

УДК 676.1-035.42

## РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕЧАТИ

**М.Исроилова, Х.А. Бабаханова**

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности,

[halima300@inbox.ru](mailto:halima300@inbox.ru)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7188101>

### ARTICLE INFO

Received: 01<sup>st</sup> October 2022

Accepted: 05<sup>th</sup> October 2022

Online: 10<sup>th</sup> October 2022

### KEY WORDS

качество печати,  
оптическая плотность,  
шероховатость бумаги,  
корреляционная связь,  
статистическая  
характеристика

### ABSTRACT

*Представлен анализ многофакторной регрессионной модели для оценки качества печати на бумаге, в составе которой вторичное сырьё. Для оценки качества печати, с точки зрения получения на ней четких оттисков и точного цветовоспроизведения, на исследуемых видах бумаг отпечатаны тест-объекты на электрографическом аппарате и струйном принтере. Методами математической статистики определена корреляционная связь между оптической плотностью оттиска и структурой поверхности бумаги, в данном случае шероховатостью. Представлены результаты моделирования вариаций между электрографической и струйной печатями.*

Для оценки качества печатной продукции согласно квалиметрии используются метрологические методы для измерения как единичных так и комплексных показателей качества.

В данной статье для оценки качества печати, с точки зрения получения на ней четких оттисков и точного цветовоспроизведения, отпечатаны тест-объекты на цветном лазерном устройстве Xerox DocuColor 250 и струйном принтере Epson StylusPhoto P50. Печать произведена на бумагах, в составе которых хлопковая целлюлоза (ХЦ) и целлюлоза из пшеничной соломы (ПЦ). Согласно предыдущим исследованиям, исследуемые бумаги обладают достаточной механической прочностью и среднепористой структурой [1].

В качестве показателя качества печатной продукции выбрана оптическая плотность, измеренная с помощью денситометра Gretag Macbeth D19C по значениям которых (табл. 1) построена графическая зависимость (рис.1). Значения оптической плотности, косвенно отражающие толщину красочного слоя на оттиске, различны в зависимости от поверхности запечатываемого материала.

Одним из фундаментальных свойств поверхности материалов является гладкость (шероховатость). Согласно ГОСТ 30115-95, шероховатость – это неровность поверхности, для определения которой используются распространенные и повсеместно



применяемые методы количественной оценки, такие как гладкость по Бекку [2], шероховатость по Бендстону [3], шероховатость по Паркеру PPS [4]. Сущность данных методов заключается в измерении скорости протекания воздуха между поверхностью бумаги и анализатором, форма и характеристики которого зависят от метода определения. Все методы обладают общим свойством – они косвенные и дают усредненную характеристику состояния поверхности запечатываемого материала. Используемый в данной работе метод Паркера PPS в результате дал среднее значение профиля поверхности в микрометрах (табл.1).

**Таблица 1**

**Показатели оптической плотности пробных оттисков для голубой краски**

Наименование и обозначение факторов	Бумаги с различным составом ХЦ:ПЦ %					
	100:0	90:10	80:20	75:25	70:30	0:100
Шероховатость (X)	8,59	7,09	7,58	8,32	9,29	7,44
Оптическая плотность оттисков на лазерном устройстве Xerox DocuColor 250 (Y)	1,73	1,77	1,78	1,75	1,80	1,95
Оптическая плотность оттисков на струйном принтере Epson StylusPhoto P50 (Y <sub>1</sub> )	1,43	1,37	1,75	1,51	1,80	1,70

Далее для анализа зависимости, а именно для определения вида математической функции, тесноты и направления взаимосвязи между оптической плотностью  $u$  и шероховатостью бумаги  $x$ , являющейся одним из влияющих факторов, проведен анализ с целью получения математической модели. Как видно из рис.1,а при лазерной печати на бумаге, в составе которой ПЦ (100%), с шероховатостью поверхности 7,44 наблюдается максимальная оптическая плотность 1,95. Шероховатость поверхности бумаги из чистохлопковой целлюлозы (100%) привело к ослаблению цвета краски на оттиске, так как вызванные микротени отраженного белого света способствовали ухудшению контрастности изображения и уменьшению оптической плотности. Добавление от 10% до 30% пшеничной целлюлозы к хлопковой положительно повлияло на печатные свойства бумаги, при печати на цветном лазерном устройстве Xerox DocuColor 250 получены насыщенные цвета, подтвержденные значениями оптической плотности.

