Зильберглейт М. А., профессор; Барташевич С. А., доцент; Тылецкая М. А., аспирант

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФЛЕКСОГРАФСКОЙ ПЕЧАТИ МЕТОДАМИ АПРИОРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

During given to work 23 defects of printing of the flexographic process of reproduction have been revealed. Further these defects of flexographic printing have been quantitatively estimated by methods of aprioristic modelling. Experts classified on the importance defects flexographic printing. Results of expert interrogation have been processed by a method rank correlations. Defects of a printing have been classified by means of search resources on the Internet. Then presence of connection between the data received from different search systems has been revealed. As a result of work revealing the most significant defects flexographic printing has been made by two variants of a method of pair comparisons. As a result of the analysis of defects printing four most significant defects have been certain. The received results can be used for development of algorithms management of quality finished goods.

Введение. Вопросы теоретического исследования и экспериментального изучения флексографского репродукционного процесса посвящено заметное количество публикаций, семинаров и конференций. Среди множества результатов и методик оценки качества флексографского репродукции в настоящее время отсутствуют общепринятые решения и методики по контролю качества флексографской продукции. Существующие технические инструкции технологических процессов имеют, как правило, общий описательно-рекомендательный характер.

Флексографский способ печати – сложный многопараметрический процесс, зависящий во многом от качества настройки технологической цепочки, методов контроля и оборудования [1].

В производстве задача настройки флексографского технологического процесса и контроля качества готовой продукции решается на основе субъективных методов и оценок, опыта работы сотрудников предприятия. Поэтому разработка методов оценки качества флексографских оттисков, разработка алгоритмов управления технологическими параметрами для повышения эффективности технологического процесса и достижения требуемого качества готовой продукции является весьма актуальной.

Целью настоящей работы является выявление наиболее значимых дефектов флексографского процесса, их ранжирование с использованием различных методов обработки априорной информации.

Основная часть. В работе использовались: традиционное ранжирование, метод парных сравнений (различные методы обработки), обработка данных из Интернета.

В приведенном исследовании рассматривался процесс печати и соответственно дефекты, которые возникают непосредственно в результате работы печатной машины. Считая, что допечатная подготовка изображения проведена оптимально с учетом флексографского способа печати мы полагаем, что дефекты связанные с качеством готовой продукции определяются

дефектами, вызванными работой печатного оборудования.

Для решения поставленной задачи был проведен анализ литературных источников, связанных с оценкой дефектов флексографского процесса репродукции. В результате проделанного поиска литературных данных, опыта технологий флексографских предприятий были выявлены следующие 23 дефекта: растискивание, муар, несоответствие нормам оптической плотности, неправильная цветопередача, марашки, неправильный краскоперенос, нарушение баланса по серому, неприводка, потери в светах, малоконтрастное изображение, полошение, разнооттеночность, загрязнение оттиска, затекание краской растровых элементов, потери в тенях, непропечатка мелких элементов, потери в полутонах, неравномерность наката краски, пятнистость плашки, затекание краской выворотки, непропечатка по всему диапазону градаций, перетискивание, биение валов, смазывание, проскальзывание.

Составленный список дефектов был предложен специалистам в области флексографской печати для ранжирования и определения наиболее значимых дефектов флексографской печати. В роли специалистов выступали главные технологи, инженеры-технологи, инженеры по качеству флексографских предприятий города Минска. Все эксперты имеют высшее образование и стаж работы не менее 5 лет.

Экспертные оценки отражают опыт, интуицию, и знания специалистов относительно исследуемого объекта и, несмотря на их субъективность, содержат полезную объективную информацию. Под априорным моделированием мы будем здесь понимать методы выявления, формализации и обработки неявной, качественной, субъективной информации, которая может содержаться в мнениях и высказываниях людей.

Данные полученные после экспертного опроса, обрабатывались с помощью метода ранговой корреляции. Степень согласованности мнений экспертов оценивалась с помощью ко-

эфициента конкордации Кендалла, который рассчитывался по формуле [2]:

$$W = \frac{12s}{m^2(n^3 - n) - b},$$

где m – число экспертов,
 n – количество оцениваемых дефектов,
 Величины s и b вычисляются по формулам:

$$s = \sum_{j=1}^n \left\{ \sum_{i=1}^m u_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right\}^2,$$

$$b = m \sum_{i=1}^m T_i,$$

где T_i рассчитывается по формуле [2]:

$$T_i = \sum_{t_j} (t_j^3 - t_j),$$

где t_j – число повторений j -го числа в i -ой строке.

Оценка значимости коэффициента конкордации ($W = 0,53$) проводилась по критерию Пирсона χ^2 [2]:

$$\chi^2 = m \cdot (n-1) \cdot W.$$

Для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и для степеней свободы $\varphi = n-1$ из таблицы χ^2 -распределения $\chi^2_{кр} = 36,42$. Так как $\chi^2 > \chi^2_{кр}$ ($152,35 > 36,42$), то между ранжировками специалистов существует согласованность.

