

На правах рукописи

Шефер Елена Александровна



**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА ДОПЕЧАТНОЙ СТАДИИ**

Специальность 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы
(текстильная и легкая промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2018 г.

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна».

Научный руководитель: **Марковец Алексей Владимирович**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», заведующий кафедрой машиноведения, доцент.

Официальные оппоненты: **Новиков Александр Николаевич**, доктор технических наук, профессор кафедры информационных технологий и компьютерного дизайна, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», доцент.

Литунов Сергей Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой оборудования и технологии полиграфического производства, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», доцент.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого».

Защита состоится 5 июня 2018 года в 12⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д.212.236.06 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» по адресу: 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18, ауд. № 241.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», www.sutd.ru.

Автореферат разослан « _____ » _____ 2018 года

Ученый секретарь
диссертационного совета



Васильева
Елизавета Константиновна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одним из направлений развития полиграфической отрасли является повышение эффективности использования технологического оборудования, уменьшение трудовых и материальных затрат, снижение уровня технологических отходов. К определяющим этапам процесса изготовления печатной продукции относятся допечатная подготовка и печатный процесс. Производство печатной продукции осуществляется на автоматизированном полиграфическом оборудовании, которое управляется электронными контроллерами, имеет программное обеспечение и встроенные подсистемы оперативного контроля. В зависимости от конструкции производительность печатных машин составляет от 15 000 до 100 000 оттисков/час.

Для воспроизведения градаций тона в полиграфии применяется автотипный принцип, оригиналом для которого является цифровой файл, получаемый в программной среде, сканированием, цифровой съемкой и т.п. Подготовленный для печати файл поступает в RIP (Raster Image Processor), где выполняется процедура бинаризации, т.е. производится замена многоуровневого цифрового сигнала двухуровневым (в терминах полиграфии эта процедура называется растриванием). Процедура допечатной подготовки, как правило, включает операцию изготовления печатных форм, которые затем применяются в качестве инструмента на печатных машинах различной конструкции. Качество получаемых оттисков определяется правильным и устойчивым воспроизведением цвета и зависит от множества факторов, наиболее важным из которых является растискивание растровых точек. Важно обеспечить низкий и стабильный показатель растискивания.

На этапе печати существенное влияние на растискивание оказывает состояние полиграфического оборудования. Методика и инструменты предварительного определения и установки оптимального значения растискивания, учитывающие состояние печатной машины практически отсутствуют. Как правило, в целях минимизации растискивания используется метод последовательных настроек механизмов и устройств печатной машины, что требует значительных затрат. Одним из наиболее эффективных методов повышения производительности печати и снижения технологических потерь в полиграфии является метод «предугадывания» растискивания растровых точек на допечатной стадии. Исходя из сказанного, тема диссертационной работы является важной и актуальной.

Целью настоящей работы является разработка математического, алгоритмического и программного обеспечения для улучшения качества печатной продукции путем снижения и стабилизация величины растискивания на офсетных печатных машинах.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

- определить устройства и механизмы полиграфического оборудования, приводящие к появлению растискивания;
- провести анализ процесса формирования растровой точки при печати на основе теории преобразования двумерного сигнала;

- формализовать процесс переработки информации при печати с использованием математических методов обработки сигналов;
- обосновать методику бинаризации сигналов при исследовании процесса формирования растровой точки;
- провести анализ математических моделей приемников бинарных сигналов с учетом особенностей зрительного восприятия;
- провести исследование качественных показателей методов бинаризации;
- разработать модель растискивания растровой точки и исследовать влияние методов бинаризации на минимизацию и устойчивость процесса растискивания.

Методология и методы исследования. В теоретических исследованиях использовались теория линейных метрических пространств, цифровое представление изображения как двумерного сигнала, общая теория сигналов, гармонический анализ сигналов.

Научная новизна работы состоит в том, что:

- предложена модель растискивания печатных элементов с использованием методов бинаризации двумерных сигналов, разработано соответствующее математическое, алгоритмическое обеспечение, позволяющее анализировать параметры растискивания на допечатной стадии;
- предложена математическая модель приемника бинарного сигнала, которая учитывает параметры зрительного восприятия печатной продукции;
- предложена методика оценки бинаризации одномерных и двумерных сигналов, выполнен анализ существующих методов бинаризации;
- выполнен сравнительный анализ одномерных и двумерных сигналов; показано, что бинаризация сигнала применительно к процессу растривания изображения не зависит от его размерности.

Практическая значимость результатов работы. Разработанное математическое, алгоритмическое и программное обеспечение доведено до практической реализации в виде программного комплекса, позволяющего получать матрицу коэффициентов растискивания, которая дает возможность вносить «предсказывающие изменения» в компьютерный образ оттиска. При этом имеется возможность учитывать дефекты печатных цилиндров. Полученные результаты позволяют сократить объем наладочных работ при подготовке тиража на офсетных печатных машинах, а также могут быть использованы и для совершенствования других способов печати. Программный продукт, предназначенный для проведения исследования устойчивости методов растривания к растискиванию, зарегистрирован Федеральной службой по интеллектуальной собственности (свидетельство о регистрации № 2015617049 от 29.06.2015).