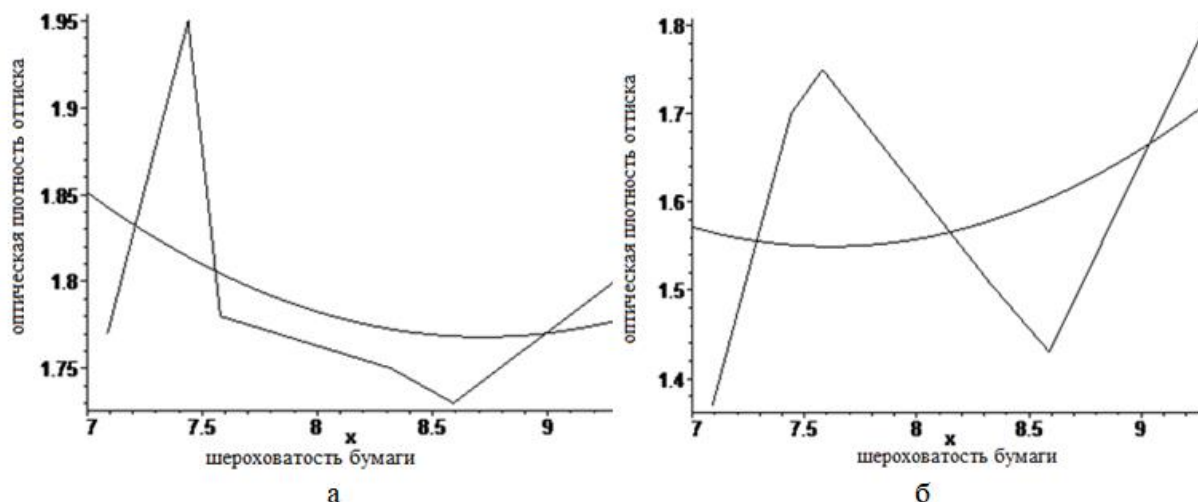


Рис.1. а - график зависимости шероховатости бумаги от оптической плотности оттисков, отпечатанных на лазерном устройстве XeroxDocuColor 250; б - отпечатанных на струйном принтере Epson StylusPhoto P50

Как видно из рис.1,б, при печати на струйном принтере Epson StylusPhoto P50 на бумагах, шероховатость поверхности которой 9,29 (в составе 70% ХЦ и 30% ПЦ) и 7,58 (состав 80:20 ПЦ), наблюдаются максимальная оптическая плотность 1,80 и 1,75. Увеличение шероховатости препятствует равномерному распределению связующего чернил при струйной печати и способствует частичному его впитыванию, что приводит к уменьшению оптической плотности.

Для определения корреляционной связи между шероховатостью бумаги и оптической плотностью принимаем следующее линейное уравнение:

$$y_x = b_0 + b_1x + b_2x^2$$

Коэффициенты  $b_0, b_1, b_2$  вычисляем по методу наименьших квадратов (МНК) для приведения данной функции к минимуму

Результаты математического анализа при n=6 вариантам приведены в табл.2-3. По каждому варианту определены средние значения шероховатости  $S_1$ , оптической плотности  $Z_1$ , произведения  $x_i y_i = Z_2$ , значения входного параметра в квадрате -  $S_2$ , в третьей -  $S_3$  и в четвертой степени  $S_4$ .

**Таблица 2**

**Результаты математического анализа для оттисков, отпечатанных на лазерном устройстве Xerox DocuColor 250**

№ опыта	$x_i$	$y$	$x_i y_i$	$x_i^2$	$x_i^3$	$x_i^4$	$x_i^2 y$	$(y_i - \bar{y})^2$
1	7,09	1,77	12,55	50,27	356,40	2526,88	88,97	0,0007
2	7,44	1,95	14,51	55,35	411,83	3064,02	107,94	0,0235
3	7,58	1,78	13,49	57,46	435,52	3301,24	102,27	0,0003
4	8,32	1,75	14,56	69,22	575,93	4791,74	121,14	0,0022
5	8,59	1,73	14,86	73,79	633,84	5444,68	127,65	0,0044
6	9,29	1,8	16,72	86,30	801,77	7448,40	155,35	0,0000



среднее	8.05	1.797						
$\Sigma$	48.31	10.78	86,69	392,39	3215,29	26576,96	703,33	0,0311
	S <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	Z <sub>3</sub>	Q

**Таблица 3**

**Результаты математического анализа для оттисков, отпечатанных  
на струйном принтере Epson StylusPhoto P50**

№ опыта	x <sub>i</sub>	y	x <sub>i</sub> y <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	x <sub>i</sub> <sup>3</sup>	x <sub>i</sub> <sup>4</sup>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup> y	(y <sub>i</sub> - $\bar{y}$ ) <sup>2</sup>
1	7,09	1,37	9,7133	50,27	356,40	2526,88	68,87	0,0499
2	7,44	1,70	12,648	55,35	411,83	3064,02	94,10	0,0114
3	7,58	1,75	13,265	57,46	435,52	3301,24	100,55	0,0245
4	8,32	1,51	12,5632	69,22	575,93	4791,74	104,53	0,0069
5	8,59	1,43	12,2837	73,79	633,84	5444,68	105,52	0,0267
6	9,29	1,8	16,722	86,30	801,77	7448,40	155,35	0,0427
среднее	8.05	1.593						
$\Sigma$	48.31	9.56	77,20	392,39	3215,29	26576,96	628,91	0,1621
	S <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	Z <sub>3</sub>	Q

