

# ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО И УПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

## TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF PRINTING AND PACKING MANUFACTURES

---

УДК 676.22

**Х. А. Бабаханова<sup>1</sup>, М. М. Абдуназаров<sup>1</sup>, З. К. Галимова<sup>1</sup>, И. Г. Громько<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет

### **АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ОТ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ БУМАГИ И ПАРАМЕТРОВ ПЕЧАТИ**

В статье представлены результаты влияния поверхностных свойств бумаги и скорости на качество воспроизведения оттисков офсетной печати. Для изучения поверхностных свойств бумаги был использован прямой метод атомно-силовой микроскопии. На сканирующем зондовом микроскопе Solver HV исследована шероховатость бумаги. В результате были построены топографические изображения, профиль рельефа поверхности бумаги и рассчитаны средние значения шероховатости  $R_a$ . Для изучения влияния поверхностных свойств бумаги на качество воспроизведения были получены оттиски на листовой офсетной печатной машине Heidelberg SM-74. Для выявления связи между шероховатостью поверхности бумаги и оптической плотностью оттиска изучен ступенчатый градационный переход, а также определена идентичность структуры поверхности. Исследовано влияние структуры бумаги на значения оптической плотности оттисков и качество печатной продукции. Полученные оттиски характеризуются одинаковой толщиной красочного слоя, перешедшего с формы на поверхность запечатываемого материала. На бумаге с меньшей шероховатостью полный контакт с печатной формой обеспечил контраст печати в пределах от 0,45 до 0,50, что свойственно стандартной мелованной глянцевой бумаге.

**Ключевые слова:** шероховатость, печатная форма, качество цветовоспроизведения, атомно-силовая микроскопия, оптическая плотность, контрастность.

**Для цитирования:** Бабаханова Х. А., Абдуназаров М. М., Галимова З. К., Громько И. Г. Анализ зависимости качества продукции от поверхностных свойств бумаги и параметров печати // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт-и медиатехнологии. 2022. № 1 (255). С. 5–13.

**Kh. A. Babakhanova<sup>1</sup>, M. M. Abdunazarov<sup>1</sup>, Z. K. Galimova<sup>1</sup>, I. G. Gromyko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tashkent Institute of Textile and Light Industry

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University

### **ANALYSIS OF THE DEPENDENCE OF PRODUCT QUALITY ON THE SURFACE PROPERTIES OF PAPER AND PRINT PARAMETERS**

The article presents the results of the influence of the surface properties of paper and speed on the quality of reproduction of offset prints. The direct method of atomic force microscopy was used to study the surface properties of paper. The roughness of the paper was studied on the scanning probe microscope Solver HV, as a result of which topographic images, the profile of the relief of the surface of the paper were constructed and the average values of the roughness  $R_a$  were calculated. To study the effect of the surface properties of paper on the quality of reproduction, impressions were obtained on a Heidelberg SM-74 sheet offset printing machine. To identify the relationship between the roughness of the paper

surface and the optical density of the impression, a stepwise gradation transition was studied, and the identity of the surface structure was determined. The influence of the paper structure on the values of the optical density of prints and on the quality of printed products is investigated. The resulting prints are characterized by the same thickness of the paint layer that has passed from the mold to the surface of the material being sealed. On paper with less roughness, full contact with the printing plate provided a print contrast in the range from 0.45 to 0.50, which is typical of standard coated glossy paper.

**Key words:** roughness, printing plate, color reproduction quality, atomic force microscopy, optical density, contrast.

**For citation:** Babakhanova Kh. A., Abdunazarov M. M., Galimova Z. K., Gromyko I. G. Analysis of the dependence of product quality on the surface properties of paper and printing parameters. *Proceedings of BSTU, issue 4, Print- and Mediatechnologies*, 2022, no. 1 (255), pp. 5–13 (In Russian).

**Введение.** Качество печатной продукции зависит от многих факторов, в число которых входят поверхностные свойства бумаги и регулируемые переменные параметры печатного процесса.

От поверхностных свойств бумаги, характеризующих неровность (ровность) и шероховатость (гладкость) структуры, зависит степень контакта ее с печатной формой, следовательно, графическая точность воспроизведения печатных элементов без потерь и искажений [1].

Продолжительность контакта печатной формы с бумагой, регулируемая путем изменения скорости работы печатной машины, сказывается на количестве краски, перешедшей с формы на поверхность запечатываемого материала, т. е. на значениях оптической плотности оттисков и качестве печати [2, 3].

В этой связи изучение и выявление степени влияния поверхностных свойств бумаги и скорости печати на значения оптической плотности оттисков [4] являются актуальными с точки зрения оценки качества воспроизведения.

Цель работы – определение зависимости между поверхностными свойствами бумаги, скоростью печатной машины и качеством цвето-воспроизведения.

**Основная часть.** В качестве объекта исследования были выбраны семь видов бумаги для плоской офсетной печати (производства России), физико-механические свойства которых представлены в табл. 1. Данные виды бумаги, механическая прочность которых превышает нормы стандарта, можно использовать для листов и рулонной печати.

