

УДК 676.01

Новосельская О. А., ассистент; Горжанов В. В., мл. науч. сотрудник;
Темрук В. И., генеральный директор УП «Бумажная фабрика» Гознака

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПЕЧАТНЫЕ СВОЙСТВА ОФСЕТНОЙ БУМАГИ

The article is devoted to the problem of evaluation the printing properties of paper. It become customary to control the quality of paper by two sides: the manufacturer (thus the pulp and paper factory) from one side and the customer (printing-house) from the other one. Both these sides provide quality rating for the same qualitative characteristics. But the level of this rating is not the same. It is frequently occurring that ratings of the paper fall short of its behavior in printing process. To compensate the discrepancy of information it is suggested to qualify the printing properties of paper using the base of manufacturer. Next aim is correction of these properties by varying the processing features of paper manufacturing and composition. The suggested model is estimated by the method of grade correlation and its reliability amounts 90,8%.

Введение. Полиграфическая промышленность — это динамически развивающаяся отрасль, изменение материалов потребления которой кардинально меняет всю технику и технологию изготовления конечного продукта. Появление новых цифровых и информационных технологий привело к значительному сокращению сроков изготовления заказов, изменило вид предприятия в целом. Изменение технологии влечет за собой перемены в производстве материалов для изготовления полиграфической продукции, повышение требований к ним. Полиграфическое производство затрагивает такие отрасли промышленности, как химическая, целлюлозно-бумажная, легкая и др. Особую роль играет именно целлюлозно-бумажная отрасль, так как она производит основной материал для изготовления полиграфической продукции — бумагу для печати. Особенности печатного процесса обуславливают требования, предъявляемые к запечатываемому материалу.

Плоская офсетная печать является доминирующей на рынке полиграфических товаров и услуг. В настоящее время доля плоского офсетного способа печати составляет ~83% среди всевозможных видов и способов печати [1]. В связи с этим происходит и рост объема производства бумаги для плоской офсетной печати.

Повышаются требования к качеству ее изготовления как к полуфабрикату, от которого зависит внешний вид конечного продукта.

Целью данной работы является выявление факторов, которые оказывают существенное влияние на процесс изготовления бумаги для офсетной печати и на ее поведение в печатном процессе.

Основная часть. При оценке качества бумаги для печати существует два принципиально отличных подхода: 1) со стороны предприятия-изготовителя бумаги (целлюлозно-бумажный комбинат); 2) с точки зрения предприятия-потребителя бумаги (полиграфическое предприятие). При этом и та и другая стороны ориентируются на требования ГОСТа, которые предъявляются к бумагам для печати (рис. 1).

На рис. 1 сплошными линиями показаны известные зависимости; пунктирной линией обозначена зависимость, схема влияния которой неизвестна.

Производство бумаги — это сложный и трудоемкий процесс. При производстве бумаги большое внимание уделяется качеству целлюлозы, ее типу, составу волокнистой фракции бумажной массы, качеству наполнителя, проклеивающих веществ и прочих химических реагентов.



Рис. 1. Микропрофили бумаги с 50%-ной растровой точкой

При оценке качества изготовленной бумаги наибольшее внимание уделяется технологическим особенностям процесса. Оцениваются следующие параметры процесса изготовления бумаги: композиционный состав, степень помола бумажной массы, средневзвешенная длина волокна, концентрация массы, тип наполнителя, его количество, свойства проклеивающих веществ. С другой стороны, назначение бумаги диктует требования по ряду показателей.

В офсетной печати краска переносится с формы на оттиск через резиновый цилиндр, деформация которого компенсирует неровности бумаги. Поэтому бумага для офсетной печати может быть менее гладкой и более мягкой, в отличие от бумаг для высокой и глубокой печати. Необходимость увлажнения пробельных элементов формы при офсетной печати увеличивает степень проклейки бумаги, кроме того, бумага не должна существенно изменять свои линейные размеры после увлажнения. Деформация бумаги при увлажнении не должна быть больше 2,5% в продольном (машинном) направлении и 0,5% — в поперечном. Бумага для офсетной печати должна иметь высокую прочность поверхности, так как при печати происходит контакт с резиновым покрытием офсетного цилиндра и вязкими липкими красками. При недостаточной прочности поверхности может происходить выщипывание частичек бумаги.

