

УДК 676.017.1

**В.Н. Леонтьев**

С.-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров

Леонтьев Владимир Николаевич родился в 1944 г., окончил в 1967 г. Ленинградский механический институт, профессор кафедры информационно-измерительных технологий и систем управления С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 120 работ в области исследования влияния качества бумажной основы на качество печати.  
E-mail: vle058@mail.ru



### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПЕЧАТИ\***

Получены модели влияния параметров процесса производства бумаги на показатели качества печати, на основе которых даны рекомендации по выбору параметров, обеспечивающих необходимые печатные свойства бумаги.

*Ключевые слова:* параметры процесса производства бумаги, показатели качества печати, системный подход, модель.

В условиях появления новых видов печати и оборудования, резкого увеличения доли цветной иллюстративной компоненты в печатных изданиях, повышения требований к качеству печати традиционно сложившиеся отношения бумажников и печатников уже не способны обеспечивать конкурентоспособность как печатной продукции, так и бумаги. Ориентация лишь на показатели свойств бумаги не позволяет прогнозировать качество печати конкретного заказа на конкретном оборудовании, конкретными красками.

Решить проблему возможно, если применить системный подход и рассматривать формирование печатных свойств бумаги как задачу управления системой, основным конечным результатом которой являются показатели качества печати, а объектом регулирования – комплекс, состоящий из бумагоделательной (БДМ) и печатной машин. При этом к управляющим, подлежащим выбору, отнесены параметры процесса производства бумаги [4].

Для того чтобы убедиться в эффективности предлагаемого подхода к выбору и совершенствованию печатных свойств было исследовано влияние параметров процесса производства бумаги на качество печати в целях получения моделей такого влияния.

Качество печати оценивали с помощью принятых в полиграфии показателей: градационная передача –  $n$ , контраст печати –  $K$ , оптическая плотность сплошного красочного слоя –  $D$ , площадь цветового охвата на плоскости  $a^* b^*$  –  $S_{col}$ , объем цветового охвата в пространстве  $L^* a^* b^*$  –  $V_{col}$ .

---

\* В порядке обсуждения.

Данные показатели оцениваются полиграфистами по специально печатаемым так называемым тест-объектам [1–3].

Для анализа влияния параметров процесса производства бумаги на перечисленные показатели качества были рассмотрены образцы офсетной бумаги марки С Светогорского целлюлозно-бумажного комбината (масса  $1 \text{ м}^2 - 85 \text{ г}$ ). Тест-объекты печатали на струйном принтере HP Desk Jet 1125 с разрешением 25 лин./мм (600 dpi). Показатели качества печати оценивали с помощью спектрофотометра «Spectro Scan Gretag Macbeth».

Статистический анализ полученных результатов был осуществлен поэтапно. На первом этапе был применен метод Розенбрука [1] для оценки нелинейных зависимостей между параметрами с помощью функций регрессии, состоящих из двух участков прямых, разделенных точками разрыва; на втором этапе – метод множественной регрессии, позволивший для каждого участка определить коэффициенты уравнений регрессии и оценить их значимость на 5 %-м уровне.

В качестве параметров процесса производства бумаги были рассмотрены следующие: процентное содержание хвойной целлюлозы ( $L_{hv}$ ) и брака ( $Brak$ ) в композиции; расход крахмала в массе ( $KrV$ ); расход алкилкетендимера ( $AKD$ ); расход бентонита ( $Ben$ ) и перкола ( $Per$ ) – двойной полимерной системы для удержания мелочи и наполнителя; расход крахмала, подаваемого на клеильный пресс ( $KrC$ ); расход наполнителя ( $Napol$ ); степень помола ( $Shp$ ) и концентрация массы в напорном ящике ( $C$ ); мощность мельниц ( $N$ ); удержание наполнителя ( $Ud Nap$ ); pH ( $PH$ ) и зольность ( $Zol$ ). Скорость БДМ ( $V$ ) и соотношение скоростей сетки/напуска ( $V_1/V_2$ ) в процессе эксперимента оставались постоянными.

В табл. 1, 2 приведены минимальные, максимальные и средние значения параметров процесса, а также коэффициенты вариации для рассматриваемых переменных, в табл. 3 – результаты статистического анализа для всех рассматриваемых показателей качества печати ( $\beta$ -коэффициенты уравнений регрессии для каждого из двух участков аппроксимируемых данных рассчитывали по стандартизованным значениям переменных).