В представленной работе по методу Бекка (ГОСТ 12795–89 (ISO 5627)) определяли усредненную (брутто) характеристику состояния поверхности бумаги по расходу воздуха между измерительным элементом прибора и поверхностью анализируемого материала. Полученные значения гладкости бумаги характеризовали состояние поверхности, обусловленное механической отделкой. При сравнении значений со стандартными было выявлено, что исследуемые виды бумаги, кроме образцов № 2 и 7, можно отнести к каландрированным.

Для изучения поверхностных свойств бумаги с высоким разрешением использовали прямой метод атомно-силовой микроскопии [5, 6], не имеющий ограничений по сравнению со стандартными косвенными методами анализа, широко применяемыми в целлюлозно-бумажном производстве. Атомно-силовая микроскопия относится к группе высокоразрешающих измерительных методов исследования микроструктуры и топографических особенностей материалов. Профиль поверхности бумаги согласно ГОСТ 2789–73 характеризует шероховатость по ломаной линии пересечения поверхности плоскостью, перпендикулярной направлению неровностей.

На сканирующем зондовом микроскопе Solver HV (ЗАО NT-MDT, Зеленоград, Россия), работающем в полуконтактном режиме при комнатной температуре и атмосферном давлении, были получены профилограммы рельефа поверхности образцов бумаги в диапазоне размеров поля зрения от 10 000 до 4 мкм<sup>2</sup>. Для этой цели применялись стандартные кантилеверы производства ЗАО NT-MDT (Зеленоград, Россия). Собственные частоты кантилеверов 110–180 кГц, радиус закругления зонда – 10 нм [7–10].

Образец бумаги размещался на поверхности стандартной кремниевой пластины, используемой в микроэлектронной промышленности. Кантилевер (зонд) микроскопа Solver HV [11] при сканировании только касался поверхности и при этом не повреждал образцы волокнистого состава. В результате было получено прямое изображение профиля рельефа поверхности на топографических изображениях при использовании трех кадров – 750, 1500 и 3500 нм. На топографических изображениях, добытых в режиме постоянной амплитуды, высота профиля передана цветом: чем выше деталь рельефа, тем она светлее (рис. 1).

Полученные с помощью атомно-силовой микроскопии данные были обработаны специальной встроенной программой и рассчитаны средние значения шероховатости  $R_a$  согласно требованиям ГОСТ 2789–73, значения которых приведены в табл. 2.

Таблица 1

**Показатели физико-механических свойств бумаги**

Масса, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мкм и мм	Гладкость, с	Разрывная длина, м		Влажность, %	Белизна, %	Зольность, %
			машинное направление	поперечное направление			
60	9,8 / 0,098	82 / 107	4340	3500	4,65	80	10
65	10 / 0,10	56 / 85	4160	3460	6,90	72	9
70	9,7 / 0,097	85 / 109	4700	3600	6,78	86	10
80	10,7 / 0,107	83 / 120	4860	3670	4,36	84	11
115	10,1 / 0,101	490 / 160	4850	4200	2,65	76	18
120	15 / 0,150	90 / 103	4800	3700	3,54	81	14
235	29,1 / 0,291	72 / 100	4900	3800	5,58	82	15
По ГОСТ 9094–89		30–80 (машинная гладкость) 80–150 (каландрированная)	3500 (для рулонной печати) 2300 (для листовой печати)		6,0 ± 1,0	78–82 (без отбеливания) 83–86 (с отбеливанием)	8–12

