

УДК 676.017

DOI 10.52928/2070-1616-2023-48-2-70-74

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ПРОСВЕТА БУМАГИ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ**

**д-р хим. наук, проф. М.А. ЗИЛЬБЕРГЛЕЙТ, И.В. МАРЧЕНКО**  
(Белорусский государственный технологический университет, Минск)

*Исследованы равномерности просвета офисных бумаг различных классов и марок. Потребность в детальном изучении структуры офисной бумаги вызвано большим количеством дефектов, возникающих в процессе печати. Чтобы получать качественное изображение при высоких и средних скоростях оборудования и минимальных затратах, необходимо знать структурные свойства бумаги и уметь управлять ими.*

*Оценка, изучение и характеристика факторов, которые, как предполагается, влияют на взаимодействие между чернилами струйной печати и поверхностью офисной бумаги, могут быть выполнены с помощью метода экспертных оценок. В статье описывается экспертный метод определения просвета, основанный на органолептическом восприятии просвета бумаги группой лиц. В процессе работы были определены образцы бумаги, имеющие лучшие показатели просвета. Полученные в работе результаты могут быть применены в практической деятельности типографий для правильного выбора материала при печати. Данный метод оценки уровня качества бумаги позволяет предприятию быстро реагировать на проблемы, связанные с печатью и дальнейшей обработкой полиграфических изделий.*

**Ключевые слова:** офисная бумага, равномерность просвета, экспертный метод, микроструктура бумаги, коэффициент конкордации.

**Введение.** Качество продукции – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением<sup>1</sup>.

Повышение требований к печатным свойствам материалов и качеству печатного оттиска становится более актуально в настоящее время. Развитие технологии струйной печати позволяет внедрять новые технологические решения, совершенствовать используемые материалы: чернила и бумагу. Повышаются требования к качеству бумаги, главным образом это касается степени ее белизны, улучшения и повышения равномерности поверхностных свойств и гладкости. Большое влияние на качество печати оказывают технические характеристики бумаги, в первую очередь ее печатные свойства.

**Основная часть.** Выбирая бумагу для струйного принтера, необходимо обратить внимание на ее структуру. Равномерное поглощение чернил и быстрое их высыхание характеризует качество запечатываемого материала.

Просвет бумаги характеризует степень однородности ее структуры, т.е. степень равномерности распределения в ней волокон. О просвете судят по наблюдению бумаги в проходящем свете. При этом бумага просвечивает, и можно легко наблюдать, насколько она оптически однородна. Облачность бумаги, т.е. наличие в ней светлых и темных мест, свидетельствует о недостаточно равномерном расположении в бумаге волокон и ее неравномерной толщине. Бумага с сильно облачным просветом крайне неоднородна. Ее тонкие места менее прочны и оказывают меньшее сопротивление прохождению чернил. Печать на облачной бумаге, особенно иллюстрационная, оказывается низкого качества из-за неравномерности восприятия бумагой печатной краской [1].

По данным Р.Э. Рейзиньша, при неоднородной структуре бумаги, о чем свидетельствует ее неравномерный просвет, снижаются показатели механической прочности бумаги: разрывной длины – на 40%, сопротивлений излому и надрыву – в 2–2,5 раза [1].

**Цель работы** – исследование равномерности просвета офисной бумаги различных классов и марок. В данном случае использовался экспертный метод определения просвета, основанный на органолептическом восприятии просвета бумаги группой лиц.

Экспертный метод определения показателей качества продукции – метод определения значений показателей качества продукции, осуществляемый на основе решения, принимаемого экспертами<sup>1</sup>. Он основан на использовании обобщенного опыта и интуиции специалистов, и его следует использовать, когда для решения задач по оценке уровня качества невозможно или затруднительно использовать более объективные методы, например, измерительный или расчетный [2].

<sup>1</sup> ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 01.07.1979. – М.: Стандартинформ, 2009. – 21 с.

Существует ряд литературных источников, описывающих взаимодействие краски с бумагами для офсетной, высокой и глубокой печати. В цифровых технологиях для печати текстов и документации на струйных и лазерных принтерах используется офисная бумага, свойства которой недостаточно изучены<sup>2</sup>.

Основными показателями офисной бумаги согласно техническим условиям являются белизна и толщина, но эти свойства – не единственное, на что стоит обращать внимание.

