реализовывать заполнение микрорельефа краской. Шероховатые поверхности позволяют реализовывать также и процесс иммобилизации краски, т. е. ее захват при затекании в углубления твердой поверхности запечатываемого материала. Иммобилизация краски во впадинах начинается только после ее растекания по выступам, причем при более изрезанном рельефе толщина слоя краски на форме, соответствующая началу иммобилизации, больше. После начала иммобилизации количество краски на выступах уже не увеличивается при росте толщины слоя краски на форме вплоть до достижения максимальной глубины затекания [3].

Для оценки влияния микроструктуры запечатываемых материалов на процесс формирования красочного слоя был использован математический аппарат теории фракталов, который позволяет рассматривать шероховатости как фрактальные образования и описывать их соответствующими зависимостями. Использованный в данной работе показатель фрактальной размерности позволяет более точно охарактеризовать поверхностно-пространственную структуру бумаги и рассмотреть процесс формирования красочного слоя на поверхности оттиска. При этом при работе на гладких поверхностях после разрыва красочная пленка в местах адгезионного контакта имеет практически одну и ту же толщину. Перенос краски на шероховатые поверхности будет характеризоваться разбросом толщин красочного слоя.

На условия проведения печатного процесса оказывают влияние макро- и микронеровности запечатываемой поверхности. Макронеровности являются результатом неоднородности структуры бумаги, а микронеровности характеризуют плотность прилегания структурных элементов бумаги [4].

Основой для изучения фрактальных свойств запечатываемых поверхностей служит экспериментальное измерение поверхностных свойств бумаги, а именно измерение микропрофилей образцов. Снятые с микропрофилей данные

после специальной математической обработки выступают основой для оценки параметров переноса краски. Для этой цели был использован оптический способ контроля структуры бумаги. Он характеризуется в первую очередь высокой проникающей способностью. Результатом проведенных исследований является построение профилограммы микропрофиля бумаги с последующей процедурой ее оцифровывания [3].

Для проведения исследований были взяты образцы различных запечатываемых материалов: мелованный картон *GC1* с двумя мелованными слоями с лицевой стороны и выбеленной обратной стороной; мелованный картон *GG* с зеркальным глянцем с одной стороны; мелованный картон *G* с гладкой матовой поверхностью.

Анализ полученных профилограмм позволил определить фрактальную размерность структуры бумаги по формуле [5]

$$D_s = D_{\text{пр}} + 1, \quad (1)$$

где $D_{\text{пр}}$ – фрактальная размерность поверхности.

Результаты расчетов были сведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры шероховатости бумаги

№ измерения	$D_{\text{пр}}$	R_a	R_z	R_{max}	D_s
Мелованный картон <i>GC1</i>					
1	1,284	0,493	2,867	4,745	2,284
2	1,305	0,511	2,893	4,823	2,305
3	1,296	0,507	2,875	4,784	2,296
4	1,291	0,498	2,870	4,765	2,291
5	1,289	0,490	2,868	4,769	2,289
Мелованный картон <i>GG</i>					
1	1,376	0,854	3,427	6,784	2,376
2	1,389	0,892	3,648	6,892	2,389
3	1,366	0,843	3,409	6,721	2,366
4	1,361	0,838	3,387	6,696	2,361
5	1,382	0,876	3,583	6,837	2,382
Мелованный картон <i>G</i>					
1	1,643	1,237	6,456	9,365	2,643
2	1,629	1,211	6,443	9,342	2,629
3	1,639	1,228	6,449	9,357	2,639
4	1,684	1,253	6,486	9,425	2,684
5	1,663	1,239	6,474	9,382	2,663

Как показывают полученные данные, наиболее развитой структурой поверхности обладает мелованный картон марки *G*, а более гладкую поверхность имеет картон марки *GC1*.