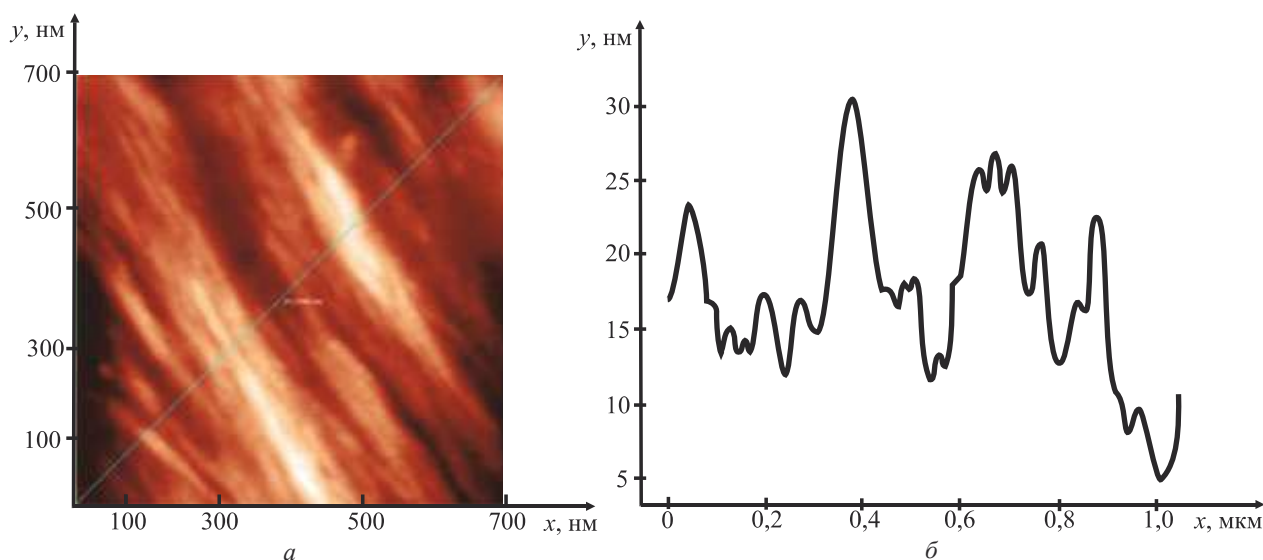


Рис. 1. Поверхность образца бумаги № 4 при кадре 750 нм:  
 а – топографическое изображение с выделенной линией;  
 б – профиль выделенной линии поверхности

Как видно из табл. 2, по увеличению значений шероховатости исследуемые виды бумаги можно расположить в следующей последовательности: 4, 6, 3, 7, 5, 2 и 1 (при кадре 750 нм). Отличные друг от друга значения шероховатости

на разных кадрах связаны с размещением кадра на одном волокне или на сплетении волокон. В случае, если кадр попадает на одно волокно, то значения низкие, если же на сплетение нескольких волокон – параметр шероховатости выше.

Таблица 2

**Параметры шероховатости поверхности образцов бумаги по данным АСМ**

Номер образца бумаги	Масса бумаги, г/м <sup>2</sup>	Шероховатость $R_a$ образцов для кадров, нм		
		750	1500	3500
1	60	59,41	38,46	197,13
2	65	54,54	89,23	130,29
3	70	8,84	12,73	66,99
4	80	4,33	8,85	44,84
5	115	14,85	27,23	32,92
6	120	5,50	13,83	39,80
7	235	9,02	11,92	33,94

Для изучения влияния поверхностных свойств бумаги на качество воспроизведения в условиях СП POLIGRAF GROUP на листовой офсетной печатной машине Heidelberg SM-74 (Германия) отпечатаны оттиски с печатных форм, изготовленных на термопластине по технологии Computer-to-Plate при скорости 8000, 10 000 и 12 000 отт./ч. Печать односторонняя формата А3. Регламент печатания – в соответствии с технологическими инструкциями по процессам офсетной печати.

На первом этапе для выявления связи между шероховатостью поверхности бумаги и оптической плотностью оттиска денситометрическим методом изучен ступенчатый градационный переход 20-польной линейной шкалы с шагом 5% для желтого, пурпурного, голубого и черного цветов, измеренных при использовании денситометра Techkon, по значениям которых построены диаграммы (рис. 2).

Анализируя диаграмму (рис. 2), можно сказать, что толщина красочного слоя на печатном оттиске, выраженная через значения оптической плотности, практически одинакова. При использовании классификации Л. А. Козаровицкого можно предположить, что поверхность исследуемых видов бумаги шероховатая, но ровная; при этом вторая составляющая ничтожно мала и существенное значение приобретает только первая составляющая (рис. 3).

При сравнении полученных значений оптической плотности с данными стандарта ISO 12647-2 выявлена идентичность структуры поверхности исследуемых видов бумаги матовой стандартной бумаге 5.

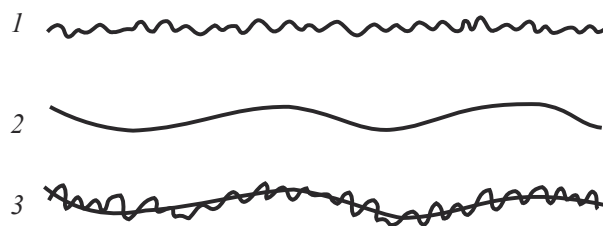


Рис. 3. Схема профиля поверхности [12, 13]:  
1 – неровности малого периода и высоты;  
2 – неровности большого периода и высоты;  
3 – профиль поверхности с наложенными на него неровностями типа 1 и 2

Для выявления степени влияния скорости печати на качество воспроизведения [14, 15] выполнена комплексная оценка воспроизведения основных цветов на бумаге № 4 и 1, представленная на рис. 4.

Как показывают полученные данные, увеличение скорости печати на поверхности бумаги № 4, шероховатость которой  $R_a = 4,33$  мкм, повлияло на толщину голубой и черной печатной красок, но при этом степень воспроизведения лучше, чем на стандартной матовой бумаге 5 (ISO 12647-2).

На поверхности бумаги № 1 с наибольшей шероховатостью при увеличении скорости печати количество краски, перешедшей с формы на поверхность запечатываемого материала, не способствовало снижению оптической плотности оттисков и ухудшению качества печати.

Также была построена зависимость оптической плотности оттиска от шероховатости бумаги и скорости печати и проведена сравнительная оценка воспроизведения основных цветов на бумаге № 4 и 1, представленные на рис. 5.

