

На правах рукописи

ШИШМАРЕВ КИРИЛЛ СЕРГЕЕВИЧ

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ  
ШРИФТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ  
В ВЫВОДНЫХ УСТРОЙСТВАХ ПОЛИГРАФИИ**

Специальность 05.02.13 – ««Машины, агрегаты и процессы  
(печатные средства информации)»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва - 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет печати имени Ивана Федорова» (МГУП имени Ивана Федорова) на кафедре «Технологии полиграфического производства».

Научный руководитель:                    Андреев Юрий Сергеевич  
   доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:            Агеев Владимир Николаевич  
   доктор технических наук, профессор  
   Шевченко Светлана Александровна  
   кандидат технических наук

Ведущая организация:                    ОАО «ВНИИ Полиграфии»

Защита состоится «19» декабря 2013 г. в 15.30 на заседании диссертационного совета Д 212.147.01 МГУП имени Ивана Федорова по адресу 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 2а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГУП имени Ивана Федорова.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.147.01

доктор технических наук, профессор

Климова Е.Д.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Воспроизведение текстовой информации является одной из основных задач полиграфического производства. При этом точность воспроизведения информации такого рода в большой степени зависит от допечатной подготовки продукции. На разных стадиях развития технологий допечатных процессов возникали различные аспекты, влияющие на обработку штриховой и, в частности, шрифтовой информации, вопрос точного воспроизведения которой всегда был актуален. В настоящее время новый и важный аспект данной проблемы заключается в том, что штриховая текстовая информация воспроизводится с использованием дискретных преобразований. Технология проведения процесса дискретизации, состоящая в представлении исходного контура знака в виде последовательности пикселей, обуславливает появление связанных с неточным воспроизведением контура знака искажений – ошибок пикселизации. Исходные символы цифрового шрифта в подавляющем большинстве случаев представлены в виде набора кривых Безье, использование которых лежит в основе распространенного сегодня языка PostScript. А фотовыводные устройства обрабатывают уже массивы данных в бинарном представлении, формирование которых происходит в растровых процессорах.

В процессе формирования битовой карты в растровом процессоре возникают искажения, связанные с неточным воспроизведением контура знака. Величина искажений неодинакова – ее значение меняется в зависимости от кегля, начертания, гарнитуры, а также – от технологических настроек выводного устройства. Кроме того, в рамках одной гарнитуры, кегля и начертания, при воспроизведении на одинаковом оборудовании с

неизменными настройками вывода, возможно изменение ошибки пикселизации для разных знаков, в зависимости от их формы и конструкции. Соответственно, влияние погрешности на конечный результат – форму знака на фотоформе и потом на печатной форме – также зависит от вышеперечисленных параметров. Изменение геометрической формы знака может быть как незначительным и даже незаметным для конечного потребителя продукции, так и весьма существенным – в таком случае восприятие информации конечным потребителем будет в значительной степени затруднено или невозможно, поскольку речь идет о текстовой информации, которая воспринимается однозначно. В случае критических искажений текстовой информации необходимо изменять параметры вывода, а когда этого оказывается недостаточно, то гарнитуру и кегль набора. Однако замена последних параметров на стадии вывода означает фактически повторное проведение всех допечатных процессов, начиная со стадии верстки, что влечет за собой большие временные и экономические потери для предприятия и в большинстве случаев невозможно. Именно поэтому своевременный выбор правильной гарнитуры, кегля, начертаний, а также последующих технологических параметров вывода с учетом ошибки пикселизации является актуальной задачей допечатного процесса.

Кроме того, дополнительным важным аспектом является существенное расширение ассортимента шрифтов в последнее время и расширение комплектов символов внутри гарнитуры, связанное с активным внедрением формата OpenType. Возникновение новых гарнитур и знаков обуславливает необходимость оценки их воспроизведения в различных кеглях, начертаниях, на различном фотовыводном оборудовании и при различных параметрах вывода.

При выборе гарнитуры для производства полиграфической продукции необходимо учитывать потенциальные искажения,

возникающие, как было сказано выше, главным образом на стадии формирования битовой карты. Особенно актуален данный вопрос при использовании малых кеглей (4-8 pt) и декоративных гарнитур, распространенных сегодня при изготовлении акцидентной продукции. Именно для этих случаев высока вероятность возникновения ошибок пикселизации, что может привести к нарушению пропорций и формы округлых букв, симметричности, единства символов.

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать, что важной задачей является выработка практических рекомендаций, позволяющих осуществить выбор гарнитуры с точки зрения дальнейшего технологического процесса – параметров растрового процессора, характеристик выводного оборудования. Сформулированные в работе рекомендации помогут заранее спрогнозировать возникновение критичных искажений в процессе вывода шрифтовой информации и позволят провести корректировку технологического процесса воспроизведения еще до его осуществления, тем самым сократив временные и экономические потери. Полученные рекомендации также можно будет использовать при проектировании новых гарнитур, что позволит повысить качество представляемых на рынке кириллических шрифтов.