Для оценки процесса взаимодействия бумаги и краски при печатании является целесо-

образным исследовать влияние фрактальных особенностей микроструктуры на краскоемкость представленных образцов картона. Краскоемкость – минимальное количество краски, необходимое и достаточное для заполнения всех внешних неровностей поверхности бумаги в процессе печатания [6]:

$$G_{\text{кр}} = S_0 h_{\text{отт}}^{\text{max}} \rho_{\text{кр}} (1 - h_{\text{max}}^{2-D_s}), \quad (2)$$

где S_0 – площадь единичной площадки; $h_{\text{отт}}^{\text{max}}$ – максимальная высота неровностей бумаги; $\rho_{\text{кр}}$ – плотность краски; $h_{\text{max}}^{2-D_s}$ – максимальная высота микронеровностей бумаги в относительных единицах.

Параметры структуры и краскоемкости печатной бумаги приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры структуры и краскоемкости печатной бумаги

Вид бумаги	D_s	$h_{\text{отт}}^{\text{max}}$	$G_{\text{кр}}$	$h_{\text{ф}}^{\text{max}}$
Мелованный картон <i>GC1</i>	2,293	1,487	1,282	3,054
Мелованный картон <i>GG</i>	2,375	1,672	1,349	3,467
Мелованный картон <i>G</i>	2,652	1,895	1,753	3,787

Значения краскоемкости картона марки *G* выше, чем марок *GC1* и *GG*. Это объясняется различиями в значениях размаха неровностей и величин фрактальных размерностей. Для картона марки *G* они имеют наибольшее значение и данный материал требует большего количества краски.

Коэффициент насыщения ($K_{\text{н}}$) характеризует степень насыщения внешней поверхности бумаги краской при любом заданном количестве ее на форме в области рабочих толщин слоя. Он определяет долю, которую данное количество краски на оттиске составляет от практически необходимого количества для заполнения всего свободного объема между внешними неровностями поверхности бумаги [7]:

$$K_{\text{н}} = \frac{0,5(h_{\text{ф}} - b)}{h_{\text{отт}}^{\text{max}} (1 - h_{\text{max}}^{2-D_s})}. \quad (3)$$

Зависимость коэффициента насыщения бумаги краской от толщины слоя краски на печатной форме приведена на рис. 1.

Как показывают полученные данные, коэффициент насыщения равен 100%, когда краска заполняет все микронеровности поверхности запечатываемого материала, достигается для образца картона марки *G* при толщине слоя краски

на форме 3,8 мкм, марки GG – 3,5 мкм, марки GC1 – 3,3 мкм.

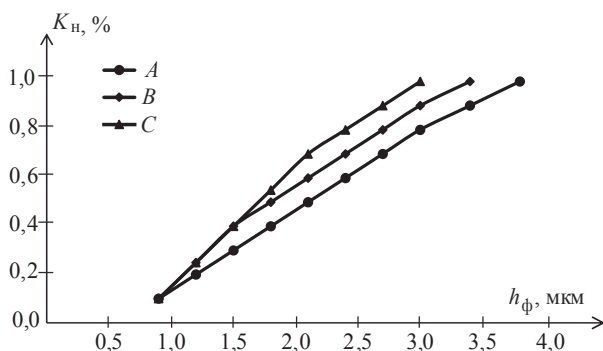


Рис. 1. Зависимость коэффициента насыщения бумаги краской от толщины слоя краски на печатной форме: A – мелованный картон марки G; B – мелованный картон марки GG; C – мелованный картон марки GC1

Полученные данные по краскоемкости исследуемых образцов позволяют учесть фрактальные особенности микроструктуры бумаги при расчете коэффициента краскопереноса, который характеризует степень переноса краски с печатной формы на запечатываемый материал в зависимости от толщины слоя краски на форме и рассчитывается по следующей формуле [8]:

$$K_{\Pi} = \frac{1 - e^{-kx}}{x} \left[b \left(1 - e^{-\frac{x}{b}} \right) + f \left[x - b \left(1 - e^{-\frac{x}{b}} \right) \right] \right], \quad (4)$$

где x – первоначальная толщина слоя краски на форме; b – краскоемкость поверхности бумаги, определяет характер кривой в области максимума; f – часть свободного объема краски, оставшегося на оттиске, определяет характер кривой в области больших, избыточных толщин слоя краски; k – константа, определяющая характер кривой переноса в области малой толщины слоя краски.