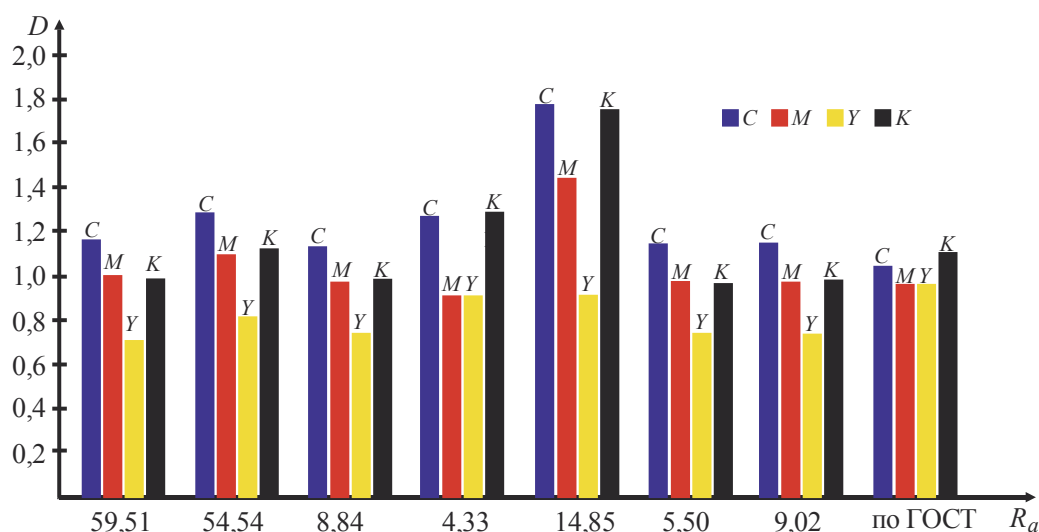


Рис. 2. Диаграммы изменения оптической плотности оттисков, отпечатанных на бумагах с разной шероховатостью (при скорости 8 тыс. отт./ч)

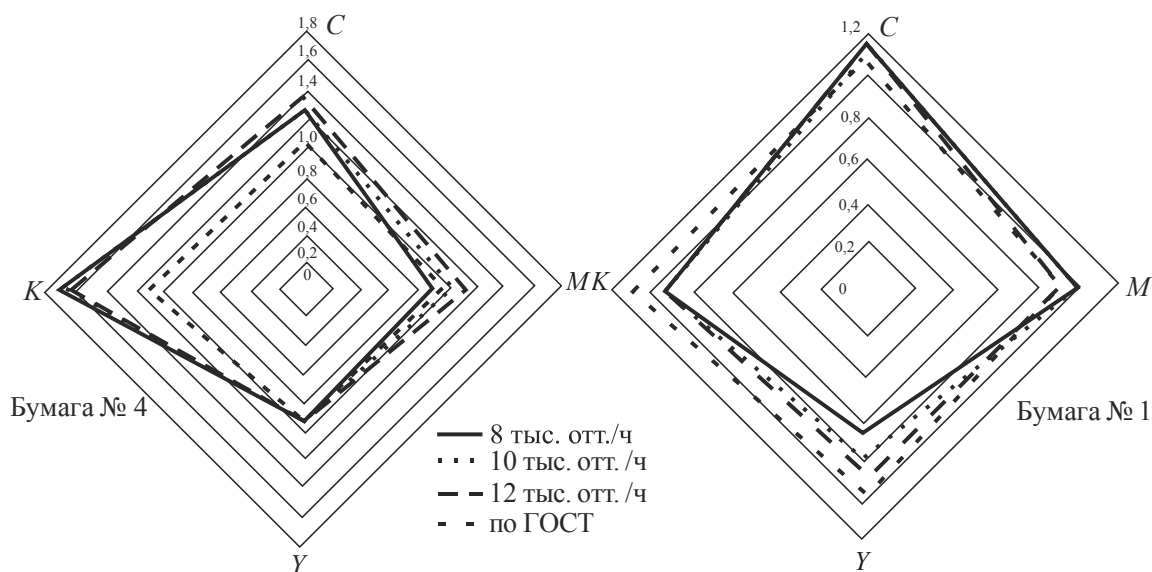


Рис. 4. Сравнительная оценка воспроизведения основных цветов на бумаге № 4 (с шероховатостью  $R_a = 4,33$ ) и бумаге № 1 (с шероховатостью  $R_a = 59,41$ ) при различной скорости печатания