Подставляя значения S<sub>i</sub> и Z<sub>i</sub> подсчитаны коэффициенты регрессии

$$b_0 = 3.91 \quad b_1 = -0.49 \quad b_2 = 0.03 \text{ (Xerox DocuColor 250)}$$

$$b_0 = 4.89 \quad b_1 = -0.879 \quad b_2 = 0.058 \text{ (Epson Stylus Photo P50)}$$

Уравнение линейной модели зависимости между шероховатостью и оптической плотностью оттисков приняла следующий вид:

$$y = 3.91 - 0.49x + 0.03x^2 \text{ (Xerox DocuColor 250)}$$

$$y = 4.89 - 0.879x + 0.058x^2 \text{ (Epson Stylus Photo P50)}$$

Далее для оценки весомости полученной взаимосвязи высчитываем дисперсию воспроизводимости Q, характеризующей рассеивание результатов, как среднюю по всем вариантам:

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 0,03119 \text{ (Xerox DocuColor 250)}$$

$$Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 0,1621 \text{ (Epson Stylus Photo P50)}$$

Для проверки однородности дисперсии Q вычисляли критерий Кохрена и сравнили его с табличным G<sub>0,05</sub> = 0.91.

Так как 0.76 < 0.91 (Xerox DocuColor 250), 0.31 < 0.91 (Epson StylusPhoto P50), гипотеза об однородности не опровергается и в дальнейшем усредненную величину дисперсии можем использовать для оценки адекватности модели.

Для оценки адекватности линейной модели подсчитывали значения  $\bar{y}_1$ , значения которых вставлены в табл.4.

**Таблица 4**

**Результаты вычислений**

	$\bar{y}_i$	$(\bar{y} - y)^2$	$R_0$
--	-------------	-------------------	-------



№ опыта	Xerox DocuColor 250	Epson StylusPhoto P50	Xerox DocuColor 250	Epson StylusPhoto P50	Xerox DocuColor 250	Epson StylusPhoto P50
1	1.944	1.582	0.030	0.045	9.83	15.51
2	1.925	1.570	0.001	0.017	-1.28	-7.66
3	1.919	1.569	0.019	0.033	7.84	10.36
4	1.910	1.601	0.026	0.008	9.14	6.0
5	1.915	1.628	0.034	0.039	10.67	13.65
6	1.947	1.739	0.022	0.004	8.17	-3.40
$\Sigma$			0.132	0.146		

Далее проверили адекватность модели, то есть сравнивали экспериментальные значения выходного параметра  $y$  с его расчетными  $\hat{y}$  и определили относительные величины  $R_0(\%)$ . Как видно из табл. 3 немалые значения  $R_0$  свидетельствовали об неадекватности модели. При уровне значимости  $\beta=0,05$  критерий Фишера, согласно табличным данным, равен 7,71. Поскольку  $F=2.4 < 7.71 = F_{0.05}$  ( $F=0.196 < 7.71 = F_{0.05}$ ) то с 95% доверительной вероятностью можно утверждать, что полученное уравнение регрессии является математической моделью исследуемого объекта.

**Выводы:** Построение и анализ многофакторной регрессионной модели выявил численное влияние фактора на изучаемый показатель. По значению коэффициента детерминации, являющегося одним из критериев оценки адекватности модели, можно сказать, что при взаимодействии бумаги с сухим тонером и жидкими чернилами шероховатость запечатываемого материала незначительно влияет на оптическую плотность оттиска, характеризующего качество воспроизведения.

### References:

1. М.Б.Мирзаева, Х.А.Бабаханова. Влияние процесса размола бумажной массы на механическую прочность бумаг. //Проблемы текстиля, 2012, №2, с.52-54
2. ГОСТ 12795-89 (ИСО 5627) Бумага и картон. Метод определения гладкости по Бекку. М., 1989. 7 с.
3. ГОСТ 30022.2-93 (ИСО 8791-2-90) Бумага и картон. Метод определения шероховатости (метод с применением пропускания воздуха). Метод Бендстена. М., 1993. 17 с.
4. DIN ISO 8791-4:2008-05 Paper and board – Determination of roughness/smoothness (air leak methods) – Part 4: Print-surf method (ISO 8791-4:2007). 26 p.
5. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства.-М.:МГУП, 2003 -1280с.