Зависимость коэффициента краскопереноса от толщины слоя краски на форме приведена на рис. 2. Построенные зависимости позволяют отметить, что наибольшее значение коэффициента краскопереноса обеспечивает картон марки G с более развитой структурой поверхности. Мелованный картон марки GC1 имеет более низкую краскоемкость и более высокий коэффициент насыщения, соответственно, коэффициент переноса краски у него значительно ниже.

Неоднородная структура запечатываемой поверхности оказывает влияние на точность воспроизведения элементов изображения. С этой целью является целесообразным оценить не только переход краски на запечатываемый материал, но и характер распределения краски по запечатываемой поверхности на основе информационного

подхода. Данный подход позволит рассчитать величину потерь информации с учетом структуры запечатываемой поверхности.

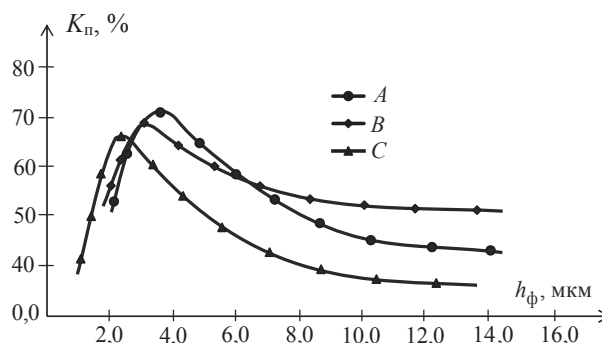


Рис. 2. Зависимость коэффициента краскопереноса от толщины слоя краски на печатной форме: A – мелованный картон марки G; B – мелованный картон марки GG; C – мелованный картон марки GC1

Для реализации поставленной цели были получены оттиски на исследуемых образцах бумаги. С учетом входных параметров печатного процесса был рассчитан теоретический информационный предел для воспроизводимых оттисков по следующей формуле [9]:

$$I = L^2 \log_2 \left[\left(\frac{R}{L} \right)^2 + 1 \right], \quad (5)$$

где L – линиатура; R – разрешение.

С учетом линиатуры 150 lpi и разрешающей способности 2400 dpi теоретический информационный предел составил 180 135 бит/дюйм².

На результат печатного процесса оказывает влияние большое число факторов. К ним относятся как режимные, так и технологические параметры. Оценка влияния одного параметра, а именно структуры запечатываемой поверхности, предполагает постоянство таких факторов, как подача краски и давление печати [10].

Исключая воздействие режимов работы оборудования на перенос краски и формирование оттиска, можно говорить о характере распределения красочного слоя с учетом неоднородной структуры поверхности бумаги. Именно с этой целью представляется необходимым определить значения относительных площадей растровых элементов на оттиске, изменение которых приводит к нарушению графической и градационной передачи. В этих условиях также является необходимым определение уточненного значения линиатуры. Это позволит оценить потери информации, связанные с характером структуры запечатываемой поверхности.

Расчет значений эффективной линиатуры осуществлялся по формуле [11–13]

$$L_{\text{эф}} = \frac{L}{1 + 1,13 \left(\sqrt{S_{\text{отт}}^{\text{отн}}} - \sqrt{S_{\text{отт}}} \right)}. \quad (6)$$

Новое значение эффективной линиатуры позволило определить реальное значение информационной емкости [14, 15]:

$$I_{\text{эф}} = L_{\text{эф}}^2 \log_2 \left[\left(\frac{R}{L_{\text{эф}}} \right)^2 + 1 \right]. \quad (7)$$

Расчетные значения потерь информационной емкости оттисков при печати на различных видах запечатываемой поверхности приведены в табл. 3.