Для оценки равномерности просвета офисной бумаги с помощью экспертного метода была создана экспертная комиссия из квалифицированных специалистов в полиграфической области. Число экспертов, входящих в группу, зависело от требуемой точности средних оценок, трудоемкости оценочных процедур, – 11 специалистов.

Для получения достаточно точных результатов были приняты меры по уменьшению субъективности, присущей экспертному методу. С этой целью было проведено три тура опроса.

Эксперты могут выражать свое мнение не только непосредственным измерением весовых коэффициентов, но и в форме ранжирования объектов.

Ранжирование заключается в расстановке объектов измерения или показателей качества в порядке их предпочтения, важности или весомости. Место, занятое при такой расстановке, называется рангом. Чем выше ранг, тем предпочтительнее объект, весомее, важнее показатель.

Объектом исследования были по 3 образца офисной бумаги массой 80 г/м<sup>2</sup>, выпускаемой разными производителями: класс А марки «Навигатор», «Элита», «Балет», класс В марки «IQ» и класс С марки «IQ» и «Снегурочка».

Для фиксирования облачности были получены фотоснимки бумаги на просвет, после чего оцифрованы и подготовлены для изучения экспертами.

Эксперты в три этапа расставили исследуемые образцы офисной бумаги в порядке предпочтения, причем образец с худшим просветом получал ранг, равный 1, с наилучшим – 6.

Степень согласованности экспертов оценивается коэффициентом конкордации. Коэффициент конкордации рассчитывается по результатам самостоятельной работы экспертов по приведенному ниже алгоритму. Полученные ранги по каждому объекту в первом туре заносятся в итоговую таблицу 1.

Таблица 1. – Значения первого тура

№ образца <i>m</i>	Эксперты, <i>n</i>											Сумма рангов	Среднее значение $\sum_{cp}$	Отклонение от среднего $\Delta$	Квадраты отклонения $\Delta^2$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	6	6	6	5	6	6	5	6	4	5	6	61	35,5	25,5	650,25
2	5	5	5	3	4	5	4	4	3	3	5	46		10,5	110,25
3	3	3	4	3	3	4	3	5	2	4	4	38		2,5	6,25
4	4	1	3	2	5	2	3	1	1	2	1	25		-10,5	110,25
5	2	4	2	2	2	3	2	3	2	2	3	27		-8,5	72,25
6	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	16		-19,5	380,25
Сумма	21	21	21	16	21	21	18	21	14	18	21	213		$S = 1329,5$	

Далее необходимо:

1. Определить сумму рангов (найти  $\sum$  значений) по каждому эксперту.
2. Определить среднее арифметическое значение суммы рангов для каждого образца

$$\frac{\sum 1 + \sum 2 + \sum 3 + \sum 4 + \sum 5 + \sum 6}{6},$$

где 6 – количество образцов изделия в экспертной группе.

3. Определить отклонение от среднего значения

$$\Delta = \sum \text{рангов} - \text{сред.}$$

где  $\Delta$  – отклонение.

4. Определить квадраты отклонений (возвести отклонение в квадрат).
5. Найти коэффициент конкордации по формуле

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

<sup>2</sup> Марченко И.В., Зильберглейт М.А., Камлюк Т.В. Оценка впитывающей способности офисных бумаг // Принттехнологии и медиакommunikации: материалы 86-й науч.-техн. конф. / Минск (31 янв. – 12 февр. 2022 г.). – Минск: БГТУ, 2022. – С. 21–23.

где  $S$  – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;  
 $n$  – число экспертов;  
 $m$  – число объектов экспертизы.

$$W = \frac{12 \cdot 1329,5}{11^2 (6^3 - 6)} = \frac{15\,954}{25\,410} = 0,63.$$

Коэффициент конкордации изменяется в диапазоне  $0 < W < 1$ , где 0 – полная несогласованность между экспертами; 1 – полная согласованность. Принято считать, что согласованность удовлетворительна при  $W = 0,5-0,7$ ; хорошая при  $W > 0,7$ ; неудовлетворительна при значениях  $W < 0,5$ .

Значение коэффициента конкордации 0,63, значит, степень согласованности экспертов можно считать удовлетворительной.

По результатам экспертного опроса (см. таблицу 1) лучший просвет имеют образцы № 1, удовлетворительный – № 2. Остальные образцы признаны неудовлетворительными по качеству просвета (№№ 3, 4, 5, 6).