Материалы диссертации переданы в филиал «Санкт-Петербургский газетный комплекс» АО «Первая Образцовая типография», в ООО «Многопрофильная Санкт-Петербургская Типография» и используются в учебном процессе Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна на кафедре Информационных и управляющих систем при чтении лекций, проведении практических и лабораторных занятий по дисциплине

«Цифровая обработка изображений», в курсовом и дипломном проектировании при подготовке бакалавров по направлениям подготовки 15.03.02 – Технологические машины и оборудование (профиль «Полиграфические машины и автоматизированные комплексы», 09.03.02 – Информационные системы и технологии (профиль «Информационные технологии в медиаиндустрии»).

Апробация результатов работы. Основные положения диссертации представлены в виде докладов на международных конференциях и семинарах. Практическая значимость подтверждена актами апробации в филиале «Санкт-Петербургский газетный комплекс» АО «Первая Образцовая типография» и в ООО «Многопрофильная Санкт-Петербургская Типография», а также свидетельством о регистрации программы для ЭВМ.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 10 научных работах, в том числе 5 статей в журналах, входящих в «Перечень ...» ВАК РФ, 4 тезисов докладов, 1 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников и приложений. Общий объем работы составляет 120 стр. машинописного текста, 79 рисунков, 3 приложений. Список литературы включает 55 источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении приведено обоснование актуальности темы работы, сформулированы цели и задачи исследования, определена научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе выполнен анализ литературных источников, в ходе которого определены узлы и кинематические цепи полиграфического оборудования, влияющие на изменение размеров растровой точки. Для этого проведен анализ процесса растискивания, причин его появления, факторов, влияющих на величину растискивания, а также некоторых традиционных методов компенсации растискивания, их достоинств и недостатков. Стадии технологического процесса производства печатной продукции, методы растривания, проблемы оценки качества печатных оттисков рассматриваются в работах Кузнецова Ю.В., Самарина Ю.Н., Дроздова В.Н., Киппхана Г., Лоу Д. и др. Причины механического растискивания, определяемые печатным оборудованием и условиями печати, целесообразно детализировать по следующим факторам: давление между механическими парами в процессе печати; различие линейных скоростей офсетных цилиндров в рулонных машинах, различие диаметров офсетных и печатных цилиндров в листовых машинах.

В производственных условиях, как правило, для получения качественного оттиска выполняется пробная печать, затем измеряется оптическая плотность образца и строится компенсационная кривая. Далее, при необходимости, производится приладка оборудования. Процесс пробной печати и приладки оборудования требует затрат времени и расходных материалов. Целесообразнее вносить изменения в компьютерный образ печатного оттиска до того, как будет выполнен процесс растривания. Для этого изображение рассматривается как дву-

мерный сигнал. Учитывая тот факт, что для печати градаций тона используется только одна краска, процесс растривания заключается в замене многоуровневого сигнала (изображение в градациях серого) двухуровневым, т.е. бинаризации. Общая теория сигналов достаточно хорошо освещена в трудах Фурмана Я.А., Ярославского Л.П., Френкса Л., Хемминга Р.В. Методы обработки изображений рассмотрены в работах Сойфера В.А., Потапова А.А., Гонсалеса Р., Прэтта У., Форсайта Д., Лоу Д.Л. и др. авторов.

Для построения модели бинаризации предлагается формализовать процесс обработки информации при печати (рис. 1), что позволяет реализовать управление объектами с бинарным входом, независимо от физической природы и размерности обрабатываемого сигнала. При вводе в компьютер сигнал $g(x)$ преобразуется в цифровую форму, при этом каждому из дискретных значений яркости ставится в соответствие двоичное число, чем и достигается возможность ввода изображения в память компьютера.

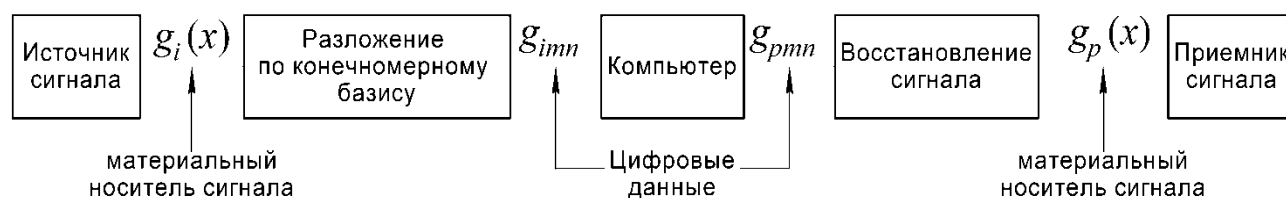


Рисунок 1 – Схема формализованного процесса обработки информации

Поскольку, в конечном счете, качество отпечатанной продукции оценивается человеком, то при постановке задачи исследования необходимо принять во внимание модель зрительной системы человека. Зрительный образ создается, когда мы рассматриваем изображение, облучаемое потоком электромагнитного излучения $\Phi(x)$, мощность которого постоянна для $\forall x \in X$, где X – область задания изображения, а x – двумерный вектор $x^T = [x_1 \ x_2]$. Интенсивность светового потока является скалярной функцией векторного аргумента. Множество непрерывных функций $\Phi(x)$ образует линейное бесконечномерное пространство, каждая функция этого множества является вектором. Функция $\Phi(x)$ может быть разложена по векторам некоторого базиса,

$$\Phi(x) = g_1\varphi_1(x) + g_2\varphi_2(x) + g_3\varphi_3(x) + \dots \quad (1)$$

где $\varphi_i(x)$ – базисные функции такой же физической природы, что и $g(x)$.