Таблица 3

Расчетные значения потерь информационной емкости оттисков

$S_{\text{отт}}^{\text{отн}}$	$L_{\text{эф}}$	$I_{\text{эф}}$	$\Delta I_{\text{эф}}$
Мелованный картон GC1			
0,14	138,41	153 100	27 035
0,28	136,63	154 459	25 676
0,36	139,07	159 045	21 090
0,45	142,36	163 965	16 170
0,53	143,90	166 845	13 290
0,63	143,59	162 521	17 614
0,75	141,62	158 874	21 261
0,86	137,77	151 601	28 534
0,98	136,42	152 327	27 808
1,00	150,00	180 135	0
Мелованный картон GG			
0,13	139,62	155 267	24 868
0,26	137,58	152 474	27 661
0,37	138,58	153 363	26 772
0,47	142,82	163 268	16 867
0,55	142,93	163 872	16 263
0,65	142,39	163 125	17 010
0,74	140,42	159 254	20 881
0,84	143,92	159 375	20 760
0,96	143,38	159 392	20 743
1,00	150,00	180 135	0
Мелованный картон G			
0,13	142,27	163 945	16 190
0,25	141,73	157 457	22 678
0,38	140,74	154 537	25 598
0,46	137,48	151 342	28 793
0,56	136,85	150 435	29 700
0,64	140,38	153 463	26 672
0,73	144,32	161 563	18 572
0,85	139,45	158 453	21 682
0,94	139,84	158 534	21 601
1,00	150,00	180 135	0

Анализируя данные, представленные в табл. 3, можно отметить, что исследуемые образцы

мелованного картона характеризуются широким разбросом потерь информационной емкости оттисков. Это связано со структурой запечатываемой поверхности, а также параметрами шероховатости бумаги, и в частности, величиной фрактальной размерности.

Однако в зависимости от воспроизводимого диапазона информационные потери для различных видов картона отличаются. Так, например, для мелованного картона марки GC1 потери будут более значительными в области светов изобращения из-за большой величины растискивания. В то же время воспроизведение мелких элементов по более шероховатой поверхности дает стабильные результаты. Это связано с характером внедрения краски в структуру бумаги и более равномерным распределением по менее однородной поверхности. Однако элементы изобращения на более шероховатом картоне приводят к искажению формы их контуров. Воспроизводимые элементы в области светов получают несколько размытыми, форма большей части точек менее определена, скопления краски расположены случайно, не подчеркивая форму точки, площадь многих точек меньше площади их на более гладких образцах. Элементы изобращения, полученные на мелованном картоне марки GC1 в светах, имеют более четкий контур и более определенную форму. Также необходимо учитывать, что исследуемые оттиски были получены при одинаковых режимных параметрах печатного процесса, без корректировки на структуру запечатываемой поверхности.

В области средних тонов наблюдаются практически соизмеримые результаты при получении оттисков на исследуемых образцах. Информационные потери будут минимальны для образцов мелованного картона марки GC1. Тонкая структура данных образцов способствует более равномерному распределению слоя краски на поверхности.

В тенях изображения общее увеличение площади отдельных элементов будет больше на образцах с более ровной и гладкой поверхностью, так как гладкая поверхность способствует растеканию краски.

Неодинаковая по величине деформация точек в светах, полутонах и тенях изображения оказывает влияние на градиционную характеристику оттиска и общий контраст изображения. Анализируя влияние макрогеометрии поверхности на деформацию элементов изображения, можно отметить, что искажение формы воспроизводимых элементов изображения характерно для более развитых структур запечатываемой поверхности.

Заключение. Состояние структуры запечатываемой поверхности определяет разрешающую

способность и качество оттиска. Краскоемкость бумаги характеризуется в основном эффективной поверхностью контакта печатной формы, краски и бумаги. Коэффициент переноса краски при малых количествах на форме будет тем больше, чем на более ровную и гладкую поверхность выполняется перенос. Наиболее равномерное распределение краски достигается на ровной поверхности бумаги. Это

также становится возможным при наличии однородной макроструктуры.