Для выработки таких рекомендаций необходимо разработать методы, позволяющие объективно оценить ошибку пикселизации, а также провести оценку полученных с помощью данных методов результатов, определить условия снижения значения ошибки пикселизации, оценить существующие и разрабатываемые гарнитуры с точки зрения их дальнейшего воспроизведения на конкретном выводном оборудовании.

**Степень разработанности проблемы.** Проблемы воспроизведения текстовой информации всегда пристально изучались различными исследователями. На сегодняшний день можно выделить три основных направления исследований, связанных с воспроизведением шрифтовой информации в полиграфии.

Во-первых, это вопросы, касающиеся особенностей программирования знаков в различных шрифтовых форматах. Разработке вопросов алгоритма и точности пикселизации различных шрифтовых форматов, в том числе – формата OpenType, посвящен ряд статей и работ Н.И.Дубины. Автор подробно рассматривает цифровой файл шрифта, алгоритм построения графемы в векторном виде, а также процесс наложения периодической структуры на исходное изображение символа при выводе информации на экран монитора или формировании битовой карты.

Вторым крупным направлением исследований является исследование особенностей конструкции кириллических символов с учетом последующих допечатных процессов, в том числе – процесса формирования битовой карты и ее последующего вывода, которые подробно рассмотрены в работах Г.М.Барышникова, М.В.Ефимова и Ю.А.Ярмолы. Авторы особое внимание уделяют рассмотрению основных параметров шрифта – соотношение основных и вспомогательных штрихов и их минимальные толщины, углы смыкания штрихов, геометрия эллиптических кривых в знаках и пр. Данные вопросы рассматриваются с учетом последующего процесса пикселизации при воспроизведении методами полиграфии, либо при выводе информации на экран монитора. В работах приводится ряд конкретных рекомендаций по проектированию и созданию цифровых шрифтов.

Однако все имеющиеся рекомендации по компенсации ошибки пикселизации относятся к стадии разработки гарнитур. Для их реализации необходимо обладать специальными знаниями, программным обеспечением и временными ресурсами, поэтому редактирование гарнитур в условиях реального производственного процесса на стадии допечатной подготовки осуществляться не может и рекомендации должны относиться к выбору условий проведения процесса исходя из имеющихся гарнитур.

Также рекомендации часто формируются непосредственно на производстве на основе собственного опыта и касаются некоторых используемых на конкретном предприятии гарнитур. В таком случае эти рекомендации зачастую неполны и несистемны, и потому неприменимы к другим производственным условиям, даже если речь идет об одинаковых гарнитурах или оборудовании.

Таким образом, можно утверждать, что вопросы определения и учета ошибки пикселизации в уже спроектированной гарнитуре во время производственного процесса остаются на сегодняшний день мало исследованными.

Третье направление связано с взаимодействием массива текстовой информации и выводных устройств. В работах Ю.Н. Самарина большое внимание уделено современному фотовыводному оборудованию, применяемым в нем принципам формирования массива текстовой информации, а также технологическим параметрам, влияющим на качество воспроизведения информации. Автором подробно и всесторонне рассматриваются основные принципы построения и функционирования современных выводных устройств, в частности – различные применяемые сегодня в выводном оборудовании принципы формирования знака.

Однако следует отметить, что четких рекомендаций по построению технологического процесса, в частности – по использованию конкретного выводного оборудования, а также данных о степени влияния тех или иных технологических настроек на качество воспроизведение шрифтовой информации на сегодняшний день недостаточно, при том, что парк оборудования достаточно велик и постоянно пополняется новыми моделями. В связи с этим можно утверждать, что исследование влияния параметров фотовыводного оборудования на ошибку пикселизации является также важной и актуальной задачей.

**Целью диссертационной работы** является исследование технологических процессов преобразования графической шрифтовой информации в дискретную форму и последующего вывода шрифтовых символов с применением выводного оборудования, а также исследование воздействия этих процессов на точность воспроизведения.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- проанализировать статистические данные об используемых сегодня кириллических гарнитурах, кеглях и форматах шрифтов и выделить элементы шрифта, наиболее подверженные искажению в процессе пикселизации;
- разработать метод оценки ошибки пикселизации, включающий тест-объект, моделирующий основные элементы геометрии шрифтов: толщину прямого и диагонального штрихов, различные величины угла наклона штриха, форму эллиптического штриха;



- разработать метод оценки ошибки пикселизации шрифтов, сформированных с помощью кривых Безье;
- оценить величину ошибки пикселизации для различных гарнитур и кеглей при формировании битовых карт в растровом процессоре с различным разрешением;
- провести исследование реализации процесса вывода в конкретных фотовыводных устройствах и его влияния на точность воспроизведения битовой карты;
- разработать практические рекомендации по применению различных гарнитур на конкретном фотовыводном оборудовании.