Для наглядности результатов исследования можно построить диаграмму сумм рангов (рисунок 1), по оси абсцисс которой будет перечень офисной бумаги, а по оси ординат сумма рангов, выставленных экспертами.

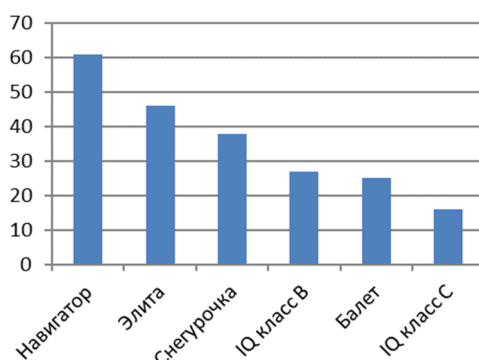


Рисунок 1. – Диаграмма сумм рангов по каждому виду бумаги, предложенному экспертам для анализа в первом туре

Основание ранжирования – это то свойство, по которому объекты упорядочиваются. В результате упорядочения получаем ранжированный ряд. В нем каждому объекту приписывается ранг – место в этом ряду. Число мест и, соответственно, число рангов равно числу объектов. На этапе ранжирования бумаги с наиболее равномерным просветом получили наибольший, в числовом выражении, ранг. В диаграмме они будут отражены более высокими столбцами: «Навигатор», «Элита», «Снегурочка».

Второй тур проводится аналогично первому, вне зависимости от значения коэффициента конкордации (таблица 2).

Таблица 2. – Значения второго тура

№ образца $m$	Эксперты, $n$											Сумма рангов	Среднее значение $\Sigma_{cp}$	Отклонение от среднего $\Delta$	Квадранты отклонения $\Delta^2$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	4	2	5	5	4	5	3	4	5	5	5	47	38,5	8,5	72,25
2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	65		26,5	702,25
3	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	14		-24,5	600,25
4	5	5	4	4	5	2	5	5	4	4	4	47		8,5	72,25
5	3	4	2	2	2	1	2	3	2	3	3	27		-11,5	132,25
6	2	3	3	3	3	4	3	2	3	3	2	31		-7,5	56,25
Сумма	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	231		$S = 1635,5$	

$$W = \frac{12 \cdot 1635,5}{11^2 (6^3 - 6)} = \frac{19\,626}{25\,410} = 0,77.$$

Значение коэффициента конкордации 0,77, значит, степень согласованности экспертов можно считать достаточно высокой.

Расчет коэффициента конкордации подтвердил согласованность мнений экспертов. По результатам экспертного опроса (см. таблицу 2) лучший просвет имеют образцы № 2, удовлетворительный – № 1 № 4. Остальные образцы признаны неудовлетворительными по качеству просвета (№№ 3, 5, 6, причем самый низкий ранг у образца № 3).

Для наглядности результатов второго тура исследования строим диаграмму сумм рангов (рисунок 2).

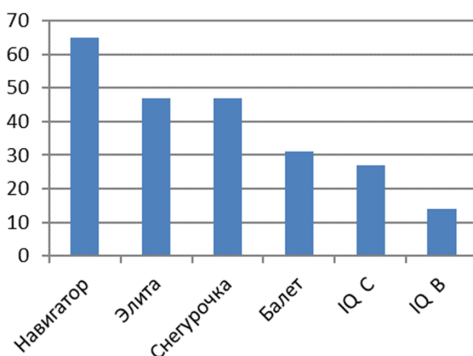


Рисунок 2. – Диаграмма сумм рангов по каждому виду бумаги, предложенному экспертам для анализа во втором туре

Второй тур проводится аналогично первому (таблица 3). В каждом туре номера образцов менялись для получения более точных и правильных результатов.

Таблица 3. – Значения третьего тура

№ образца <i>m</i>	Эксперты, <i>n</i>											Сумма рангов	Среднее значение $\Sigma_{cp}$	Отклонение от среднего $\Delta$	Квадранты отклонения $\Delta^2$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
1	2	2	1	2	4	2	2	3	3	1	4	26	38,5	-12,5	156,25
2	3	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	21		-17,5	306,25
3	4	5	5	4	3	3	5	5	5	5	1	45		6,5	42,25
4	1	1	2	3	2	5	3	1	1	3	3	25		-13,5	182,25
5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	48		9,5	90,25
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	66		27,5	756,25
Сумма	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	231		$S = 1533,5$	

$$W = \frac{12 \cdot 1533,5}{11^2 (6^3 - 6)} = \frac{18\ 402}{25\ 410} = 0,72.$$

Значение коэффициента конкордации 0,72, значит, степень согласованности экспертов можно считать достаточно высокой.