Суть эксперимента по обработке данных из Интернета заключается в следующем: были выбраны наиболее используемые «поисковики» Google, Mail.ru и Rambler, в которых по очереди был осуществлен поиск по схеме «полиграфия» - «качество»- «дефекты». Далее для каждого «поисковика» вычислялось общее количество упоминаний дефектов и доля упоминания каждого дефекта по отношению к общему упоминанию всех дефектов.

Кроме того, в данном исследовании использовался метод анализа литературных источников, который заключался в следующем. В первых десяти статьях, отобранных по релевантному поиску, рассчитывалось отношение количество слов с выбранными дефектами к общему числу слов в рассматриваемой статье.

Полученные результаты экспериментов приведены в таблице «Анализ литературных источников» (табл. 1).

Затем производилась ранжирование полученных данных, а также соответствующие расчеты ранговой корреляции.

Оценка значимости коэффициента конкордации ($W = 0,8$) проводилась по критерию Пирсона χ^2 . Для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и для степеней свободы $\varphi = n-1$ из таблицы χ^2 -распределения $\chi^2_{кр} = 36,42$. Так как $\chi^2 > \chi^2_{кр}$

($134,4 > 36,42$), то опросу в Интернете можно доверять.

Для оценки степени связи поиска между разными поисковыми системами были использованы коэффициенты ранговой корреляции Спирмена и Кендалла.

Выборочный коэффициент ранговой корреляции Спирмена рассчитывали по формуле [3]:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)},$$

где $d_i^2 = (X - Y)^2$ — квадраты разностей рангов связанных величин.

Для оценки достоверности коэффициента ранговой корреляции Спирмена были использованы специальные таблицы, в которых представлены необходимые значения коэффициента корреляции при различных уровнях значимости и разном числе степеней свободы ($\varphi = n - 2$).

Выборочный коэффициент ранговой корреляции Кендалла рассчитывали по формуле [4]:

$$\tau = \left[\frac{4 \cdot \sum S_i}{n \cdot (n-1)} \right] - 1.$$

Для проверки значимости коэффициента Кендалла используют так называемую критическую точку $T_{кр}$ [5].

$$T_{кр} = z_{кр} \sqrt{\frac{2(2n+5)}{9n(n-1)}},$$

где n – объем выборки;

$z_{кр}$ – критическая точка двухсторонней критической области, которую находят по таблице функций Лапласа по равенству:

$$\Phi(z_{кр}) = (1 - \alpha) / 2.$$

Если $|\tau| > T_{кр}$ – между качественными признаками существует значимая ранговая корреляционная связь.

Для всех пар сравнения поисковых систем при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$ коэффициенты ранговой корреляции Спирмена и Кендалла были выше критического значения. Это означает, что эти коэффициенты можно считать значимыми и говорить о связи между результатами поиска в различных поисковых системах.

После сопоставления полученных результатов методами экспертного опроса и опроса в Интернете были выявлены восемь наиболее значимых дефектов флексографской печати: муар, неправильная цветопередача, несоответствие нормам оптической плотности, растискивание, неприводка, малоконтрастное изобра-

Анализ литературных источников

Дефекты	Общее кол-во слов	Кол-во дефектов	Вес дефекта
Растискивание	13533	216	0,0160
Муар	10427	158	0,0125
Несоответствие нормам оптической плотности	12161	59	0,0049
Неправильная цветопередача	15572	65	0,0042
Марашки	5424	23	0,0042
Неправильный краскоперенос	8492	27	0,0032
Нарушение баланса по серому	12826	35	0,0027
Неприводка	7024	17	0,0024
Потери в светах	7272	17	0,0023
Малоконтрастное изображение	11508	27	0,0023
Полошение	6426	14	0,0022
Разнооттеночность	13302	25	0,0019
Загрязнение оттиска	7443	14	0,0019
Затекание краской растровых элементов	8436	14	0,0017
Потери в тенях	8573	15	0,0017
Непропечатка мелких элементов	8680	13	0,0015
Потери в полутонах	9428	13	0,0014
Неравномерность наката краски	7268	10	0,0014
Пятнистость плашки	8343	12	0,0014
Затекание краской выворотки	10145	13	0,0013
Непропечатка по всему диапазону градаций	10005	12	0,0012
Перетискивание	11226	14	0,0012
Биение валов	9154	10	0,0011
Смазывание	18409	19	0,0010
Проскальзование	9563	6	0,001

жение, нарушение баланса по серому, неправильный краскоперенос.

Для полученных восьми дефектов было проведено ранжирование методом парных сравнений, т.е. эксперты попарно оценивают предложенные дефекты в соответствии с целевой установкой. Экспертный опрос проводился на полиграфических предприятиях, число экспертов составило 43 человека, что обеспечивает уровень значимости 0,05 [5].