**Область исследования.** Технологический процесс воспроизведение шрифтовой информации в выводных устройствах полиграфии и искажения информации в процессе вывода. Указанная область соответствует специальности 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы (печатные средства информации)», в частности, п.6 – «Исследование технологических процессов, динамики машин, агрегатов, узлов и их взаимодействия с окружающей средой».

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач и достижения конечной цели исследования были использованы методы математического анализа, моделирования, экспертных оценок.

**Научная новизна заключается в** выявлении степени влияния на ошибку пикселизации таких параметров, как кегль шрифта, угол наклона и толщина штриха, параметры пикселизации и разрешение выводного оборудования. Предложен дополнительный параметр оценки шрифта, позволяющий оценить потенциальную ошибку

пикселизации до формирования битовой карты – сложность шрифта. Данный параметр определяется средним количеством кривых Безье в гарнитуре.

Разработана методика объективной оценки ошибки пикселизации на этапе создания битовой карты из объекта векторной графики (шрифтового знака). Предлагаемая методика заключается в сравнении площадей двух знаков: площади исходного контурного знака и площади знака на битовой карте. С использованием данной методики возможна оценка ошибки пикселизации при воспроизведении конкретных гарнитур на различном фотовыводном оборудовании. Также данная методика позволяет контролировать на стадии разработки гарнитуры возможность ее дальнейшего использования на конкретном выводном оборудовании.

Определено пороговое значение ошибки пикселизации, превышение которого означает появление критических изменений в графеме знака, делающих неприемлемым качество воспроизведения для конечного потребителя.

**Практическая значимость работы** заключается в выработке практических рекомендаций по технологии выбора условий воспроизведения шрифтовой информации, основанной на анализе конкретного производственного процесса и свойств воспроизводимой информации, определяемых гарнитурой и кеглем шрифта. Созданы возможности принятия решения по проведению технологического процесса воспроизведения или его модификации в соответствии с результатами анализа.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Методики оценки ошибки пикселизации для различных символов, описываемых кривыми Безье третьего порядка.

2. Выявление степени влияния различных факторов на величину ошибки пикселизации, возникающей на стадии формирования битовой карты при воспроизведении цифровых контурных шрифтов.
3. Рекомендации по выбору гарнитур и кеглей шрифта в соответствии с параметрами выводного оборудования.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации были доложены на научно-технических конференциях молодых ученых МГУП имени Ивана Федорова (2011 г., 2012 г., 2013 г.); на заседаниях кафедры ТДП МГУП имени Ивана Федорова.

**Публикации.** По теме публикации опубликовано 4 научные статьи, из них 2 – в журналах, рекомендованных ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов и библиографического списка использованных источников. Общий объем работы составляет 101 страницу, включая 19 рисунков и 14 таблиц.

**Личный вклад соискателя.** Основные результаты и положения, выносимые на защиту, получены лично автором.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** отражена актуальность исследования, проведенного в рамках диссертационной работы, определена новизна и практическая полезность работы, сформулированы ее цели и задачи, а также определены положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** приводится анализ работ, посвященных методам создания и использования цифрового файла шрифта в допечатных процессах, а также принципам работы выводного оборудования в полиграфии. Кроме того, рассмотрен процесс формирования битовой карты в растровом процессоре. На основании известных уже работ выделены вопросы, исследование которых в рамках данной работы представляет наибольший интерес.

**Во второй главе** рассматривается процесс разработки методики и тест-объекта, позволяющего оценить ошибку пикселизации схожих элементов шрифтов формата OpenType. Исследование данного формата обусловлено его доминированием в полиграфической отрасли и перспективностью с точки зрения применения для разработки новых шрифтов и редактирования уже созданных.

Поскольку шрифты формата OpenType – это шрифты, описываемые с помощью кубических парабол, заданных своими крайними точками и направлениями касательных с весовыми коэффициентами в крайних точках в декартовой (прямоугольной) системе координат (кривые Безье третьего порядка):

$$x := t \rightarrow x_0(1-t)^3 + x_1 3t(1-t)^2 + x_2 3t^2(1-t) - x_3 t^3,$$

то существует возможность моделировать контур как всего символа, так и отдельных его участков с помощью программ обработки векторной графики. Данная возможность была положена в основу разработанной методики и тест-объекта.

