

УДК 655.3.02

И. В. Марченко, Л. А. Шевцова, В. В. Сохончук
Белорусский государственный технологический университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТТИСКОВ СТРУЙНОЙ И ЛАЗЕРНОЙ ПЕЧАТИ

Исследование, представленное в статье, направлено на анализ взаимодействия компонентов в лазерной и струйной печати, а для этого необходимо глубокое понимание взаимосвязи между бумагой, краской и технологией печати. Для контроля качества оттисков струйной и лазерной печати были разработаны тестовые объекты и специальная тестовая полоса, по аналогии с полосами, применяемыми в цифровой печати. Тест-полоса содержала растровые и векторные изображения, которые оценивались визуально. Кроме того, оптическая плотность изображения оценивалась на однородность заливки с использованием денситометра и плашек. В данной работе объектами исследования являлись оттиски, полученные на офисной бумаге класса А «Навигатор» и класса С «Снегурочка».

Проводился анализ образцов бумаги на просвет по всей площади листа для оценки однородности ее структуры. Неравномерность пропускания света через лист указывала на неоднородное распределение бумажной массы. Выявлено, что бумага «Снегурочка» имеет более неоднородную структуру, т. е. неравномерное распределение в ней волокон, в сравнении с «Навигатором». Неоднородная структура бумаги является одним из основных факторов, влияющих на качество печати.

Полученные параметры денситометрического контроля показывают, что в струйной печати на бумаге класса А воспроизведение элементов тестовой полосы четче, чем на бумаге класса С. Оттиски лазерной печати на бумаге класса С и на бумаге класса А резких отличий в воспроизведении элементов тестовой полосы не имеют. Дальнейшие исследования позволят лучше понять влияние запечатываемого материала на качество оттисков в струйной и лазерной технологии.

Ключевые слова: цифровая технология, струйная печать, лазерная печать, неоднородность бумаги, контроль качества.

Для цитирования: Марченко И. В., Шевцова Л. А., Сохончук В. В. Сравнительный анализ оттисков струйной и лазерной печати // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2025. № 2 (297). С. 18–25.

DOI: 10.52065/2520-6729-2025-297-3.

I. V. Marchenko, L. A. Shevtsova, V. V. Sokhonchuk
Belarusian State Technological University

COMPARATIVE ANALYSIS OF INKJET AND LASER PRINTING

The research presented in the article is aimed at analyzing the interaction of components in laser and inkjet printing, this requires a deep understanding of the relationship between paper, ink and printing technology. To control the quality of inkjet and laser prints, test objects and a special test strip were developed, similar to the strips used in digital printing. The test strip contained raster and vector images that were evaluated visually. In addition, image absorbance was evaluated for fill uniformity using a densitometer and dies. In this work, the objects of research were prints obtained on class A “Navigator” and class C “Snegurochka” office paper.

Lumen samples were analyzed over the entire area of the sheet to assess the uniformity of its structure. The unevenness of the light transmission through the sheet indicated an uneven distribution of the stock. It was revealed that the “Snegurochka” paper has a more heterogeneous structure, that is, an uneven distribution of fibers in it in comparison with the “Navigator”. The non-uniform structure of the paper is one of the main factors affecting print quality.

The obtained densitometric control parameters show that in inkjet printing on class A paper, the reproduction of test strip elements is clearer than on class C paper. Laser printing prints on class C paper and on class A paper have no sharp differences in the reproduction of test strip elements. Further studies will allow a better understanding of the impact of the imprinted material on the quality of prints in inkjet and laser technology.

Keywords: digital technology, inkjet printing, laser printing, paper heterogeneity, quality control.

For citation: Marchenko I. V., Shevtsova L. A., Sokhonchuk V. V. Comparative analysis of inkjet and laser printing. *Proceedings of BSTU, issue 4, Print- and Mediatechnologies*, 2025, no. 2 (297), pp. 18–25 (In Russian).

DOI: 10.52065/2520-6729-2025-297-3.

Введение. Цифровая печать представляет собой современный способ нанесения изображений непосредственно на носитель, исключая этап подготовки печатных форм. Этот метод оптимален для малотиражной полиграфии [1–3]. Несмотря на меньшую долю рынка по сравнению с традиционными способами, цифровая печать динамично развивается и демонстрирует стабильный рост прибыльности. Индустрия постоянно обновляется, предлагая новые модели печатного оборудования, усовершенствованные чернила и современные решения для послепечатной обработки.

Цифровая печать делится на два основных вида: струйную и лазерную.

Струйная печать основана на формировании изображения путем точного распыления микроскопических капель чернил на поверхность материала с помощью печатающей головки (рис. 1).

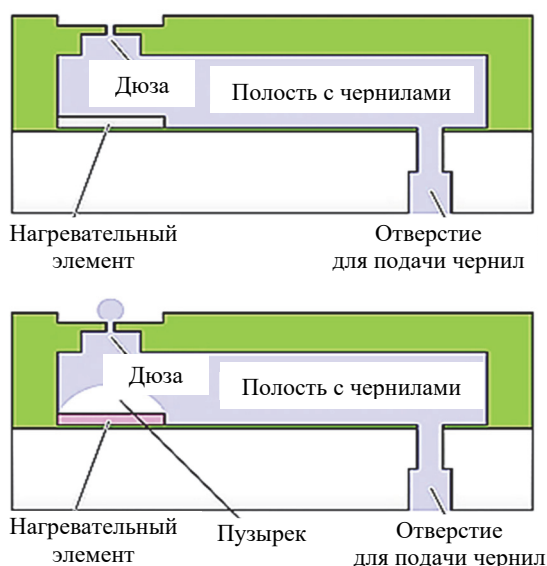


Рис. 1. Технология термоструйной печати

В настоящее время наиболее распространены три технологии струйной печати: воздушно-пузырьковая, пьезоэлектрическая и термоструйная.