В результате в памяти компьютера образуется массив чисел, состоящий из коэффициентов g_i . Введённое таким формальным образом понятие линейного пространства позволяет разработать общие методы исследования различных математических объектов.

Во второй главе рассмотрены процедуры бинаризации сигналов, Аргумент может быть, как непрерывной величиной, так и дискретной. Для исследования методов бинаризации предлагается использовать схему, приведенную на рисунке 2.

Сигнал $g(x)$ на входе в управляющий контроллер (УК) и контроллер-повторитель (КП) может принимать любые значения из некоторого ограниченного счетного множества. Сигнал $u(x)$ на входе объекта управления (ОУ) может

принимать только два значения, 0 или a , в то время как выходной сигнал $y(x)$ может принимать множество значений.

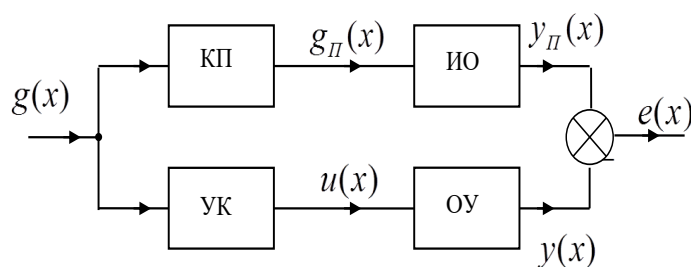


Рисунок 2 – Схема исследования методов бинаризации

В предлагаемой схеме $g(x)$ является функцией, которую должна воспроизводить выходная величина $y(x)$ объекта. Функция $g(x)$ нормирована и неотрицательна, причем, аргумент x может быть, как скалярной величиной, например, временем, так и вектором, например, пространственными координатами. Выходной сигнал управляющего контроллера является бинарным, т.к. объект управления оперирует только двумя значениями. Выходной сигнал аналогового порта контроллера-повторителя может принимать любые значения в соответствии со свойствами идеализированного объекта (ИО). Сигнал на выходе идеализированного объекта $y_П(x)$ сравнивался с выходным сигналом $y(x)$ исследуемого ОУ. Для решения поставленной задачи, необходимо было найти такой алгоритм функционирования УК, который дает минимальное значение нормы $\|e(x)\|$ разности сигналов $y(x)$ и $y_П(x)$ т.е. обеспечивает «наилучшее» воспроизведение функции $g(x)$.

При исследовании одномерных сигналов базисная функция $\varphi(\cdot)$ представлена прямоугольным импульсом длительностью T и амплитудой, равной 1, т.к. сигнал $g(x)$ по условию нормирован. Отрезок $T_g = NT$ считается областью задания сигнала $g(x)$, где за N принимается число членов ряда (1). В случае двумерных сигналов спектр сигнала $g(x)$, который вводится в контроллеры КП и УК, представляет собой двумерный массив амплитуд базисных функций $\varphi_i(x)$. На выходе контроллера-повторителя генерируется непрерывный кусочно-постоянный сигнал $g_П(x)$. Он воспроизводит $g(x)$ с погрешностью, которая обусловлена конечным значением интервала дискретизации в процессе ввода его в контроллер.

В этой же главе были изучены математические модели приёмников бинарных сигналов с учетом упрощенной модели зрительной системы человека. Проектирование приемника сигналов отличалось для одномерных и двумерных сигналов. В качестве объекта управления задан фильтр нижних частот. Относительная частота фильтра рассчитывалась исходя из частоты среза зрительной системы человека $f_{cp} = 57 \text{ см}^{-1}$. В системе MATLAB выполнено проектирование весовой функции двумерного фильтра с конечной импульсной характеристикой.

При использовании оконных методов бинаризации сигнала в случае скалярного аргумента область задания T_g исходного сигнала $g(x)$ разбивается на окна размером $T_0 = kT$, k – целое число, T – интервал квантования контроллера. В каждом окне сигнал $g(x)$ аппроксимируется по некоторому правилу двухуровневым сигналом. В случае векторного аргумента окно, над которым строится развёрты-

вающая функция, называется растровой ячейкой. В качестве оконных методов рассмотрены методы широтно-импульсной модуляции (ШИМ), одним из недостатков которых является то, что длительность импульсов устанавливается исходя из одного или двух значений сигнала внутри каждого периода развертываемой функции, а это может привести к ошибкам в работе системы.