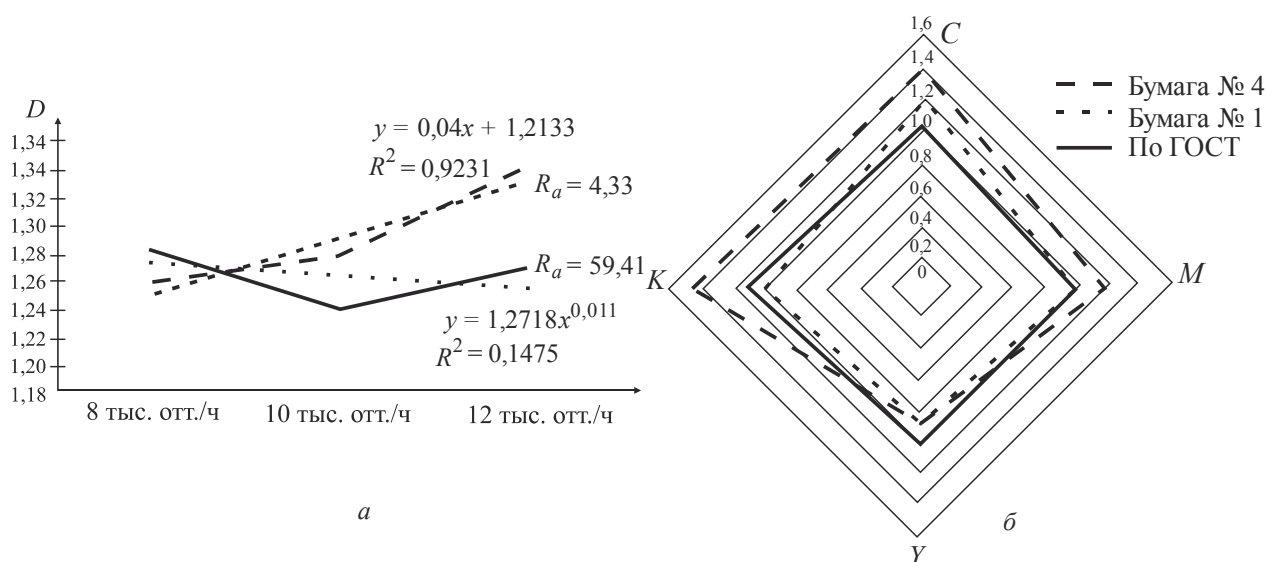


Рис. 5. Зависимость оптической плотности оттиска: а – от шероховатости бумаги ( $R_a$ ) и скорости печатания; б – сравнительная оценка воспроизведения основных цветов на бумаге № 1 (с шероховатостью  $R_a = 59,41$ ) и бумаги № 4 (с шероховатостью  $R_a = 4,33$ ) при скорости печатания 12 тыс. отт./ч

Анализируя полученные данные, можно отметить, что увеличение скорости печатания оказало большее влияние на бумагу № 4 с меньшей шероховатостью. На неровной или грубошероховатой бумаге № 1 пигменты печатной краски расположились в отдельных выемках поверхности, что уменьшило значения оптической плотности, в результате чего изображение пропечаталось неравномерно.

Для определения степени влияния скорости печати на подачу краски, увеличение которой приводит к широко распространенному дефекту печати, т. е. потере градаций в тенях растровых

изображений, вычислили показатель контраста печати – коэффициент Ширмера – Ренцера.

Расчет контраста печати осуществлялся при измерении зональных оптических плотностей 100% и 80% элементов по следующей формуле:

$$K = \frac{D_p - D_r}{D_p},$$

где  $K$  – коэффициент контраста;  $D_p$  – оптическая плотность сплошного красочного слоя;  $D_r$  – интегральная оптическая плотность растрового поля.



При определении относительного контраста печати измеряли относительную площадь растрового поля 75–80%, поскольку данное поле располагается на крайней границе «серого», на которой находится большинство полутонов. Регулирование значения относительного контраста печати происходит следующим образом. Начиная с явного недостатка краски, постепенно увеличивают ее подачу. Количество краски на оттиске на различных участках будет разным: на плашке толщина красочного слоя будет больше, чем на растровом участке изображения. Это приводит к тому, что при подаче краски оптическая плотность  $D_p$  возрастает гораздо быстрее, чем оптическая плотность  $D_r$ . Следовательно, значение относительного контраста печати нелинейно возрастает и, дойдя до некоторого максимума, начинает падать.

Контраст печати измеряли для каждой краски отдельно. Результаты измерений и расчеты представлены в табл. 3.

Контроль контраста печати в процессе работы очень важен. Значительные расхождения от заданных значений требуют внесения изменений в процесс печати. В печатном процессе при

снижении контраста пробельные участки между растровыми точками постепенно заполняются краской. Заниженный контраст также может возникнуть при завышенном давлении печати. Кроме того, следует правильно выставлять значение толщины запечатываемого материала. Если установлено меньшее значение толщины, может возникнуть непропечатка, а если большее – увеличится растискивание, что приведет к снижению контраста печати.

По результатам табл. 3 можно оценить не только качество воспроизведения теней изображения, работу печатных секций, качество печатной формы, но также и взаимодействие отдельных красок с поверхностью бумаги. Значение, близкое к нулевому значению коэффициента контраста, свидетельствует о полном затекании краски на пробельные элементы растрового поля и сильном увеличении растровых элементов.

На основании полученных данных была построена зависимость контраста печати от шероховатости бумаги (для голубой краски), представленная на рис. 6.