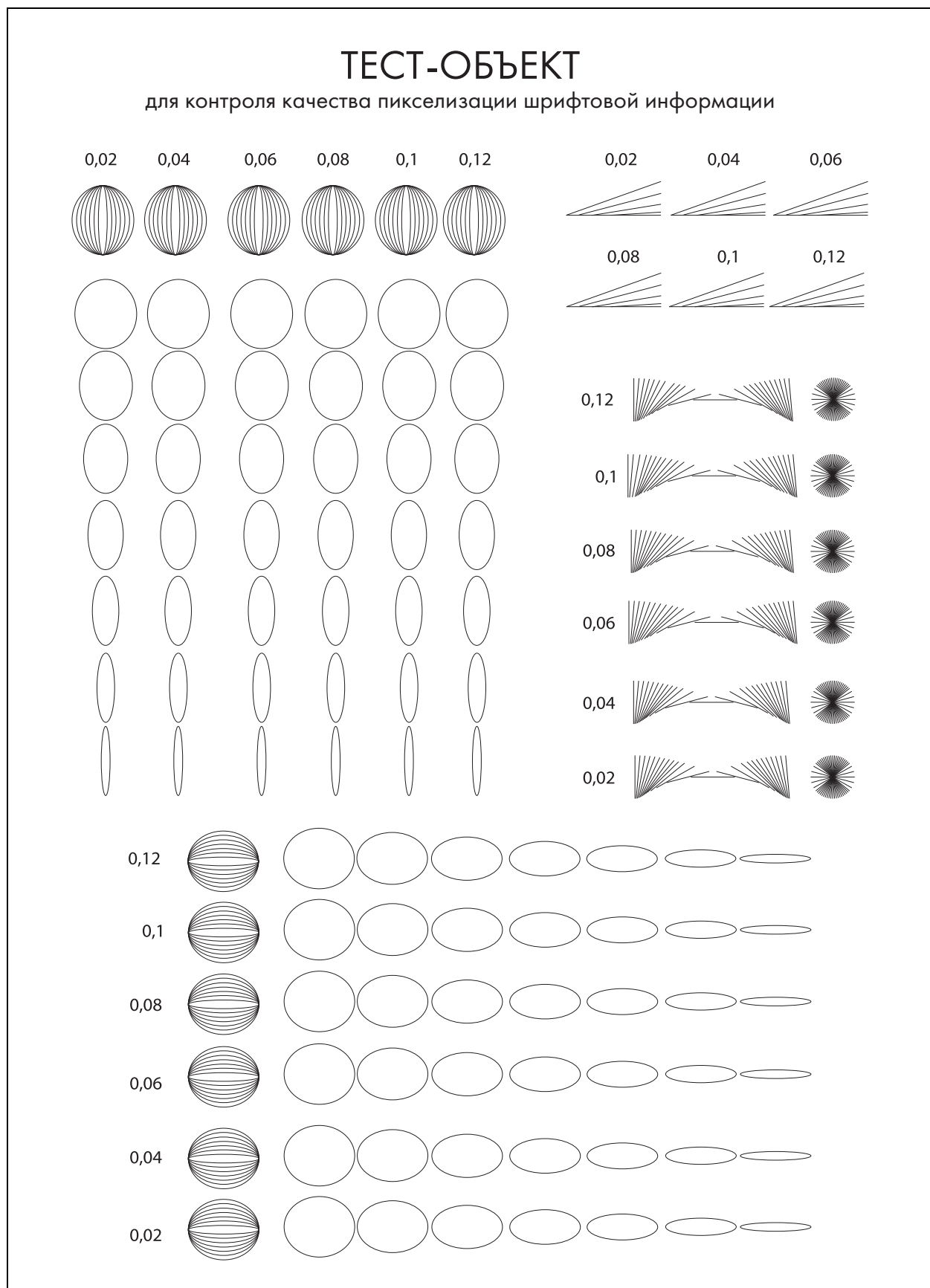
При выработке методики было принято во внимание, что символ любого шрифта формируется с помощью штрихов 4 различных типов:

- вертикальные и горизонтальные штрихи, пересекающиеся под прямым углом (или близким к прямому);
- диагональные штрихи;

- штрихи, образующие крупные (в рост всего знака) округлые элементы чаще всего овальной или полуовальной формы;
- округлые штрихи, по размеру не достигающие роста всего знака.

Для разработки методики объективной оценки ошибки пикселизации и выработки рекомендаций по использованию гарнитур в конкретных производственных условиях, в том числе – при разработке шрифта, были проведены экспериментальные исследования погрешности, возникающей при формировании битовой карты в растровом процессоре. Исследования включали в себя ряд экспериментов, направленных на определение влияющих на величину ошибки пикселизации технологических параметров цифрового шрифта, растрового процессора и выводного оборудования, а также степени влияния данных параметров на ошибку пикселизации.

На основе статистических данных были отобраны 10 наиболее используемых гарнитур. В соответствии с классификацией IBM Classifications данные шрифты были классифицированы по рисунку на три группы: гарнитуры с засечками Таймс, Академическая, Бодони, Гарамонд, Школьная; рубленые гарнитуры Ариал и Футурис, декоративные гарнитуры Корсива, Прописи и Декор. Все кириллические символы выбранных гарнитур были разделены на 4 группы исходя из соотношения всех типов формирующих их штрихов. Для первой и второй групп были определены минимальные значения толщины вертикальных и горизонтальных штрихов и углов наклона штрихов соответственно. На основании полученных данных были предложены соответствующие поля тест-объекта. Для моделирования округлых штрихов в тест-объект было включено поле с овалами и окружностями разных радиусов. Вид тест-объекта представлен на Рисунке 1.