Как показали проведенные исследования, информационные потери находятся во взаимосвязи с неоднородной структурой запечатываемой поверхности. Учет данной зависимости на этапе подбора материалов, а также режимов работы оборудования позволит минимизировать величину потерь информации и повысить качество печатной продукции.

Список литературы

1. Козаровицкий Л. А. Бумага и краска в процессе печатания. М.: Книга, 1965. 368 с.
2. Попрядухин П. А. Технология печатных процессов. М.: Книга, 1968. 360 с.
3. Кулак М. И. Фрактальная механика материалов. Минск: Выш. школа, 2002. 304 с.
4. Шахкельдян Б. Н., Загаринская Л. А. Полиграфические материалы. М.: Книга, 1988. 330 с.
5. Кулак М. И., Ничипорович С. А., Медяк Д. М. Методы теории фракталов в технологической механике и процессах управления: полиграфические материалы и процессы. Минск: Бел. наука, 2007. 419 с.
6. Пиотух И. Г., Пласконная Н. В., Медяк Д. М. Учет фрактальных особенностей микроструктуры бумаги при расчете коэффициента краскопереноса // Издательско-полиграфический комплекс на пороге третьего тысячелетия: материалы Международ. науч.-техн. конф., Минск 21–23 нояб. 2001 г. С. 118–121.
7. Пиотух И. Г., Пласконная Н. В., Медяк Д. М. Влияние фрактальных особенностей микроструктуры поверхности на краскоемкость печатной бумаги // Издательско-полиграфический комплекс на пороге третьего тысячелетия: материалы Международ. науч.-техн. конф., Минск 21–23 нояб. 2001 г. С. 110–117.
8. 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 Международ. науч.-техн. конф., Минск 25–26 окт. 2000 г. С. 249–251.
9. Громыко И. Г., Русова Ю. Ю. Применение информационного подхода для оценки качества печатных оттисков // Труды БГТУ. Сер. IX. Издат. дело и полиграфия. 2006. Вып. XIV. С. 64–67.
10. Громыко И. Г., Титов Д. А. Влияние технологических и режимных параметров печатного процесса на качество оттисков листовой офсетной печати // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы Международ. науч.-техн. конф., Минск, 22–23 нояб. 2012 г. С. 215–218.
11. Громыко И. Г., Мацуева С. Д. Информационная оценка воспроизведения цифровых и полиграфических оригиналов способом офсетной печати // Труды БГТУ. Издательское дело и полиграфия. 2014. № 9. С. 18–22.
12. Громыко И. Г. Влияние скорости печатного процесса на величину потерь информационной емкости оттисков офсетной печати // Труды БГТУ. Издательское дело и полиграфия. 2015. № 9. С. 7–11.
13. Громыко И. Г., Алешаускас В. А. Определение потерь информационной емкости оттисков в процессе печатания тиража // Скориновские чтения 2015: книгоиздание и книгораспространение в контексте кросскультурных коммуникаций XXI века: материалы Международ. форума, Минск, 3–6 сент. 2015 г. С. 173–179.
14. Бабаханова Х. А., Галимова З. К., Громыко И. Г. Информационная оценка качества печати // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2020. № 1 (231). С. 5–10.
15. Громыко И. Г. Сравнительная характеристика потерь информационной емкости листовой и рулонной офсетной печати // Труды БГТУ. Издательское дело и полиграфия. 2016. № 9. С. 5–10.