В случае двумерных сигналов алгоритм ШИМ имеет свои особенности. Во-первых, существует значительно большее разнообразие развертываемых функций, в виде так называемого шалаша, пирамиды, конуса и др. Вид этих функций обуславливается алгоритмом их построения. Во-вторых, окно представляет собой прямоугольную или квадратную область в плоскости двумерного аргумента. Над этой областью сворачивается функция, результатом которой является двумерная развертываемая функция r_{ij} в виде спиральной пирамиды. Окно, над которым строится развертываемая функция, в полиграфии называется растровой ячейкой. В полиграфии этот алгоритм называется амплитудной модуляцией (англ. название AM-screening), т.к. меняется значение площади запечатанного элемента в каждой ячейке, которое трактуют как «амплитуду площади».

В работе также рассмотрен еще один способ оконного преобразования сигнала $g(x)$ в бинарный $u(x)$, так называемый Д-алгоритм бинаризации. В случае скалярного аргумента для каждого окна размером T_0 суммируются коэффициенты g_i , сумма которых округляется до целого числа. Полученное округленное значение соответствует количеству единичных коэффициентов u_i для данного окна. Они расставляются в тех позициях окна, в которых коэффициенты g_i имеют наибольшее значение, до тех пор, пока не выберутся единичные коэффициенты в ранее найденном количестве. Процедура бинаризации двумерных сигналов при помощи Д-алгоритма принципиально не отличается от процедуры для одномерных сигналов. Этот алгоритм основан на условии равенства яркости полутонового и бинарного изображений. Матрица, представляющая исходное полутоновое изображение, разделяется на блоки размером $T_0 \times T_0$. Размер T_0 может быть выбран, например, из условий пространственного разрешения человеческого зрения. Схема расстановки нулей и единиц, согласно алгоритму, приводит к тому, что в бинарном изображении частично воспроизводится пространственное распределение яркости полутонового изображения, т.е. более точно воспроизводятся детали и границы объектов полутонового изображения, это важно в случае плохой передачи техническими средствами, формирующими изображение.

В качестве безоконных методов рассмотрены стохастический метод и метод диффузии ошибки. Для исследования одномерных сигналов использован простейший метод стохастической бинаризации, суть которого состоит в следующем. Генерируется массив r_i из равномерно распределённых случайных чисел, $0 \leq r_i \leq 1$. Размерность массива r_i совпадает с размерностью массива g_i . Спектр сигнала $u(x)$ формируется по правилу $u_i = 0,5(1 + \text{sign}(g_i - r_i))$, где $1 \leq i \leq N$. В случае бинаризации двумерных сигналов для каждого окна (каждой растровой ячейки) суммируются значения яркости g_{ij} , затем эта сумма округляется до целого числа. Полученное округленное значение принимается за количество единичных коэф-

фициентов функции u_{ij} для данного окна, которые располагаются случайным образом в каждом данном окне.

Бинаризация двумерных сигналов методом диффузии ошибки достаточно широко распространена на практике, кроме того есть достаточное число программ, которые реализуют этот метод. Принципиального отличия в процедурах метода диффузии ошибки для одномерных и для двумерных сигналов не имеется. При бинаризации одномерных сигналов формирование спектра одномерного сигнала $u(x)$, согласно этому методу, заключается в следующем. Если значение коэффициента $g_i \leq 0,5$, то соответствующее значение u_i полагаем равным 0, а значение g_i прибавляется к g_{i+1} . Если же $g_i \geq 0,5$, то соответствующее значение u_i будет равно 1, а значение g_{i+1} увеличивается на $(1-g_{i+1})$.

В случае двумерных сигналов стохастический метод и метод диффузии ошибки относятся к так называемым частотно-модулированным методам или ФМ-методам обработки полутоннов. Эти методы имеют много преимуществ по сравнению с регулярными методами, т.к. с помощью более мелких растровых точек можно передать большее количество мелких деталей.

В третьей главе проведено исследование качества передачи информации при различных методах бинаризации, для чего в системе MATLAB разработан программный комплекс, позволяющий выполнить оценку этих методов. Рассмотрены четыре метода бинаризации сигнала: метод широтно-импульсной модуляции, Д-алгоритм, стохастический метод и метод диффузии ошибки. Программный комплекс состоит из универсальных модулей и позволяет проводить исследования для широкого класса задач, изменяя лишь параметры на входе. При желании можно вносить изменения в процедуры бинаризации, менять параметры фильтра, добавлять новые методы бинаризации.

Исследования проводились в случае одномерного и двумерного сигналов, согласно схеме, представленной на рисунке 2. Для исследования одномерных сигналов взяты гармонические колебания. Исследование двумерных сигналов выполнялось на тестовых изображениях. На выходе программы получены бинарные сигналы и бинарные изображения, восстановленные фильтром сигналы и изображения, графики погрешностей. Качество алгоритмов бинаризации одномерных и двумерных сигналов оценивалось по евклидовому расстоянию между сигналами на входах в ИО и ОУ $\rho_u = \|g_{II} - u\|$ и между сигналами на выходах из них $\rho_y = \|y_{II} - y\|$. Исследовалась зависимость этих расстояний от размера окна (размера растровой ячейки) k .