Степень согласованности мнений экспертов оценивается с помощью коэффициента, который рассчитывается по формуле [6]:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{m \cdot n \cdot (m-1) \cdot (n-1)},$$

где m – число экспертов,

n – количество вариантов.

Величина Q вычисляется по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n (b_{ij})^2 - m \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n b_{ij} + \frac{n \cdot (n-1)}{2} \cdot \frac{m \cdot (m-1)}{2}$$

Для оценки значимости коэффициента V использовался χ^2 -критерий Пирсона [6]:

$$\chi^2 = \frac{4}{m-2} \cdot \left\{ Q - \frac{1}{2} \cdot \frac{n \cdot (n-1)}{2} \cdot \frac{m \cdot (m-1)}{2} \cdot \frac{m-3}{m-2} \right\}$$

Коэффициент согласия считается значимым, если рассчитанная величина χ^2 превосходит критическое значение $\chi^2_{кр}$, определяемое при выбранном уровне значимости α и числестепеней свободы φ по соответствующей таблице χ^2 -распределение.

$$\varphi = \frac{n \cdot (n-1)}{2} \cdot \frac{m \cdot (m-1)}{(m-2)^2}.$$

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ получилось $\chi^2 > \chi^2_{кр}$ ($328,424 > 43,773$). То можно считать, что коэффициент согласия $V = 0,62$ значительно отличается от нуля и гипотеза о наличии неслучайного согласия между экспертами относительно полученной суммарной ранжировки принимается.

Результатом метода парных сравнений является следующее ранжирование дефектов:

1. Неправильная цветопередача,
2. Растискивание,
3. Неприводка,
4. Муар,
5. Малоконтрастное изображение,
6. Несоответствие нормам оптической плотности,

Результаты методов парных сравнений

Дефекты печати	Вариант с использованием таблицы Шеппарда	Стандартный вариант метода парных сравнений
Неправильная цветопередача	0,160	0,174
Растискивание	0,159	0,171
Неприводка	0,158	0,169
Малоконтрастное изображение	0,136	0,135
Муар	0,128	0,137
Нарушение баланса по серому	0,106	0,054
Несоответствие нормам оптической плотности	0,091	0,096
Неправильный краскоперенос	0,061	0,063

7. Неправильный краскоперенос,

8. Нарушение баланса по серому.

В данном случае $V = 0,62$.

Результаты парного сравнения были обработаны достаточно сложным вариантом метода парных сравнений, который предусматривает использование статистической таблицы Шеппарда, которая связывает следующие величины [7, 8]:

$$G(Z_{ij}) = P_{ij} = \int_{-\infty}^{Z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

Полученный результат приведен ниже:

1. Неправильная цветопередача,

2. Растискивание,

3. Неприводка,

4. Малоконтрастное изображение,

5. Муар,

6. Нарушение баланса по серому,

7. Несоответствие нормам оптической плотности,

8. Неправильный краскоперенос.

Как видно данные полученные при ранжировании двумя вариантами метода парных сравнений являются близкими (табл. 2), значит можно утверждать о правильности проведенного исследования и достоверности полученных данных.

Заключение. Таким образом, в ходе работы, используя различные методы предварительной обработки информации (ранжирование, метод парных сравнений, обработка данных полученных из Интернета) были выявлены четыре наиболее значимых дефекта флексографской печати: неправильная цветопередача, растискивание, неприводка и потеря контраста изображения, а также оценены весовые коэффициенты каждого из дефектов.

Полученные результаты могут быть использованы для получения методов оценки качества флексографских оттисков, а также разработки алгоритмов управления технологическими параметрами, применяемыми для повышения эффективности флексографического печатного

процесса и достижения требуемого качества готовой флексографской продукции.

Литература

1. Дреер, М. Печатные процессы. Начало электронных допечатных технологий во флексографии / М. Дреер. — М.: МГУП, 2000. — 378 с.

2. Моделирование технологических процессов: лаб. практикум для студентов специальности 1-47 02 01 «Технология полиграфических производств» / Т. А. Долгова, Т. В. Анкуд. — Минск: БГТУ, 2005. — 58 с.

3. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. — Минск: «Вышэйшая школа», 1973. — 320 с.

4. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман — М.: Высшая школа, 1997. — 480 с.

5. Райхман, Э. П. Экспертные методы в оценке качества товаров / Э. П. Райхман, Г. Г. Азгальдов. — М.: Экономика, 1974. — 152 с.

6. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шеффер; под ред. Э. К. Лецкого. — М.: Мир, 1977. — 425 с.

7. Зильберглейт, М. А. Методика и техника подготовки курсовых и дипломных работ / М. А. Зильберглейт, Л. И. Петрова. — Минск: Беларуская навука, 2003. — 320 с.

8. Митропольский, А. К. Интеграл вероятностей / А. К. Митропольский. — СПб.: Издательство ленинградского университета, 1972. — 88 с.