Таким образом, существует связь между параметрами технологического процесса изготовления бумаги и поведением этой бумаги в процессе печатания (рис. 1). Рассмотрим основные параметры технологического процесса изготовления офсетной бумаги: T_1 — композиционный состав; T_2 — степень помола; T_3 — средневзвешенная длина волокна; T_4 — наполнитель; T_5 — проклейка в массе; T_6 — поверхностная проклейка. Эти параметры влияют на следующие основные свойства бумаги: C_1 — линейная деформация при увлажнении; C_2 — гладкость; C_3 — впитываемость при одностороннем смачи-

вании (по Коббу); C_4 — степень проклейки; C_5 — белизна; C_6 — зольность. С другой стороны, эти свойства оказывают влияние на поведение бумаги в печатном процессе: Π_1 — совмещение при печати; Π_2 — скорость выщипывания; Π_3 — контрастность печати; Π_4 — пыление бумаги; Π_5 — разрешающая способность поверхности бумаги; Π_6 — выделяющая способность поверхности бумаги; Π_7 — красковосприятие. Схема совместного влияния этих показателей представлена на рис. 2.

Схема, приведенная на рис. 2, показывает, что каждый параметр технологического процесса изготовления бумаги прямо либо косвенно оказывает определенное влияние на показатели качества печатного процесса. Например, изменение режимов помола бумажной массы (T_2) снижает линейную деформацию при увлажнении (C_1) и, как следствие, уменьшает вероятность получения несовмещения в процессе печати (Π_1). Офсетную бумагу не подвергают суперкаландрированию, т. к. при этом повышается гладкость бумаги, снижается ее пористость и, соответственно, ухудшается впитываемость печатной краски, т. е. красковосприятие. Увеличение скорости выщипывания достигается применением при производстве бумаги высококачественной целлюлозы и снижением содержания древесной массы, а также введением в массу и распределением по поверхности проклеивающих веществ. Такая схема логических связей достаточно громоздка, поэтому целесообразно перестроить ее, удалив из зоны влияния промежуточные показатели качества и установив прямые связи между параметрами технологического процесса изготовления офсетной бумаги и поведением ее в печатном процессе (рис. 3). Первоначально, при перестроении пользовались следующим правилом: если все связи от показателя Π_j через C_i вели к соответствующим связям T_i , то такую связь обозначали сплошной линией, если же связи $\Pi_j - C_i$, одно-

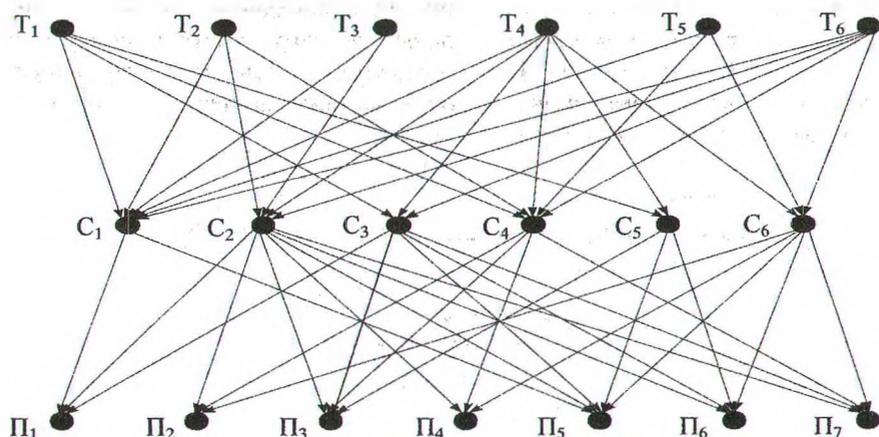


Рис. 2. Схема совместного влияния различных факторов на поведение бумаги в печатном процессе

значно не соответствовали всем $C_i - T_i$, то такую связь обозначали пунктирной линией. Например, от показателя Π_1 ведут три связи на свойства C_1, C_2, C_3 . Параметр T_1 имеет только две линии, направленные на C_1 и C_3 , поэтому при переходе от T_1 к Π_1 связь между ними устанавливалась пунктирной линией.

Для того чтобы оценить степень влияния каждого параметра технологического процесса изготовления бумаги, необходимо определить вес каждой связи. Для этого условно принимаем, что все связи $C_i - T_i$ равнозначны и степень их влияния кратна $1/6$ — по количеству свойств C_i . Тогда удельный вес каждого T_i (K) будет определяться количеством связанных с ним C_i . С другой стороны, общее количество связей $C_i - \Pi_j$ и $T_i - C_i$ неодинаково, поэтому соотношение приходящихся T_i на Π_j будет определяться как $N(T_i - C_i) / N(C_i - \Pi_j)$, где N — количество соответствующих связей. Общие значения соотношений $T_i - \Pi_j$ представлены в табл. 1.