Таблица 3

Показатели контраста печати

$R_a$ бумаги, мкм	Коэффициент контраста печати при различных скоростях, тыс.л/отт.											
	Cyan			Magenta			Yellow			Black		
	8	10	12	8	10	12	8	10	12	8	10	12
59,41	0,14	0,22	0,23	0,24	0,27	0,27	0,13	0,19	0,31	0,12	0,14	0,11
54,54	0,22	0,27	0,26	0,26	0,28	0,27	0,15	0,22	0,20	0,15	0,17	0,16
8,84	0,25	0,27	0,26	0,28	0,32	0,33	0,21	0,24	0,25	0,18	0,20	0,22
4,33	0,45	0,49	0,50	0,45	0,47	0,49	0,22	0,22	0,24	0,40	0,50	0,41
14,85	0,25	0,25	0,24	0,27	0,26	0,26	0,23	0,16	0,21	0,21	0,19	0,21
5,50	0,48	0,52	0,53	0,20	0,49	0,48	0,24	0,26	0,29	0,37	0,39	0,41
9,02	0,44	0,39	0,39	0,24	0,28	0,27	0,26	0,21	0,30	0,19	0,14	0,14

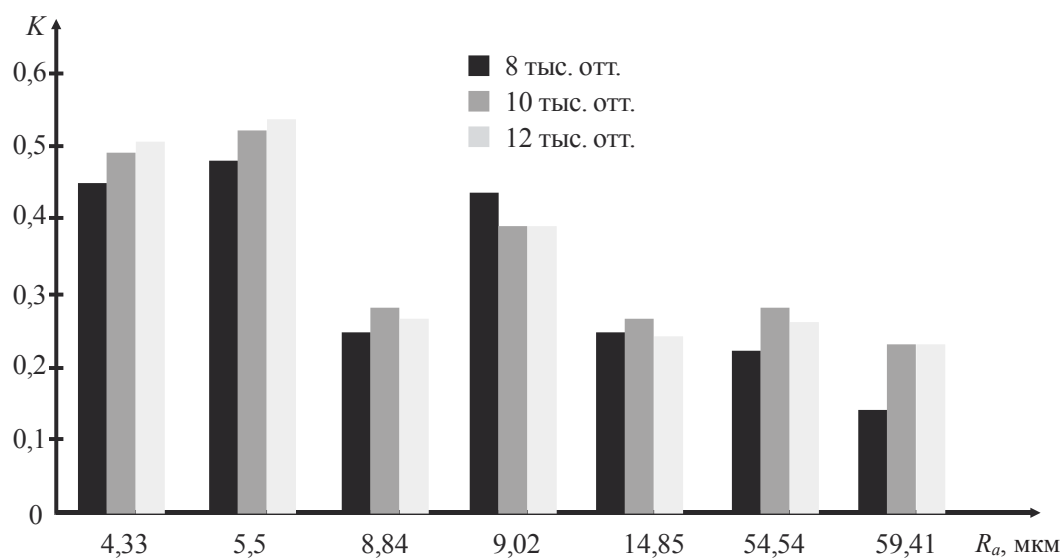


Рис. 6. Зависимость контраста печати оттисков от шероховатости бумаги (для голубой краски)

Из рисунка видно, что чем меньше шероховатость бумаги, тем выше этот коэффициент (и, соответственно, контраст печати), тем выше качество изображения. Однако в идеале он должен быть не больше 0,20–0,25.

Сравнивая коэффициент контраста на впитывающих материалах с рекомендуемыми значениями, представленными в табл. 4, можно сказать, что для офсетной печати контраст идентичен мелованной глянцевой бумаге.

Таблица 4

**Рекомендуемые значения коэффициента контраста на впитывающих материалах (по данным компании Techkon)**

Вид бумаги	Цвет краски	Значение контраста печати (с допуском)
Мелованная глянцевая	C	0,47 ± 0,03
	M	0,46 ± 0,04
	Y	0,45 ± 0,04
	K	0,50 ± 0,04
Мелованная матовая	C	0,42 ± 0,04
	M	0,41 ± 0,04
	Y	0,38 ± 0,05
	K	0,43 ± 0,06
Немелованная	C	0,28 ± 0,05
	M	0,28 ± 0,05
	Y	0,26 ± 0,05
	K	0,25 ± 0,07

После проведения измерений в соответствующих зонах и вычислений значений относительного контраста печати были установлены оптимальные оптические плотности для данного случая с учетом поверхностных свойств бумаги и при различной скорости печати. Для этого были построены зависимости относительного контраста и оптической плотности на плашке от скорости печати, представленные на рис. 7.

Как показывают полученные данные, более низкие значения оптической плотности и контраста печати на грубошероховатой бумаге № 1 по сравнению с бумагой № 4 характеризуют неравномерное распределение пигментов печатной краски в отдельных выемках поверхности, в результате чего было получено ненасыщенное изображение.