References

1. Kozarovitsky L. A. *Bumaga i kraska v protsesse pechataniya* [Paper and ink in the process of printing]. Moscow, Kniga Publ., 1965. 368 p. (In Russian).
2. Popryadukhin P. A. *Tekhnologiya pechatnykh protsessov* [Technology of printing processes]. Moscow, Kniga Publ., 1968. 360 p. (In Russian).
3. Kulak M. I. *Fraktal'naya mekhanika materialov* [Fractal mechanics of materials]. Minsk, Vysheysshaya shkola Publ., 2002. 304 p. (In Russian).
4. Shakhkel'dyan B. N., Zagarin'skaya L. A. *Poligraficheskiye materialy* [Polygraphic materials]. Moscow, Kniga Publ., 1988. 330 p. (In Russian).
5. Kulak M. I., Nichiporovich S. A., Medyak D. M. *Metody teorii fraktalov v tekhnologicheskoy mekhanike i protsessakh upravleniya: poligraficheskiye materialy i protsessy* [Methods of the theory of fractals

in technological mechanics and control processes: printing materials and processes]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2007. 419 p. (In Russian).

6. Piotukh I. G., Plaskonnaya N. V., Medyak D. M. Taking into account the fractal features of the paper micro-structure when calculating the ink transfer coefficient. *Izdatel'sko-poligraficheskiy kompleks na poroge tret'yego tysyacheletiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Publishing and Printing Complex on the threshold of the third millennium: materials of the International Scientific and Technical Conference]. Minsk, 2001, pp. 118–121 (In Russian).

7. Piotukh I. G., Plaskonnaya N. V., Medyak D. M. The influence of fractal features of the surface microstructure on the ink capacity of printed paper. *Izdatel'sko-poligraficheskiy kompleks na poroge tret'yego tysyacheletiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Publishing and Printing Complex on the threshold of the third millennium: materials of the International Scientific and Technical Conference]. Minsk, 2001, pp. 110–117 (In Russian).

8. Kulak M. I., Bobrova O. P., Piotukh I. G. Fractals in the studies of the interaction of paper and ink in the printing process. *Avtomaticheskii kontrol' i avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Automatic control and automation of production processes: materials of the International Scientific and Technical Conference]. Minsk, 2001, pp. 249–251 (In Russian).

9. Gromyko I. G., Rusova Yu. Yu. The use of an information approach to assess the quality of printed prints. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2006, series IX, Publishing and Printing, issue XIV, pp. 64–67 (In Russian).

10. Gromyko I. G., Titov D. A. Influence of technological and operating parameters of the baking process on the quality of sheet offset printing prints. *Noveyshiye dostizheniya v oblasti importozameshcheniya v khimicheskoy promyshlennosti i proizvodstve stroitel'nykh materialov: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [The latest achievements in the field of import substitution in the chemical industry and the production of construction materials: materials of the International Scientific and Technical Conference]. Minsk, 2012, pp. 215–218 (In Russian).

11. Gromyko I. G., Macueva S. D. Informational evaluation of reproduction of digital and polygraphic originals by offset printing method. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, series IX, Publishing and Printing, no. 9, pp. 18–22 (In Russian).

12. Gromyko I. G. Influence of the speed of the printing process on the amount of information capacity losses of offset printing prints. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, series IX, Publishing and Printing, no. 9, pp. 7–11 (In Russian).

13. Gromyko I. G., Aleshauskas V. A. Determination of the loss of information capacity of the clutches in the process of printing the circulation. *Skorinovskiy chteniya 2015: knigozdaniye i knigorasprostraneniye v kontekste krosskul'turnykh kommunikatsiy XXI veka: materialy Mezhdunarodnogo foruma* [Skorinovsky readings 2015: book publishing and book publishing in the context of cross-cultural communications of the XXI century: materials of the International Forum]. Minsk, 2015, pp. 173–179 (In Russian).

14. Babakhanova H. A., Galimova Z. K., Gromyko I. G. Information assessment of print quality. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2020, issue 4, Print- and Mediatechnologies, no. 1 (231), pp. 5–10 (In Russian).

15. Gromyko I. G. Comparative characteristics of information capacity losses of sheet and roll offset printing. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, series IX, Publishing and Printing, no. 9, pp. 5–10 (In Russian).

Информация об авторе

Громько Ирина Григорьевна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gromyko@belstu.by

Information about the author

Gromyko Irina Grigor'yevna – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gromyko@belstu.by

Поступила 10.01.2021