*Рисунок 1. Тест-объект для контроля качества пикселизации шрифтовой информации.*

После создания тест-объекта в растровом процессоре компании Harlequine были сформированы битовые карты с разрешением от 1200 до 2400 dpi, после чего с помощью программы Photoshop были получены значения площадей элементов тест-объекта на битовой карте. Полученные данные сравнивались с исходной площадью элементов в векторном виде. В результате эксперимента были установлены некоторые зависимости, возникающие при пикселизации прямых, диагональных и эллиптических штрихов:

1. В подавляющем большинстве случаев площадь штриха на битовой карте больше, чем в исходном векторном виде;
2. Максимальное значение ошибки пикселизации штрихов – 45%, минимальное – 5%. При этом наибольшая ошибка пикселизации наблюдается при воспроизведении диагональных штрихов с углами наклона в диапазоне: 40-55, 125-140 градусов, а также прямых штрихов с углами наклона 0 и 90 градусов;
3. Наблюдается рост ошибки пикселизации при воспроизведении штрихов изменением толщины от 0,12 до 0,02 мм;
4. Наблюдается увеличение ошибки пикселизации в диапазоне от 5 до 25% при изменении разрешения пикселизации от 2400 dpi до 1200 dpi;
5. При воспроизведении штрихов толщиной меньше 0,06 мм с разрешением меньше 1200 dpi наблюдается разрыв штриха на отдельные пиксели.

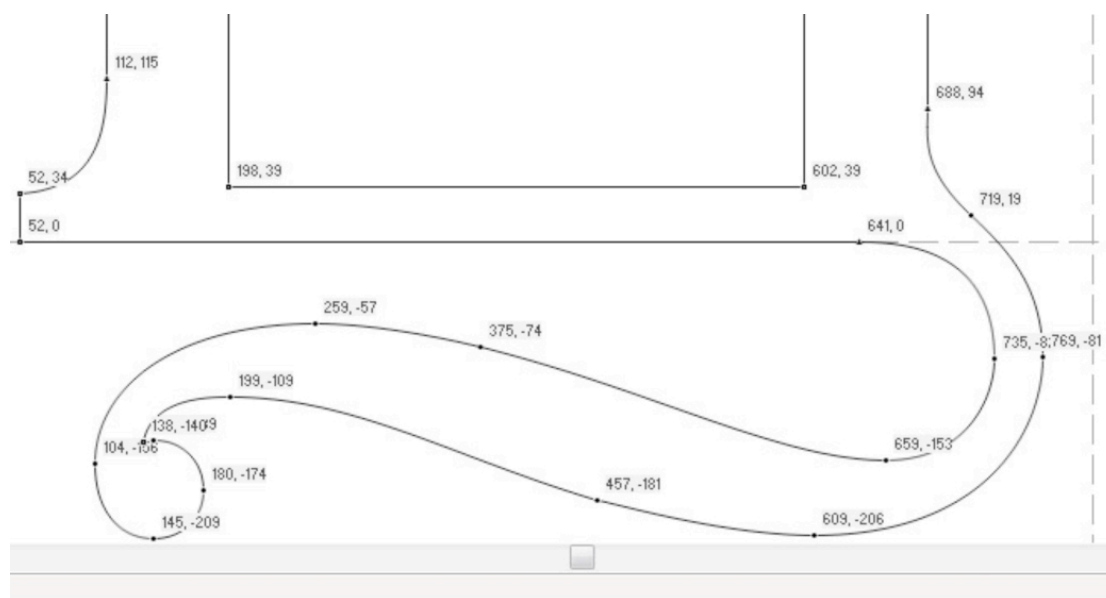
Разработанный тест-объект отражает типичные элементы шрифтов и может служить для экспресс-анализа гарнитуры и возможностей выводного оборудования.

Однако каждая гарнитура содержит собственные характерные элементы. Оценка ошибки воспроизведения данных элементов

важна, поскольку зачастую именно такие элементы являются как самыми сложными для пикселизации (ввиду сложной геометрической формы), так и самыми важными для распознавания шрифта конечным потребителем продукции (поскольку формируют уникальную графему знака, отличающую его от других). По этой причине целесообразно проведение оценки реальных знаков, входящих в состав гарнитуры.

**В третьей главе** была рассмотрена методика оценки ошибки пикселизации знака (или его части) с помощью сравнения его площади до и после формирования битовой карты.

Расчет площади символа в векторном виде – трудоемкая математическая задача. Каждый символ состоит из некоторого количества кривых Безье – от нескольких кривых до нескольких десятков. При проведении расчета сначала необходимо получить координаты пар опорных точек всех кривых (по 4 пары для каждой кривой) – для этого было использовано программное обеспечение для разработки и редактирования шрифта FontLab Studio 5.0 (Рисунок 2).