При исследовании одномерных сигналов оценка производилась для объектов управления, имеющих разные временные характеристики. Объект управления первого типа имеет сильные сглаживающие свойства, т.е. является инерционным объектом, и в этом случае $T_1 = 32T$. Объект управления второго типа обладает слабыми сглаживающими свойствами, для него $T_1 = 2T$. В целях объективности данных в качестве объектов исследования двумерных сигналов взяты тестовые изображения, имеющие различные спектральные характеристики.

В случае одномерных сигналов наименьшая погрешность ρ_u наблюдалась в случае бинаризации сигнала Д-алгоритмом, т.е. этот метод обеспечивал лучшую аппроксимацию сигнала $g_{II}(x)$ двухуровневым сигналом $u(x)$.

На рисунке 3 приведены графики зависимости расстояния ρ_u между выходными сигналами КП и УК от частоты p тестового сигнала $g(x)$.

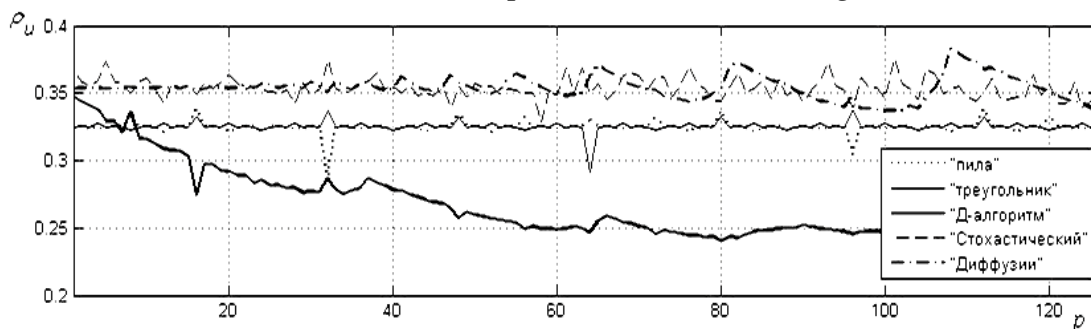
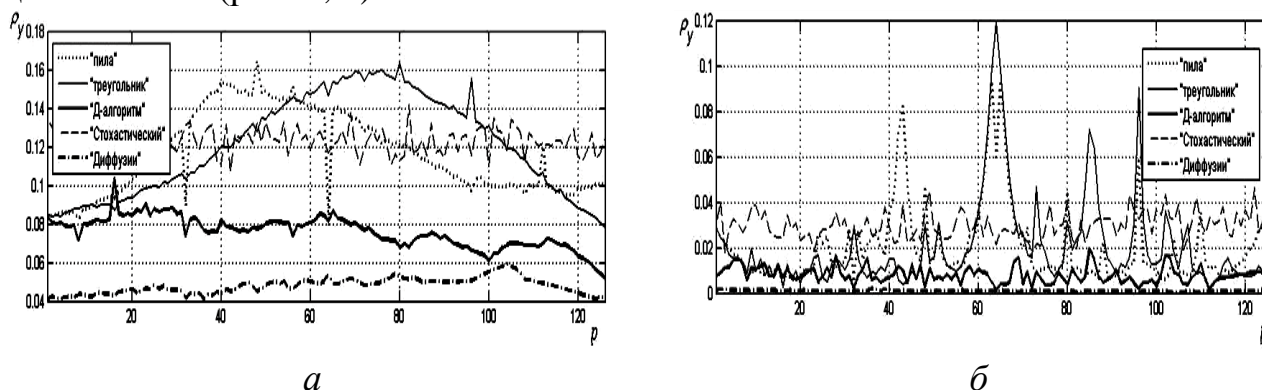


Рисунок 3 – Зависимость $\rho_u(p)$

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наилучшее воспроизведение сигнала $g(x)$ обеспечивал алгоритм бинаризации методом диффузии ошибки; Д-алгоритм занимал второе место по точности воспроизведения. Об этом свидетельствуют графики зависимости погрешности ρ_y от частоты p тестового сигнала для двух значений постоянной времени объекта управления, обеспечивающей слабые сглаживающие свойства (рис. 4, а) и сильные сглаживающие свойства (рис. 4, б).



а

б

Рисунок 4 – Зависимости $\rho_y(p)$ для различных типов объектов управления

На рисунке 5 показано исходное изображение, растриванное Д-алгоритмом (рис. 5, а), и восстановленное фильтром нижних частот (рис. 5, б), т.е. на выходе объекта управления. Следует отметить, что фильтр практически не повлиял на изображение. Это может быть объяснено тем, что процесс бинаризации выделил много контуров, которые плохо поддаются действию сглаживающего фильтра.



а



б

Рисунок 5 – Тестовое изображение, растриванное Д-алгоритмом, с размером растровой ячейки $k=8$

При оценке результатов исследования двумерных сигналов, сделан вывод, что, как и в случае одномерных сигналов, отсутствует какая-либо зависимость между расстояниями ρ_u и ρ_y . На рисунке 6 приведены зависимости ρ_u и ρ_y от размера растровой ячейки k для четырех методов бинаризации двумерного сигнала. Анализ полученных результатов показал, что методы исследования сигналов скалярного аргумента могут быть использованы в качестве основы для исследования сигналов двумерного аргумента. При этом необходимо учитывать, что увеличение размерности аргумента сигнала $g(x)$ вносит некоторые особенности в методы построения алгоритмов модуляции.