Для перехода от соотношений T_i на Π_j к весам каждой связи, перемножаем значения табл. 1 для каждой связи на удельный вес каждого показателя $T_i K$ (табл. 2).

Как видно из табл. 2, параметры технологического процесса изготовления бумаги оказывают неравнозначное влияние на ее поведение в печатном процессе, причем некоторые веса связей совпадают. Поэтому необходимо сгруппировать связи по их весам и определить наиболее важные технологические параметры для данных печатных свойств бумаги.

Для указанных связей в соответствии с методом ранговой корреляции для множественных ранговых связей [2] вводим значения рангов от 1 до 5, причем ранг 1 присваиваем связям с наибольшими весами в значениях от 0,801 до 1,000, ранг 2 — связям с весами 0,601÷0,800, ранг 3 — связям с весами 0,401÷0,600, ранг 4 — 0,201÷0,400, ранг 5 — 0,000÷0,200. Поскольку в пределах одного показателя Π_j веса технологических связей могут совпадать, то над полученными рангами $\Pi_j(T_i)$

производим операцию нормирования (табл. 3). В табл. 3 в скобках указаны значения присвоенных первоначальных рангов.

Коэффициент конкордации Кендалла для такой совокупности рассчитывается по формуле

$$W(m) = \frac{S}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T^{(k_j)}}, \quad (1)$$

где m — число анализируемых порядковых переменных, $m = 7$; n — длина ранжировки, $n = 6$. В формуле (1) величина S и поправочный коэффициент $T^{(k_j)}$ определяются как

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m \Pi_i^{(k_j)} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2; \quad (2)$$

$$T^{(k_j)} = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^{m^{(k)}} \left[\left(n_t^{(k_j)} \right)^3 - n_t^{(k_j)} \right], \quad (3)$$

где $m^{(k)}$ — число групп неразличимых рангов у переменной $\Pi^{(k)}$; $n_t^{(k)}$ — число элементов, входящих в t -ю группу неразличимых рангов.

Расчет коэффициента конкордации Кендалла производился в пакете Mathcad 11 Enterprise Edition. Значения поправочного коэффициента $T^{(k_j)}$ приведены в табл. 3. Для данной модели коэффициент $W(6) = 0,908$. Критическое значение величины S определялось по таблицам [2] для данных m и n и составило $S_{кр} = 335,2$. Тогда критическое значение коэффициента конкордации Кендалла равно $W_{кр} = 0,437$. Расчетное значение сходимости модели намного превышает критическое значение. Это означает, что следует отвергнуть гипотезу об отсутствии связи и признать их статистическую значимость.

На рис. 3 показана перестроенная схема связей $T_i - \Pi_j$ с учетом весов от 0,301 до 1,000, при которых условно принято непосредственное влияние технологического параметра на показатели качества печатного процесса.

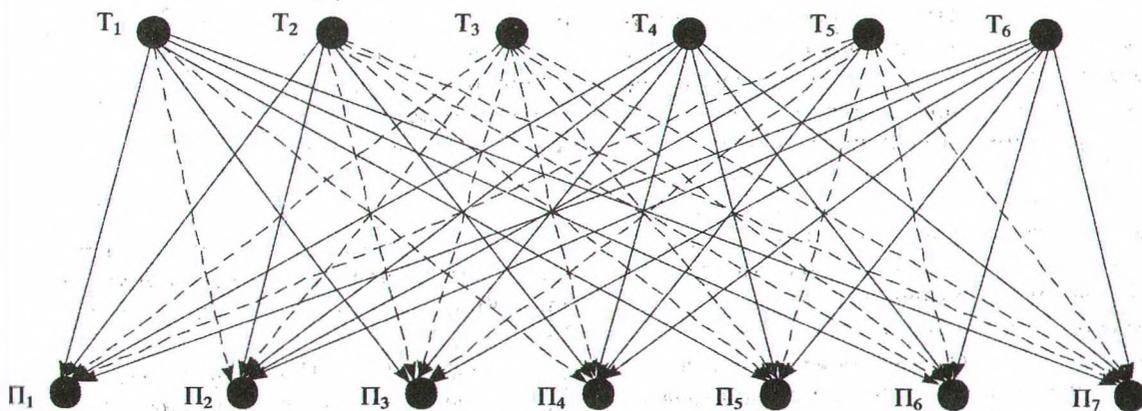


Рис. 3. Схема влияния параметров технологического процесса на поведение бумаги в процессе печати