**Список литературы**

1. Chinga G., Stoen T., Gregersen W. On the roughening effect printing on SC and LWC paper surfaces. Journal Pulp and Pap. Sci. 2004. Vol. 30, no. 11. P. 307–311.
2. Громько И. Г. Технология допечатных и печатных процессов. Минск: БГТУ, 2011. 252 с.
3. Технология печатных процессов / А. Н. Раскин [и др.]. М.: Книга, 1989. 301 с.
4. Нечитайло А. А. Технология печатных процессов. Самара: СГАУ, 2013. 168 с.
5. Атомно-силовая микроскопия – современный метод определения шероховатости целлюлозно-бумажной продукции / М. Г. Михалева [и др.] // Химия и химическая технология переработки

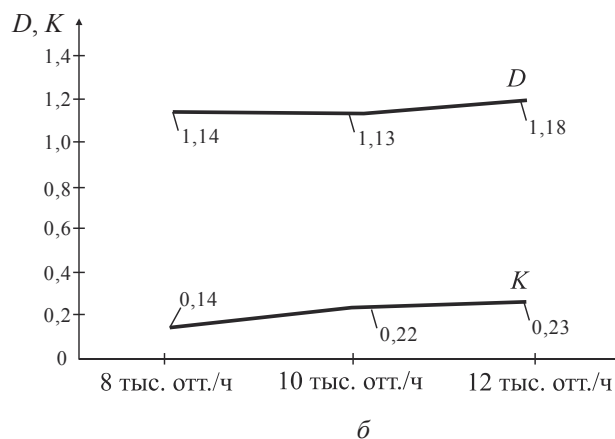
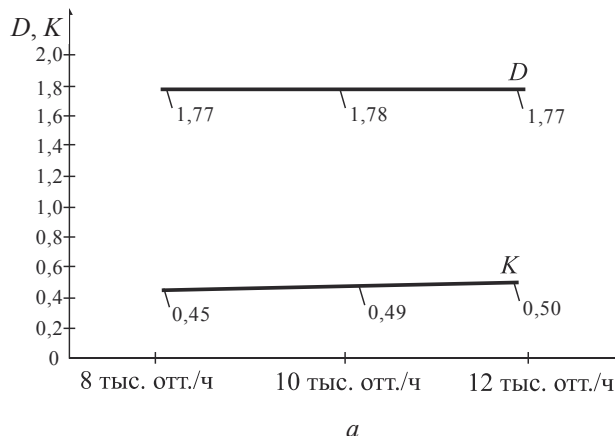


Рис. 7. Зависимости изменения оптической плотности и контраста печати от скорости печати для голубой краски:

a – на бумаге № 4 с шероховатостью  $R_a = 4,33$  мкм; б – на бумаге № 1 с шероховатостью  $R_a = 59,41$  мкм

**Выводы.** Результаты исследований подтвердили тот факт, что продолжительность контакта печатной формы с бумагой, регулируемое путем изменения скорости работы печатной машины, не повлияло на количество краски, перешедшей с формы на поверхность запечатываемого материала, т. е. на значения оптической плотности оттисков и качество печати. На бумаге с меньшей шероховатостью полный контакт с печатной формой обеспечил контраст печати в пределах от 0,45 до 0,50, что свойственно стандартной мелованной глянцевой бумаге.

растительного сырья: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Резникова В. М. Минск, 10–12 окт. Минск, 2018. С. 126–130.

6. Исследование шероховатости бумаги из вторичного сырья методом атомно-силовой микроскопии / Х. А. Бабаханова [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20, № 5. С. 661–666.

7. Maattanen A., Fors D., Wang S., Valtakari D., Ihalainen P., Peltonen J. Paper-based planar reaction arrays for printed diagnostics. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 2011. Vol. 160, no. 1. P. 1404–1412.

8. Жуков М. В. Контроль структуры различных видов бумаги методом атомно-силовой микроскопии // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 1 (89). С. 44–49. DOI: 10.1016/j.snbt.2011.09.086.

9. Прямой метод контроля качества поверхности мелованных видов бумаги / А. А. Кирсанкин [и др.] // Химия растительного сырья. 2016. № 4. С. 159–163.

10. Galimova Z. K., Babakhanova Kh. A., Abdunazarov M. M., Ismoilov I. I. Direct method of paper surface quality inspection with the addition of secondary raw materials. *Textile Journal of Uzbekistan*. 2020, no. 3. P. 77–82. DOI: 10.14258/jcpr.2016041415.

11. Козаровицкий Л. А. Бумага и краска в процессе печатания. М.: Книга, 1965. 368 с.

12. Варепко Л. Г. Методология прогнозирования качества офсетной печати с учетом микрогеометрии поверхностей запечатываемых материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.13. М., 2014. 300 л.

13. Бобров В. И. Анализ показателей качества оттиска с параметрами микрогеометрии поверхности // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2011. № 4. С. 3–15.

14. Голунов А. В. К вопросу оценки неоднородности поверхности материалов для печати // Известия вузов Северо-Кавказского региона. Технические науки. 2011. № 6. С. 132–135.

15. Власова Т. К вопросу объективной оценки полиграфического изображения // Полиграфия. 1976. № 9. С. 31–33.

### References

1. Chinga G., Stoen T., Gregersen W. On the roughening effect printing on SC and LWC paper surfaces. *Journal Pulp and Pap. Sci.* 2004, vol. 30, no. 11, pp. 307–311.