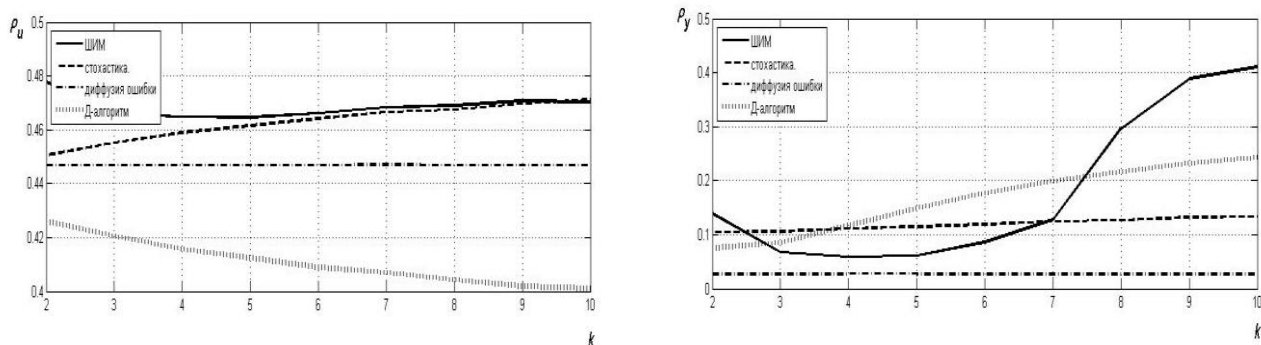


Рисунок 6 – Зависимости $\rho_u(k)$ и $\rho_y(k)$ для тестового изображения

В четвертой главе описывается процесс моделирования механического растискивания в системе MATLAB, учитывающий такие факторы, как растекание краски или дефекты печатного аппарата. Исследовано влияние методов бинаризации на величину растискивания.

Независимо от причин возникновения растискивание представляет изменение размеров каждого элементарного печатного элемента, каждого пикселя. В связи с этим, предложено моделировать эффект растискивания следующей процедурой. Каждый пиксель растрового цифрового изображения представляется в виде квадрата, состоящего из $N \times N$ элементов. Для моделирования эффекта растискивания количество элементарных квадратов каждого пикселя исходного изображения меняется на некоторую величину ΔN . Полученная модель является приближенной, т.к. не учтена нелинейность функции, описывающей профиль точки. При этом появляется относительно небольшая погрешность, которая не оказывает существенного влияния на общие результаты моделирования растискивания.

Изменение качества оттисков вследствие растискивания зависит от выбранного метода бинаризации (растрирования) на этапе подготовки бинарных файлов. Моделирование растискивания позволяет исследовать влияние методов растрирования на качество оттисков до выполнения процесса печати. В результате моделирования можно выбирать способ растрирования на подготовительном этапе процесса печати.

В результате моделирования процесса растискивания, получены растрированные разными методами изображения с различными коэффициентами растискивания hh . На рисунке 7 показаны фрагменты тестового изображения, растрированные методом бинаризации ШИМ при изменении коэффициента растискивания hh . Как видно из рисунка 7, размеры точек увеличиваются с ростом hh .

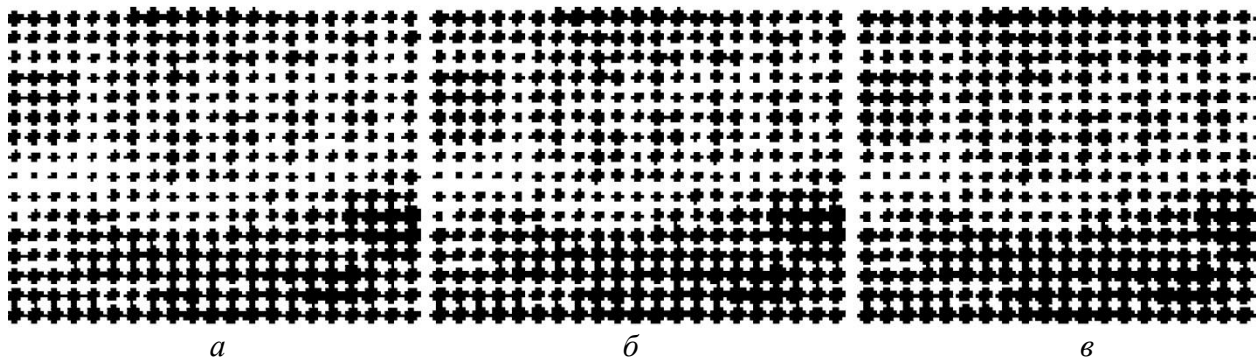


Рисунок 7 – Фрагмент первого тестового изображения, растриванного методом ШИМ, с различными коэффициентами растискивания:
 а) $hh=0,6$; б) $hh=1$; в) $hh=1,4$

Растриванные изображения обрабатывались фильтром нижних частот, моделирующим простейшую модель зрительного восприятия, согласно схеме (рисунок 2). На рисунке 8 представлен фрагмент изображения после обработки фильтром. Очевидно усиление тона от первого рисунка к третьему.