Соотношения связей $T_i - П_j$

T_i	$П_j$	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$	$П_5$	$П_6$	$П_7$	K
T_1		0,67	0,33	0,75	0,33	0,60	0,50	0,50	0,67
T_2		0,67	0,67	0,5	0,67	0,40	0,25	0,50	0,50
T_3		0,67	0,33	0,25	0,33	0,20	0,25	0,25	0,33
T_4		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T_5		0,33	0,67	0,25	0,67	0,40	0,25	0,50	0,50
T_6		1,00	1,00	0,75	1,00	0,80	0,75	1,00	0,83

Таблица 2

Значения весов связей $T_i - П_j$

T_i	$П_j$	$П_1$	$П_2$	$П_3$	$П_4$	$П_5$	$П_6$	$П_7$
T_1		0,45	0,22	0,50	0,22	0,40	0,34	0,34
T_2		0,34	0,34	0,25	0,34	0,20	0,13	0,25
T_3		0,22	0,11	0,08	0,11	0,07	0,08	0,08
T_4		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
T_5		0,17	0,34	0,13	0,34	0,20	0,13	0,25
T_6		0,83	0,83	0,62	0,83	0,66	0,62	0,83

Таблица 3

Ранги и нормированные значения объединенных рангов

$П_j$	T_i	R_{T1}	R_{T2}	R_{T3}	R_{T4}	R_{T5}	R_{T6}	$T_i^{(k)}$
$П_1$		(3) 3,0	(4) 4,5	(4) 4,5	(1) 1,5	(5) 6,0	(1) 1,5	1,0
$П_2$		(4) 4,0	(4) 4,0	(5) 6,0	(1) 1,5	(4) 4,0	(1) 1,5	2,5
$П_3$		(3) 3,0	(4) 4,0	(5) 5,5	(1) 1,0	(5) 5,5	(2) 2,0	0,5
$П_4$		(4) 4,0	(4) 4,0	(5) 6,0	(1) 1,5	(4) 4,0	(1) 1,5	2,5
$П_5$		(3) 3,0	(5) 5,0	(5) 5,0	(1) 1,0	(5) 5,0	(2) 2,0	2,0
$П_6$		(4) 3,0	(5) 5,0	(5) 5,0	(1) 1,0	(5) 5,0	(2) 2,0	2,0
$П_7$		(4) 4,0	(4) 4,0	(5) 6,0	(1) 1,5	(4) 4,0	(1) 1,5	2,5
Σ		24,0	30,5	38,0	9,0	33,5	12,0	13,0

Чтобы оценить работу данной схемы, рассмотрим, как влияет поверхностная проклейка на показатели качества печатного процесса. Введение в состав для поверхностной проклейки ПВС в количестве от 1% до 30% изменяет скорость выщипывания от 2,05 м/с до 2,70 м/с, совмещение при печати остается в пределах нормы, красковосприятие улучшается с разбросом оптических плотностей от 0,46 до 0,28, изменяется максимально достижимая оптическая плотность оттиска от 1,34 Б до 1,60 Б, а следовательно, контрастность печатного оттиска тоже увеличивается. Выделяющая способность и разрешающая способность оценивались визуально по шкалам с использованием лупы 25-кратного увеличения и варьировались в пределах 30–10 мкм и 56–53 мкм соответственно. Анализ пыления бумаги не производился. Все печатные свойства оценивали с использованием специально изготовленной печатной формы на пробпечатном станке Когах в условиях УП «Бумажная фабрика» Гознака.

Выводы. 1. Рассмотрены основные закономерности влияния технологических факторов и композиции при изготовлении бумаги на ее печатные свойства.

2. Предложена модель оценки качества печатных свойств бумаги. Выявлено, что технологические факторы T_4 — тип наполнителя, T_6 — тип поверхностной проклейки и T_1 — композиция бумаги оказывают наибольшее влияние на ее поведение в печатном процессе со сходимостью 90,8%. Сходимость модели оценена коэффициентом конкордации Кендалла.

3. Работа предложенной модели проверена на примере введения ПВС в состав для поверхностной проклейки. Установлено, что с изменением содержания ПВС существенно изменяется поведение бумаги в процессе печати. Уточнение удельных весов показателей T_i для каждого показателя качества даст более верное значение весов связей.

Литература

1. Киппхан, Г. Энциклопедия по печатным средствам информации / Г. Киппхан [и др.]; под общ. ред. Г. Киппхан. — М.: МГУП, 2003. — 1280 с.
2. Айвазян, С. А. Прикладная статистика: Исследование зависимостей: справ. изд. / С. А. Айвазян [и др.]; под ред. С. А. Айвазяна. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 480 с.