

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОНЛАЙН-КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

В представленной работе рассматриваются математические уравнения для моделирования печатного процесса. Полиграфическое производство включает в себя допечатный, печатный и послепечатный процессы изготовления полиграфической продукции. На каждом этапе изготовления требуется контроль параметров качества в соответствии со стандартами. Контроль качества является составляющей информационной системы печатного процесса, представленной в работе [1]. Недостаточный уровень контроля качества может привести к отправке всего тиража в отходы, что является следствием появления прямых и косвенных затрат. В качестве параметра контроля воспроизведения изображения в соответствии со стандартами используется критерий изменения площади растрового элемента на запечатываемой поверхности.

В результате различных исследований и развития технологий, в том числе оптических и спектрофотометрических систем, появилось понятие оптического и механического растискивания, где оптическое растискивание является результатом уменьшения плотности точки по краям из-за резкого снижения плотности внутри точки, а механическое растискивание — увеличение ее размера вследствие механического воздействия. Для контроля оптического растискивания используют такие контрольно-измерительные устройства как денситометры и спектрофотометры. Для контроля механического растискивания существует необходимость разработки математической модели.

Целью работы является разработка математической модели процесса онлайн-контроля качества полиграфической продукции на основе определения изменения размеров растровых печатных элементов в процессе печати.

Для достижения поставленной цели было разработано программное средство, позволяющее определять линейные размеры печатных элементов на печатной форме и печатной отписке. При использовании программного средства можно получить совокупность значений линейных размеров штриховых элементов в вертикальном и горизонтальном направлении. На протяжении печати тиража размеры штриховых элементов могут изменяться в зависимости от таких техно-

логических факторов, как давление печати, подачи печатной краски и износостойкости печатных элементов. Математическое моделирование печатного процесса заключается в получении модели сравнения размеров элементов на печатном оттиске с элементами на печатной форме, что способствует учитывать влияние всех технологических факторов, а не по отдельности. Результатом математического моделирования должна быть функция, которая позволяет спрогнозировать ухудшение качества печати и выявить какие факторы смогли на это повлиять. Для этого необходимо использовать совокупность уравнений, описывающих отклонение размеров элементов на оттиске от размеров на печатной форме.

Стандартным значением принимается размер элементов на печатной форме и обозначается как L_f . Вычисляется разница между размером на оттиске L_T и на печатной форме L_f в зависимости от тиража следующим образом:

$$\Delta L_i = L_{Ti} - L_f \quad (1)$$

где L_{Ti} – значение размера элемента на i -ом тираже.

Полученные значения суммируются и определяется среднее значение:

$$\overline{\Delta L} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta L_i}{n} \quad (2)$$

где n — количество исследуемых оттисков.

Далее необходимо определить среднее квадратичное S отклонение, чтобы скорректировать полученные данные.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta L_i - \overline{\Delta L})^2}{n} \quad (3)$$

После этого необходимо подобрать аппроксимирующую функцию, которая наиболее точно позволит спрогнозировать отклонения, которые смогут быть в процессе печати. Для этого можно использовать следующую формулу.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - f(T_i))^2}{\sum_{i=1}^n (S_i - \overline{S_i})^2} \quad (4)$$

где $f(T_i)$ – функция аппроксимации для i -го тиража, R^2 – коэффициент детерминации, T – тираж.

Чем выше значение R^2 и ближе к 1, тем лучше подобрана функция $f(T)$ и данные эксперимента находятся на линии графика аппроксимирующей функции.

Следует отметить, что при использовании программного средства получаем множество точек, каждая из которых соответствует своему размеру, если необходимо выполнить случайную выборку нескольких точек, в которых размеры отличаются, то тогда необходимо учитывать это следующим образом.

$$\overline{S_j} = \frac{\sum_{j=1}^m S_j}{m} \quad (5)$$

где S_j – среднеквадратичное отклонение в j -ой точке, m – количество выбранных точек.

Формула (4) подходит для анализа изменений в одной точке. Учитывая выражение (5) и подставив его в (4), то получится соотношение учитывающее локальные изменения в нескольких местах.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (S_{ji} - f(T_i))^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (S_{ji} - \overline{S_{ji}})^2} \quad (6)$$

Таким образом, выражения (1)-(6) являются составляющими математической модели процесса онлайн анализа качества полиграфической продукции на основе получаемых данных с помощью разработанного программного средства. Эта модель позволит подобрать наиболее подходящую функцию $f(T)$, которая позволит спрогнозировать ухудшение качества полиграфической продукции и применить методы по устранению появления бракованной продукции.

Также можно будет учитывать износ печатной формы, который приводит к ухудшению качества печатных оттисков, и своевременно устранить появление дефектов путем замены печатной формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барковский Е. В., Урбанович П. П. Моделирование информационной системы полиграфического производства в условиях износа поверхности материалов печатного контакта // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. 2024. № 1 (278). С. 52–57.