Расчет коэффициента конкордации подтвердил согласованность мнений экспертов. По результатам экспертного опроса (см. таблицу 3) лучший просвет имеют образцы № 6, удовлетворительный – № 3 и № 5. Остальные образцы признаны неудовлетворительными по качеству просвета (№№ 1, 2, 4, причем самый низкий ранг у образца № 2).

Для наглядности результатов исследования можно построить диаграмму сумм рангов (рисунок 3).

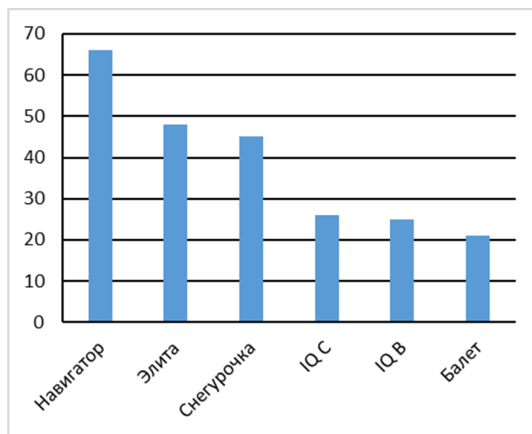


Рисунок 3. – Диаграмма сумм рангов по каждому виду бумаги, предложенному экспертам для анализа в третьем туре

Таким образом, при определении просвета офисной бумаги экспертным методом после расчета коэффициента конкордации была подтверждена согласованность мнений экспертов.

**Заключение.** Анализируя результаты проведенных исследований методом экспертного опроса по гистограммам можно увидеть, что однозначно лучший просвет имеет образец офисной бумаги класса А «Навигатор», удовлетворительный – «Элита» класса А и «Снегурочка» класса С. Остальные образцы признаны неудовлетворительными по качеству просвета: «Балет» класса А, «IQ» класса В и «IQ» класса С

Как уже не раз отмечалось, бумага марки «Снегурочка», несмотря на формальное отношение к классу бумаг С, мало чем уступает по качеству бумаге класса А, а в некоторых случаях даже превосходит некоторые из них.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фляtte Д.М. Свойства бумаги. – М.: Лес. пром-сть, 1970. – С. 186–230.
2. Управление качеством: учеб. / С.А. Зайцев, И.Е. Парфеньева, О.Ф. Вячеславова и др. – Новосибирск: СибАК, 2016. – 468 с.

#### REFERENCES

1. Flyatte, D.M. (1970). *Svoistva bumagi*. Moscow: Lesnaya promyshlennost'. (In Russ.)
2. Zaitsev, S.A., Parfen'eva, I.E., Vyacheslavova, O.F., Blinkova, E.S. & Lartseva, T.A. (2016). *Upravlenie kachestvom*. Novosibirsk: SibAK. (In Russ.)

Поступила 12.06.2023

### DETERMINATION OF PAPER LUMEN UNIFORMITY DIFFERENT CLASSES

**M. ZILBERGLEIT, I. MARCHENKO,**  
(Belarusian State Technological University, Minsk)

*In this paper, a study was made of the uniformity of the clearance of office papers of various classes and brands. The need for a detailed study of the structure of office paper is caused by a large number of defects that occur during the printing process. To obtain high-quality images at high and medium speeds of equipment and at minimal cost, it is necessary to know the structural properties of paper and be able to control them.*

*Evaluation, study and characterization of the factors that are believed to influence the interaction between inkjet ink and the surface of office paper can be performed using the method of expert judgment. The article describes an expert method for determining the gap, based on the organoleptic perception of the paper gap by a group of people. In the process of work, paper samples with the best lumen performance were identified. The results obtained in the work can be applied in the practice of printing houses for the correct choice of material for printing. This method of assessing the level of paper quality allows the company to quickly respond to problems associated with printing and further processing of printed products.*

**Keywords:** office paper, lumen uniformity, expert method, paper microstructure, concordance coefficient.