2. Gromyko I. G. *Tekhnologiya dopechatnykh i pechatnykh protsessov* [Technology of prepress and printing processes]. Minsk, BGTU Publ., 2011. 252 p. (In Russian).

3. Raskin A. N., Romeikov I. V., Biryukova N. D., Muratov Yu. A., Efremova A. N. *Tekhnologiya pechatnykh protsessov* [Technology of printing processes]. Moscow, Kniga Publ., 1989. 301 p. (In Russian).

4. Nechitaylo A. A. *Tekhnologiya pechatnykh protsessov* [Technology of printing processes]. Samara, SGAU Publ., 2013. 168 p. (In Russian).

5. Mikhaleva M. G., Vtyurina D. N., Nikol'skiy S. N., Stovbun S. V., Zholnerovich N. V., German N. A., Nikolaychik I. V. Atomic force microscopy is a modern method for determining the roughness of pulp and paper products. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya pererabotki rastitel'nogo syr'ya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora Reznikova V. M.* [Chemistry and chemical technology of processing plant raw materials: materials of the Interregional Scientific and Practical Conference, dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the birth of professor Reznikov V. M.]. Minsk, 2018, pp. 126–130 (In Russian).

6. Babakhanova Kh. A., Galimova Z. K., Abdunazarov M. M., Ismoilov I. I. Investigation of the roughness of recycled paper by atomic force microscopy. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics], 2020, vol. 20, no. 5, pp. 661–666 (In Russian).

7. Maattanen A., Fors D., Wang S., Valtakari D., Ihalainen P., Peltonen J. Paper-based planar reaction arrays for printed diagnostics. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 2011, vol. 160, no. 1, pp. 1404–1412.

8. Zhukov M. V. Control of the structure of various types of paper by atomic force microscopy. Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics], 2014, no. 1 (89), pp. 44–49 (In Russian). DOI: 10.1016/j.snbt.2011.09.086.

9. Kirsankin A. A., Mikhaleva M. G., Nikolsky S. N., Musokhranova A. V., Stovbun S. V. Direct method for controlling the surface quality of coated types of paper. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2016, no. 4, pp. 159–163 (In Russian).



10. Galimova Z. K., Babakhanova Kh. A., Abdunazarov M. M., Ismoilov I. I. Direct method of paper surface quality inspection with the addition of secondary raw materials. *Textile Journal of Uzbekistan*. 2020, no. 3, pp. 77–82. DOI: 10.14258/jcprm.2016041415.

11. Kozarovitskiy L. A. *Bumaga i kraska v protsesse pechataniya* [Paper and ink in the process of printing]. Moscow, Kniga Publ., 1965. 368 p. (In Russian).

12. Varepo L. G. *Metodologiya prognozirovaniya kachestva ofsetnoy pechati s uchetom mikrogeometrii poverkhnosti zapechatyvayemykh materialov. Dissertatsiya doktora tekhnicheskikh nauk* [Methodology for predicting the quality of offset printing taking into account the microgeometry of the surface of the printed materials. Dissertation DSc (Engineering)]. Moscow, 2014. 300 p. (In Russian).

13. Bobrov V. I. Analysis of quality indicators of an impression with parameters of surface microgeometry. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela* [News of higher educational institutions. Problems of printing and publishing], 2011, no. 4, pp. 3–15 (In Russian).

14. Golunov A. V. On the question of assessing the surface heterogeneity of materials for printing. *Izvestiya vuzov Severo-Kavkazskogo regiona. Tekhnicheskkiye nauki* [News of universities of the North Caucasus region. Technical sciences], 2011, no. 6, pp. 132–135 (In Russian).

15. Vlasova T. To the question of an objective assessment of the printing image. *Poligrafiya* [Polygraphy], 1976, no. 9, pp. 31–33 (In Russian).

### Информация об авторах

**Бабаханова Халима Абишевна** – доктор технических наук, профессор кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5, Республика Узбекистан). E-mail: halima300@inbox.ru

**Галимова Зулфия Камилловна** – доктор философии по техническим наукам, доцент кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5, Республика Узбекистан). E-mail: z.galimova8282@mail.ru

**Абдуназаров Мансур Мехридинович** – старший преподаватель кафедры технологии полиграфического и упаковочного процессов. Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (100100, г. Ташкент, ул. Шохжахон, 5, Республика Узбекистан). E-mail: abdunazarov.1977@mail.ru

**Громыко 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 authors

**Babakhanova Khalima Abishevna** – DSc (Engineering), Professor, the Department of Technology of Printing and Packaging Processes. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhzhakhon str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: halima300@inbox.ru

**Galimova Zulfiya Kamilovna** – DSc (Philosophy), Assistant Professor, the Department of Technology of Printing and Packaging Processes. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhzhakhon str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: z.galimova8282@mail.ru

**Abdunazarov Mansur Mekhridinovich** – Senior Lecturer, the Department of Technology of Printing and Packaging Processes. Tashkent Institute of Textile and Light Industry (5, Shokhzhakhon str., 100100, Tashkent, Republic of Uzbekistan). E-mail: ikromzhon.ismailov@bk.ru

**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