Рисунок 8 – Фрагмент первого тестового изображения с разными коэффициентами растискивания на выходе объекта управления.

С использованием разработанного программного обеспечения произведена оценка разности матриц растриванного изображения и исходного полутонового изображения (погрешность ρ_u до восстанавливающего фильтра). Погрешность ρ_y определена, как евклидово расстояние между исходным мультиплицированным изображением и изображением, полученным на выходе низкочастотного фильтра, моделирующего простейшую модель зрения человека.

На рисунке 9, а показаны зависимости погрешностей $\rho_u(hh)$ и $\rho_y(hh)$ в случае растривания изображения с использованием Д-алгоритма, а на рисунке 9, б показана зависимость погрешностей $\rho_u(hh)$ и $\rho_y(hh)$ при использовании метода диффузии ошибки.

В результате исследований показано, что Д-алгоритм наиболее устойчив к растискиванию, т.к. кривые зависимостей погрешностей от коэффициента растискивания имеют наименьшую кривизну. Наиболее неблагоприятными в плане устойчивости к растискиванию являются стохастический метод и метод диффузии ошибки. Это может быть объяснено тем, что образованные ими растровые структуры носят нерегулярный характер, а размеры точек малы.

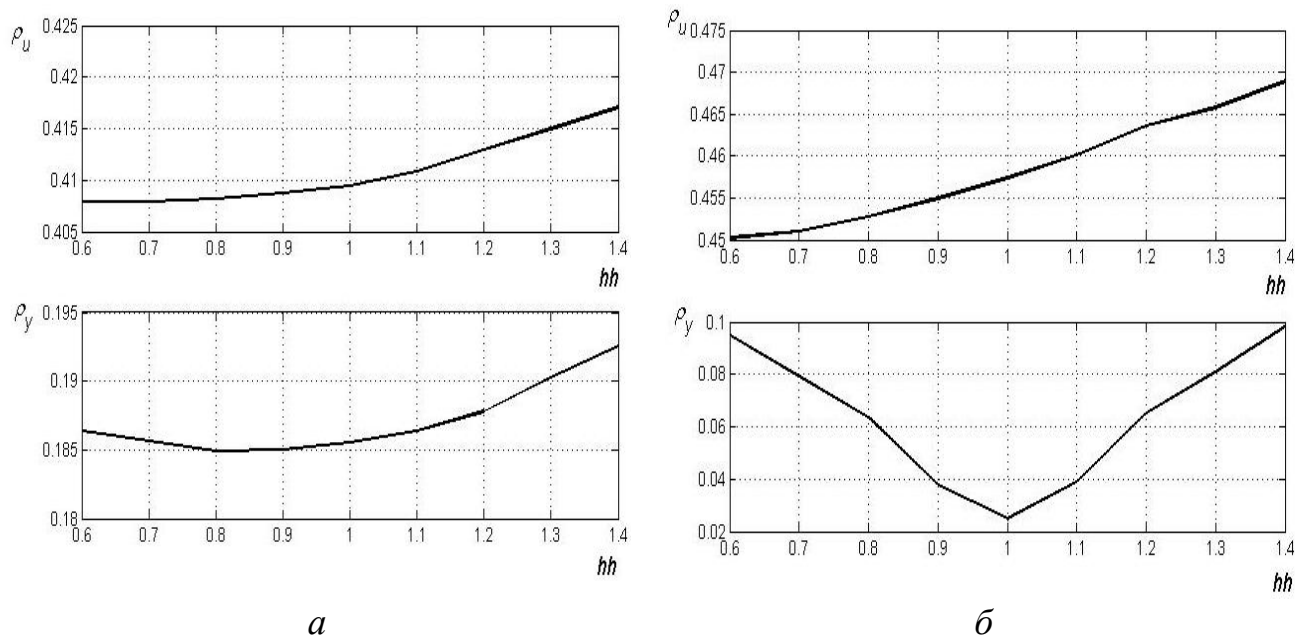


Рисунок 9 – Зависимость погрешностей от коэффициента растискивания

Полученные результаты подтверждают предположение о необходимости учета частотных характеристик зрительной системы при оценке качества печатной продукции. После обработки восстанавливающим фильтром наблюдается другая форма графиков погрешностей, т.е. поведение кривых погрешностей демонстрирует несколько иную зависимость ρ_y от коэффициента растискивания.

Разработанное алгоритмическое и программное обеспечение предусматривает задание массива коэффициентов растискивания. Коэффициент может быть постоянным во всей плоскости изображения, т. е. можно моделировать такой процесс, как вязкость краски или впитываемость бумаги. Также коэффициент может быть переменным в случае дефектов печатного цилиндра, тогда значения коэффициентов могут быть функционально зависимы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований, направленных на повышение эффективности полиграфического оборудования можно сделать следующие выводы.

1. Разработана методика оценки качества печатной продукции с учетом зрительного восприятия человеком на основе математической модели приемника бинарного сигнала. Методы аналитической оценки качества алгоритмов бинаризации сигналов, основанные только на обработке бинарного файла, могут приводить к ошибочным результатам, для устранения которых следует учитывать свойства приемника информации в части фильтрации частот.