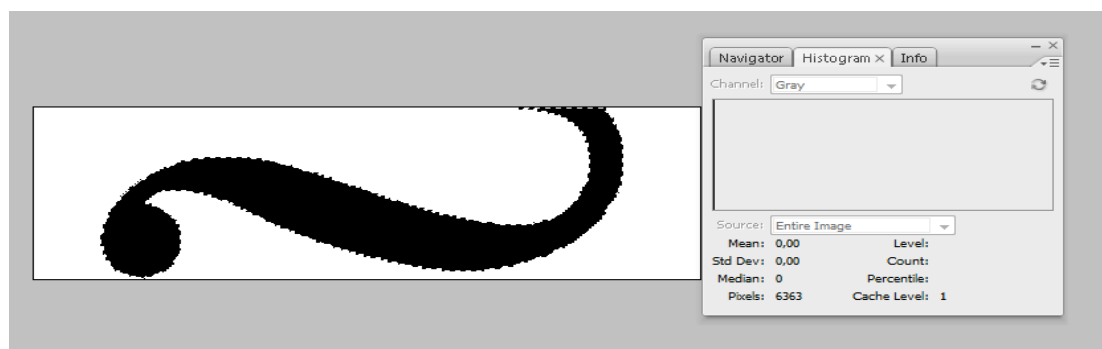




*Рис.2. Фрагмент символа «Ц» Академической гарнитуры в диалоговом окне программы FontLab с включенной опцией указания координат опорных точек кривых Безье.*

Далее данные переносились в программу математического моделирования Maple12. После задания уравнения кривой Безье с помощью программы строился контур математической модели шрифта и вычислялась его площадь.

Битовые карты для каждого символа в кеглях 4, 6 и 8 pt формировались, как и в первом эксперименте, в растровом процессоре компании Harlequine. Для каждого кегля и символа создавались битовые карты с разрешением от 800 до 2400 dpi (Рисунок 3).



*Рис.3. Фрагмент битовой карты символа «Ц» Академической гарнитуры в диалоговом окне программы Adobe Photoshop.*

Поскольку полученные значения площадей имели разные размерности, для их сравнения был введен коэффициент приведения, который равнялся отношению площадей кегельной площадке в векторном виде и на битовой карте:

$$K = \frac{S_{\text{пбк}}}{S_{\text{пвм}}}$$

где  $S_{\text{пбк}}$  – площадь кегельной площадки символа на битовой карте,

$S_{\text{пвм}}$  - площадь кегельной площадки символа векторной модели.

Далее с помощью найденного коэффициента было вычислено значение ошибки пикселизации:

$$O = S_{\text{вм}} \times K - S_{\text{бк}}, \text{ где}$$

$O$  – ошибка пикселизации,

$S_{\text{бк}}$  – площадь символа на битовой карте.

Для удобства обработки статистических данных численное значение ошибки пикселизации представлялось в виде процента от площади символа на битовой карте:

$$O_{\%} = \frac{O}{S_{\text{бк}}} \times 100\%$$

Данная методика была применена к 10 выбранным ранее гарнитурам. В результате были получены следующие данные:

1. Как и можно было ожидать, наименьшая ошибка пикселизации наблюдается у шрифтов без засечек - Arial и Futuris (5%); среди исследованных шрифтов с засечками наименьшая ошибка у гарнитуры Schoolbook (10-13%), наибольшая – у гарнитуры Academy (13-24%); среди декоративных шрифтов наибольшая ошибка у гарнитуры Décor (18-40%), наименьшая – у гарнитуры Monotype Corsiva (15-25%). Диапазон значений ошибки пикселизации обусловлен различной геометрией знаков, а также изменением разрешения пикселизации в процессе проведения экспериментального исследования.
2. Шрифты без засечек, знаки в которых образованы небольшим количеством кривых (4-15), обладают наименьшим диапазоном ошибки пикселизации внутри гарнитуры: от 5%

до 7%, в зависимости от сложности знака. У декоративных гарнитур указанный диапазон может превышать 20%, что обусловлено сильным отличием графем по своей геометрии друг от друга внутри одной гарнитуры. Следует отметить, что для всех шрифтов данный диапазон увеличивается с уменьшением кегля или разрешения.

3. В декоративных шрифтах наблюдается существенное увеличение ошибки пикселизации при наборе кеглем меньше 8 pt.
4. Наибольшая ошибка наблюдается у «сложных» знаков – под такими знаками предлагается понимать знаки, образованные наибольшим количеством кривых. Были выявлены наиболее сложные знаки для различных гарнитур. Для гарнитур с засечками и декоративных гарнитур - символ «Ж» (от 22 до 46 кривых и от 30 до 98 кривых для гарнитур с засечками и декоративных соответственно); для рубленых гарнитур – символ «З» (от 10 до 15 кривых).
5. При наборе курсивным начертанием ошибка пикселизации увеличивается на 15% и 25% у гарнитур без засечек и с засечками соответственно. Это связано с попаданием наклона курсивного начертания в интервал наибольшей ошибки пикселизации диагональных штрихов. Декоративные гарнитуры изначально имеют наклон основных штрихов, подобно шрифтам курсивного начертания. В таблице 1 приведены результаты эксперимента для одной из гарнитур в качестве примера полученных значений ошибки пикселизации.