Таблица 1

Статистические значения показателей качества печати

Показатель качества	Значение показателя				Коэффициент вариации, %
	минимальное	среднее	в точках разрыва	максимальное	
$K$	0,10	0,15	0,15	0,29	127
$D_{100}$	0,907	0,997	0,997	1,330	42
$n$	71	78	78	85	18
$V_{col}$	176 020	181 486	181 433	186 040	6
$S_{col}$	7 948	8 121	8 116	8 278	4



Таблица 3

**Значение  $\beta$ -коэффициентов линейных регрессионных уравнений  
на линейных участках до (числитель) и после (знаменатель) точек разрыва  
для показателей качества печати**

Параметр процесса	$K$	$D_{100}$	$n$	$V_{col}$	$S_{col}$
<i>AKD</i>	0,22/–	<b>0,42/-0,53</b>	–	–	0,21/–
<i>Brak</i>	<b>0,59/–</b>	–	–/–0,41	<b>-0,60/–</b>	<b>-0,54/–</b>
<i>KrC</i>	0,22/–	–	–/– <b>0,57</b>	–/–0,59	–
<i>Ben</i>	<b>–/0,53</b>	–/0,43	–/0,45	<b>-0,59/0,97</b>	–0,34/0,43
<i>Per</i>	<b>0,26/-0,60</b>	<b>0,31/-0,61</b>	<b>0,96/–</b>	0,36/–	<b>–/0,65</b>
<i>N</i>	–	<b>-0,53/–0,42</b>	0,63/–	–	–
<i>L<sub>hv</sub></i>	<b>–/0,45</b>	–0,27/–	–	–	–
<i>KrV</i>	–0,27/–	<b>–/0,60</b>	<b>-0,98/–</b>	0,30/–	0,34/–
<i>Shp</i>	0,31/–	–/0,27	–/–0,42	–	–
<i>Napol</i>	<b>0,47/–</b>	<b>0,39/–</b>	<b>0,67/-0,63</b>	–/0,37	–
<i>Ud Nap</i>	–	–	–	–	–/0,19
<i>C</i>	–	–	–	<b>-0,35/0,94</b>	<b>–/–0,78</b>
<i>Ph</i>	–/0,22	–	<b>0,87/–</b>	<b>0,62/–0,62</b>	<b>–/–0,62</b>
<i>Zol</i>	–	<b>–/0,50</b>	<b>-0,66/0,61</b>	–/0,58	<b>–/–0,68</b>
<i>R</i>	0,87/0,92	0,80/0,90	0,80/0,86	0,93/0,91	0,89/0,85

Примечания. 1. Наиболее значимые коэффициенты для показателей качества бумаги выделены жирным, исходя из того, что их значимость признается, если они различаются более чем в 1,3–1,5 раза. 2.  $R$  – коэффициент корреляции.

По величине  $\beta$ -коэффициентов оценивали значимость факторных признаков (параметров процесса производства бумаги) для результирующих признаков (показателей качества печати). Чем больше любой из исследуемых показателей качества печати, тем лучше печатные свойства бумаги.

Показатели качества печати в табл. 3 расположены слева направо по мере убывания их коэффициентов вариации, а параметры процесса производства бумаги по тому же принципу, но сверху вниз.

Из данных табл. 3 следует, что влияние параметров производства бумаги на показатели качества печати носит нелинейный характер. На это указывают не только различные значения  $\beta$ -коэффициентов для участков до и после точек разрыва, но и их знак.

Высокие коэффициенты корреляции ( $R > 0,80$ ) свидетельствуют о значимости полученных зависимостей.

Необходимо отметить, что для всех параметров процесса производства бумаги точки разрыва аппроксимирующих участков линий регрессии лежат в области их средних значений. Это позволяет сформулировать рекомендации по выбору данных параметров для обеспечения требуемых показателей качества печати.

Из полученных данных следует, что наибольшее влияние оказывают изменения параметров процесса получения бумаги на контраст печати, оптическую плотность сплошного красочного слоя, в меньшей мере – на показатель градационной передачи. С практической точки зрения они мало

вливают на объем цветового охвата в пространстве и площадь цветового охвата на плоскости.

Большой разброс значений  $K$  и  $D_{100}$  нежелателен и обусловлен необоснованно большими изменениями экспериментальных данных: расхода  $AKD$ , крахмала для поверхностной проклейки, бентонита, перкола, наполнителя, мощности привода мельниц, содержания брака в хвойной целлюлозе, крахмала для проклейки в массе и степени помола.

Сформулируем практические рекомендации по улучшению печатных свойств бумаги:

расход  $AKD$  следует держать в области средних значений, как и брак, поскольку увеличение последнего не скажется на показателе градационной передачи и оптической плотности;

количество бентонита можно повышать, поскольку это приводит к улучшению контраста;

количество перкола следует выбирать в области его средних значений, при которых показатели градационной передачи и оптической плотности будут иметь максимальные значения при других фиксированных параметрах процесса производства бумаги;

содержание хвойной целлюлозы можно увеличивать в случае необходимости повышать контраст печати;

расход наполнителя необходимо выбирать из области его средних значений, что позволит достигать, при прочих равных условиях, возможно большего контраста печати.

Высокие коэффициенты корреляции между параметрами процесса производства бумаги и показателями качества печати открывают широкие возможности совершенствования печатных свойств бумаг с учетом особенностей конечной печатной продукции, в то время как оперирование промежуточными параметрами (показателями качества бумаги) такой возможности до сих пор не предоставляло.