2. Разработана математическая модель растискивания растровой точки и определено влияние различных методов бинаризации на минимизацию и устойчивость эффекта растискивания. Разработанная модель растискивания позволила исследовать не только влияние таких факторов, как растекание краски, но и влияние особенностей печатного аппарата: эксцентриситет установки цилиндров печатного аппарата, овальность и конусность цилиндров, волнистость образуя-

щей поверхности цилиндров и других показателей, характеризующих состояние кинематической цепи в процессе печати.

3. Получен компьютерный образ оттисков с измененными площадями растровых точек, т.е. достигнута возможность формирования матрицы коэффициентов растискивания, которую можно использовать для внесения коррекции компьютерного образа печатного оттиска на допечатной стадии. Алгоритм предусматривает возможность исследования устойчивости разных методов растривания любого изображения к растискиванию.

4. Разработано программное обеспечение для получения матрицы коэффициентов растискивания, что позволяет прогнозировать изменения в компьютерном образе оттиска на допечатной стадии для получения и минимального и устойчивого растискивания при выполнении производственно-технологического цикла. Использование алгоритма, учитывающего увеличение или уменьшение растровой точки, позволяет снизить производственные издержки на 10-15 % и повысить рентабельность выпускаемой продукции.

5. Выполнен анализ причин появления растискивания и в качестве основных источников растискивания определена кинематическая цепь «формный цилиндр – офсетный цилиндр – печатный цилиндр». Установлено влияние на растискивание таких характеристик, входящих в кинематическую цепь элементов, как эксцентриситет установки цилиндров, их овальность и конусность, волнистость образующей поверхности.

6. Проведен анализ процесса формирования растровой точки при печати на основе представления информации об изображении в виде двумерного сигнала. Показано, что процесс растривания заключается в замене многоуровневого сигнала двухуровневым, т.е. так называемой бинаризацией.

7. Разработан формализованный процесс переработки информации при печати, проведен анализ и обоснована методика бинаризации одномерных и двумерных сигналов при исследовании процесса формирования растровой точки. Установлено, что методы обработки одномерных сигналов могут быть применены и при обработке сигналов большей размерности. Полученная методика позволила произвести оценку четырех методов бинаризации сигналов: метод широтно-импульсной модуляции; Д-алгоритм бинаризации; стохастический метод; метод диффузии ошибки. Для оценки методов бинаризации предложено использовать евклидово расстояние между сигналами на входе объекта управления, описанного восстанавливающим фильтром, и на выходе из него.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, входящих в «Перечень...» ВАК РФ:

1. Шефер, Е. А. Цифровое управление объектами с бинарным входом (часть 1) / В. Н. Дроздов, Е. А. Шефер // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. — 2011. — № 1. — С. 29–35.

2. Шефер, Е. А. Математические основы цифрового автотипного растривания / В. Н. Дроздов, Е. А. Шефер // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. — 2011. — № 5. — С. 19–23.

3. Шефер, Е. А. Методы бинаризации сигналов двумерного аргумента / В. Н. Дроздов, Е. А. Шефер // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. — 2011. — № 6. — С. 44–50.

4. Шефер, Е. А. Компьютерное моделирование процесса растискивания при печати / Е. А. Шефер // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. — 2014. — № 2. — С. 24–32.

5. Шефер, Е. А. Компенсация влияния дефектов формы печатных цилиндров на качество печатного оттиска путем изменения размера растровой точки на допечатной стадии / В. Н. Дроздов, Е. А. Шефер // Вестник СПГУТД. Серия 1. Естественные и технические науки. — 2017. — № 1. — С. 69–73.

Материалы конференций и тезисы докладов

6. Шефер, Е. А. Цифровое управление объектами с бинарным входом : тезисы к докладу / В. Н. Дроздов, Е. А. Шефер // XII Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ–2010)». — Санкт-Петербург, 2010. — С. 342.

7. Шефер, Е. А. Компьютерное моделирование процесса растискивания при печати : тезисы к докладу / В. Н. Дроздов, Е. А. Шефер // XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ–2012)». — Санкт-Петербург, 2012. — С. 357–358.

8. Шефер, Е. А. Исследование устойчивости методов растривания к растискиванию : тезисы к докладу / Е. А. Шефер // XV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ–2014)». — Санкт-Петербург, 2014. — С. 523–524.

9. Шефер, Е. А. Компенсация влияния дефектов формы печатного цилиндра на растискивание путем изменения размеров растровой точки на допечатной стадии : тезисы к докладу / Е. А. Шефер // XVI Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика (РИ–2016)». — Санкт-Петербург, 2016. — С. 495.

Авторские свидетельства и патенты

10. Программный комплекс для проведения исследования устойчивости методов растривания к процессу изменения размеров растровой точки при печати : программа для ЭВМ : заявка 2015611326 Рос. Федерация / Е. А. Шефер, В. Н. Дроздов ; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна». — св-во № 2015617049 от 29.06.2015 ; заявл. 04.03.2015 ; опубл. 20.07.2015, Бюл. № 7. — 1 с.