Таблица 1. Результаты эксперимента для Академической гарнитуры при разрешении пикселизации 2400 dpi

Символ	Кол-во кривых	% ошибки пикселизации 4 pt	% ошибки пикселизации 6 pt	% ошибки пикселизации 8 pt
Ж	28	18,8%	17,5%	16,4%
З	27	19,2%	16,7%	15,6%
Д	25	16,8%	16,7%	15,5%
Э	24	18,8%	16,3%	15,6%
Щ	21	16,5%	15,5%	15,3%
Ф	20	17,3%	16,1%	15,5%
Ц	20	15,3%	15,5%	15,0%
К	16	16,2%	15,6%	15,0%
Я	15	16,3%	15,0%	14,8%
В	14	16,1%	16,6%	14,9%
У	13	16,3%	14,6%	14,4%
Ю	13	16,0%	15,9%	14,4%
Р	12	11,9%	12,6%	10,3%
Х	12	11,6%	12,0%	10,2%
Ч	11	11,1%	10,3%	9,4%
Ы	11	9,5%	9,2%	8,3%
А	10	11,8%	10,5%	7,8%
О	10	9,3%	9,6%	7,7%
С	10	12,9%	10,9%	7,9%
И	9	9,1%	8,4%	7,5%
Л	9	8,2%	9,5%	7,3%
Б	8	12,2%	9,2%	7,2%
Н	8	7,3%	6,5%	5,8%
Ш	8	6,1%	5,7%	5,5%
Е	7	7,9%	8,7%	5,7%
Ъ	7	7,4%	6,9%	5,8%
ь	7	6,9%	7,2%	5,8%
Г	6	4,7%	6,3%	4,9%
М	6	7,4%	7,1%	6,3%
П	6	8,5%	7,7%	5,4%
Т	6	7,3%	6,8%	5,2%

С целью уменьшения временных затрат на реализацию методики были предложены возможности ее оптимизации. Был разработан файл-шаблон, позволяющий на порядок ускорить вычисление

площади знака в исходной векторной форме. Данный файл содержит заранее подготовленные команды и формулы, куда необходимо подставить значения переменных – координат опорных точек кривых исследуемого символа. После этого по программе рассчитывается площадь символа в векторном виде. После внесения в программу значения площади символа на битовой карте программа рассчитывает ошибку пикселизации.

Для экспресс-анализа ошибки пикселизации было предложено анализировать один, самый сложный, знак в гарнитуре. В соответствии с ранее сделанными выводами, сложность знака было предложено определять количеством кривых, образующих этот знак.

В соответствии с данной оптимизированной методикой были проанализированы еще 20 гарнитур и получены сведения о наиболее сложном знаке и о его ошибке пикселизации, которая будет максимальной для данной гарнитуры при аналогичных условиях вывода.

Заключительной стадией эксперимента был вывод полученных битовых карт и их последующий анализ - сравнение площади символа на битовой карте и на фотоформе. Площадь на фотоформе получалась сканированием с высоким разрешением.

Итоговый результат позволил зафиксировать окончательную величину искажений текстовой информации, возникающих на этапе вывода шрифта. Следует отметить, что существенного влияния на результат выбор определенной модели оборудования (в эксперименте участвовали машины Hercules Pro, Heidelberg Primesetter 102/104, Dainippon Screen DT-R3100, Agfa AccuSet 1000 Plus) не оказал – отклонения от исходной площади на битовой карте не превысили 6%.

Однако для успешного практического применения разработанной методики важным является не только знание ошибки

пикселизации, но и возможность сравнения этого значения с некоторым пороговым значением. В таком случае можно будет однозначно интерпретировать значение ошибки пикселизации как критическое или нет. Поскольку конечным потребителем продукции является человек, а приемником информации – человеческий глаз, то для определения допустимого значения ошибки пикселизации был применен метод экспертных оценок. Группе экспертов были продемонстрированы фотоформы, полученные после вывода битовых карт, сформированных с разным разрешением, начертанием и кеглем. Результат пикселизации признавался либо удовлетворительным, если геометрия символа не претерпела значительных изменений или если эти изменения не повлияли на его восприятие, или, в противном случае, неудовлетворительным. В результате опроса экспертов пороговое значение ошибки пикселизации было определено на уровне 21%.