Поскольку обеспечить одновременно наилучшие значения показателей качества печати нереально, то выбор каждого из параметров процесса производства бумаги в качестве управляющего должен быть сделан с позиции приоритета одних перед другими. Этот приоритет зависит от конкретного вида печатной продукции: или это сюжет с мелкими деталями, или с большими площадями растровых полей.

Насколько стабильно ведут себя экспериментальные образцы бумаги в печати, свидетельствуют данные, представленные в табл. 1, 2. Здесь коэффициенты вариации, выраженные в процентах, определяли как отношение диапазонов изменения параметров процесса производства бумаги и показателей качества печати к их средним значениям.

Необходимо заметить, что бумага, подвергнутая исследованию, соответствовала предъявляемым к ней требованиям по белизне, влажности, массе  $1 \text{ м}^2$  и т.п. Однако, как следует из табл. 1, 2, она оказалась весьма нестабильной по таким показателям качества печати, как контраст (127 %),

оптическая плотность сплошного красочного слоя (42 %), показатель градиционной передачи (18 %). Такая нестабильность – причина многих дефектов печати: разнооттеночности оттисков, потери тона в полутонах и тенях и т.п.

Из полученных данных можно сделать вывод о том, что управлять потенциальными печатными свойствами бумаги, основываясь лишь на традиционных показателях качества бумаги, без информации о показателях качества оттисков неэффективно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боровиков, В.П.* STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows [Текст] / В.П. Боровиков, И.П. Боровиков. – М.: Информ.-издат. дом «Филинь», 1997. – 608 с.
2. *Кузнецов, Ю.В.* Технология обработки изобразительной информации [Текст] / Ю.В. Кузнецов. – СПб.: Петербургский ин-т печати, 2002. – 312 с.
3. *Barber, C.B.* The quickhull algorithm for convex Hulls [Text] / C.B. Barber, D.P. Dobkin, H.T. Huhdanpaa // ACM Transactions on Mathematical Software. – Vol. 22, N4. – P.469–483.
4. *Leontiev, V.N.* The systems approach to control paper printability [Text] / V.N. Leontiev // Trans. the international conf. «Printing Technology SPb. 06», Spb. 2006. – P. 114–120.

Поступила 13.05.09

*V.N. Leontiev*

Saint-Petersburg State Technological University of Plant Polymers

#### **Evaluation of Technological Parameters of Paper Production on Printing Quality Characteristics**

Keywords: parameters of paper production process, printing quality characteristics, system approach, model.

---

Статистические значения параметров производства бумаги

Параметр процесса	Значения параметра							Коэф- фициент вариации, %	
	минимальное	среднее	в точках разрыва для показателей качества						максимальное
			<i>K</i>	<i>D</i> <sub>100</sub>	<i>n</i>	<i>V</i> <sub>col</sub>	<i>S</i> <sub>col</sub>		
<i>AKD</i> , кг/т	0,15	1,43	1,40	<b>1,42</b>	1,50	1,53	1,50	1,68	107
<i>Brak</i> , %	10	20	<b>25</b>	<b>22</b>	18	<b>19</b>	<b>21</b>	30	102
<i>KrC</i> , кг/т	17,5	19,7	19,5	19,4	<b>20,1</b>	21,1	19,7	30,0	64
<i>Ben</i> , кг/т	1,10	1,60	<b>1,70</b>	1,70	1,50	<b>1,50</b>	1,45	2,10	61
<i>Per</i> , кг/т	0,10	0,15	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	0,16	<b>0,15</b>	0,19	60
<i>N</i> , кВт/ч	4,0	4,6	4,1	<b>5,2</b>	5,0	4,7	4,8	6,3	50
<i>L</i> <sub>hv</sub> , %	25	32	<b>32</b>	30	33	30	31	40	47
<i>KrV</i> , кг/т	5,70	6,80	6,45	<b>6,80</b>	<b>6,80</b>	6,95	6,80	7,80	31
<i>Shp</i> , °ШП	24,0	27,0	28,0	27,0	27,5	27,0	27,0	31,5	27
<i>Napol</i> , кг/т	181	140	<b>193</b>	<b>182</b>	<b>191</b>	179	184	219	27
<i>Ud Nap</i> , %	65	69	68	69	70	68	68	77	17
<i>C</i> , %	0,80	0,88	0,87	0,90	0,89	<b>0,88</b>	<b>0,89</b>	0,95	15
<i>PH</i>	8,3	8,5	8,7	8,5	<b>8,5</b>	<b>8,5</b>	<b>8,5</b>	9,0	8
<i>Zol</i> , %	21	22	22	<b>22</b>	<b>22</b>	22	<b>22</b>	23	6

Примечание. Жирным выделены параметры процесса производства бумаги, оказывающие значащее влияние на показатели качества печати.