**Заключение** диссертации содержит основные выводы и практические рекомендации, полученные в результате исследования.

### **Основные результаты и выводы работы**

В результате проведенных исследований были разработаны методики оценки ошибки пикселизации для различных символов, описываемых кривыми Безье третьего порядка. Первая из разработанных методик позволяет проводить предварительный анализ гарнитур и оборудования на основе анализа основных и соединительных штрихов знаков. Вторая методика позволяет более полно определить потенциальную точность воспроизведения шрифтовой информации при формировании битовой карты. С использованием предложенного анализа появилась возможность выявлять на донаборной стадии гарнитуры, непригодные для

воспроизведения в конкретных условиях по причине превышения порогового значения ошибки пикселизации. Также появилась возможность определять, какие именно параметры необходимо изменить для снижения ошибки пикселизации ниже порогового значения.

Кроме того, на основании анализа полученных экспериментальных данных были разработаны практические рекомендации по выбору условий процесса воспроизведения шрифтовой информации, в частности:

- При выборе гарнитуры с наклоном базовой линии шрифта по вертикальной оси (курсивные начертания и декоративные гарнитуры) необходимо учитывать, что ошибка пикселизации максимальна в диапазонах 40-55, 125-140 градусов, а также углов 0 и 90 градусов.

- Использование декоративных гарнитур для набора кеглем меньше 8 pt не рекомендуется из-за высокого уровня (до 43%) ошибки пикселизации. Высокий уровень ошибки в данном случае объясняется геометрической сложностью символов в декоративных гарнитурах, что требует использования большого количества кривых для их описания. При этом разные символы в одной гарнитуре могут существенно отличаться по сложности и количеству кривых, а следовательно – по величине ошибки пикселизации, вследствие чего некоторые знаки могут воспроизводиться удовлетворительно, тогда как другие – нет, несмотря на одинаковый кегль и начертание.

- При необходимости производства полиграфической продукции с использованием гарнитур с засечками и с размером кегля до 8 pt целесообразно выбирать гарнитуры с наименьшей ошибкой пикселизации – такие, как Times, Schoolbook, Minion и др., поскольку ошибка пикселизации данных гарнитур даже при малом

кегле, курсивном начертании и разрешении пикселизации 1200-2400 dpi не выходит за рамки порогового значения.

- При использовании гарнитур без засечек возможен набор малых кеглей (4, 6 pt) с ошибкой пикселизации, не выходящей за рамки порогового значения.

- На точность воспроизведения первостепенное влияние оказывает толщина штриха, а не разрешение, при котором происходит формирование битовой карты. Вследствие этого при превышении порогового значения ошибки пикселизации рекомендуется в первую очередь рассматривать способы увеличения толщины штриха – за счет замены гарнитуры или увеличения кегля набора, в зависимости от условий производственного процесса.

- При разработке новых гарнитур рекомендуется указывать количество кривых в самом сложном символе и ошибку пикселизации этого символа для разных кеглей набора, от 4 до 8 pt.

- Для объективной экспрессной оценки потенциальной ошибки пикселизации было предложено использовать понятие наиболее сложного знака в гарнитуре – символа, образованного наибольшим количеством кривых Безье, поскольку именно при создании битовой карты такого символа ошибка будет наибольшей для данной гарнитуры.

- Собраны статистические данные об используемых сегодня кириллических гарнитурах, кеглях и форматах шрифтов;

- Разработан универсальный тест-объект для контроля качества пикселизации характерных элементов символов шрифта;

- Предложена методика объективной оценки величины ошибки пикселизации с использованием математического моделирования контура векторного шрифта;

- Экспериментально подтверждено влияние на величину ошибки пикселизации таких параметров, как кегль знака, наклон основных



штрихов, разрешение пикселизации. Установлена степень влияния этих параметров на величину ошибки.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*Перечень публикаций в изданиях, рекомендуемых ВАК:*

1. Шишмарев, К.С. Методика оценки воспроизведения текстовой информации в выводных устройствах полиграфии / К.С. Шишмарев // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. – 2013. - №3. – с.89-95.
2. Шишмарев, К.С. Оценка ошибки пикселизации и ее учет при воспроизведении шрифтовой информации в полиграфии / Ю.С. Андреев, К.С. Шишмарев // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. – 2013. - №5. – с.3-9.

*В других изданиях:*

3. Шишмарев, К.С. Методика оценки искажений, формируемых в процессе вывода шрифта / К.С. Шишмарев // Вестник МГУП. – 2012. - №6. – с.35-40.
4. Шишмарев, К.С. Особенности использования шрифтов формата OpenType при оформлении некоторых видов печатных изданий / К.С. Шишмарев, О.Н. Ревякова // Вестник МГУП. – 2012. - №12. – с.17-21.

Подписано в печать: \_\_. \_\_. 2013  
Объем: 1,5 усл.п.л.  
Тираж: 100 экз. Заказ №653  
Отпечатано в типографии «Реглет»  
119526, г.Москва, Страстной бульвар, д.6, стр.1  
8 (495) 978-43-34; [www.reglet.ru](http://www.reglet.ru)