Наиболее популярна термическая технология, при которой капли чернил выбрасываются за счет быстрого нагрева чернил в сопле печатающей головки. Этот нагрев создает паровые пузырьки, которые выталкивают чернила из сопла. Печатающая головка, перемещаясь горизонтально, формирует строки и символы на бумаге.

К недостаткам термоструйной технологии можно отнести неравномерную форму капли, возможность появления сателлитных брызг, а также строгие требования к чернилам, которые должны выдерживать высокую температуру без потери своих качеств [4, 5].

Термоэлектрическая технология струйной печати используется в принтерах HP, Xerox, Lexmark и Canon.

Лазерная печать – способ печати, при котором формирование изображения происходит путем непосредственного сканирования лазерным лучом фоточувствительных элементов принтера [6].

В качестве материалов используются бумага, специальная пленка или ткань.

Известные принтеры лазерной печатной технологии – HP, Canon, Brother.

Лазерная печать – это процесс электростатической цифровой печати. Он создает высококачественный текст и графику путем многократного прохождения лазерного луча взад и вперед по отрицательно заряженному барабану для получения изображения с дифференциальным зарядом. Затем барабан избирательно собирает электрически заряженные порошкообразные частички тонера и переносит изображение на бумагу, посредством нагрева запекая текст и изображения на бумаге (рис. 2).

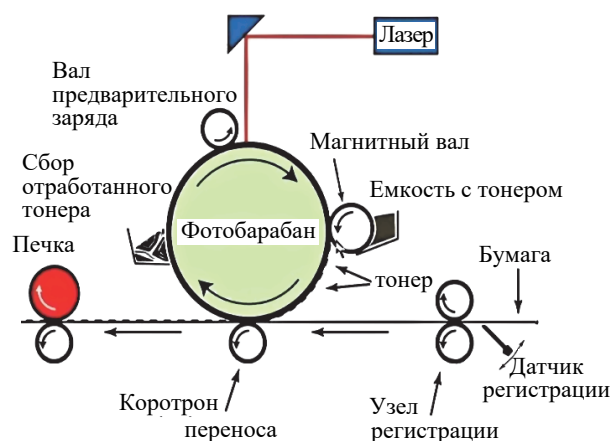


Рис. 2. Технология лазерной печати

Технология лазерной печати – это процесс, который выполняется в два этапа:

- нанесение информации;
- закрепление изображения.

Данное исследование направлено на улучшение качества электрофотографии и струйной печати. Для достижения этой цели важно понимать, как взаимодействуют между собой бумага, чернила и сам процесс печати, а также условия, в которых будет использоваться готовый отпечаток.

Цель работы – выявить эти взаимодействия посредством экспериментов, анализа структуры оттисков, измерения их свойств и создания математических моделей. В данной работе особое внимание уделено методологии изучения взаимодействия компонентов и структуры запечатываемого материала. В электрофотографии ключевые этапы взаимодействия – перенос и закрепление тонера, а в струйной печати – удар

капли и сушка. В процессе эксплуатации запечатываемый материал подвергается воздействию окружающей среды, что приводит к его старению и изменению структуры. В статье рассматриваются и оцениваются методы исследования взаимодействия трех компонентов в электрофотографии и струйной печати, а также анализируется качество печати и структура получаемых оттисков. Для характеристики структуры оттисков как в электрофотографии, так и в струйной печати применяются визуальный контроль и денситометрические методы.

Основная часть. Пригодность бумаги для печати традиционно оценивается по двум характеристикам: тиражеустойчивость и возможность качественной печати. Тиражеустойчивость – это показатель, зависящий от взаимодействия бумаги с печатным оборудованием, а также от того, как чернила или тонер взаимодействуют с волокнами бумаги. В рамках данного исследования мы используем различные методы, чтобы учесть влияние процесса печати на эти характеристики. Эти методы включают в себя: изменение параметров печати, отслеживание происходящих в процессе изменений в режиме реального времени и наблюдение за тем, как меняется структура и свойства оттиска в процессе печати [7]. Под структурой оттиска мы понимаем его физическое и химическое строение, т. е. распределение краски и ее компонентов по всем направлениям (x , y , z) относительно структуры бумаги, как в микро-, так и в макромасштабе.

Чтобы увидеть общую картину качества лазерной и струйной печати, необходимо рассмотреть следующие показатели: оптическую плотность фона, равномерность печати, градиционную передачу, оптическую плотность изображения, разрешение печати, воспроизведение памятных цветов, фактуру поверхности отпечатка, глянец оттиска, адгезию тонера к бумаге, растекание капли чернил.

В данной работе объектами исследования являлись оттиски, полученные на офисной бумаге (табл. 1) класса А «Навигатор» и класса С «Снегурочка» массой 80 г/м^2 , отпечатанные на струйном и лазерном принтерах в четыре цвета [8, 9].

Класс А – самая дорогая офисная бумага, имеет высокие показатели по всем характеристикам. Бумага отличается большой плотностью, яркостью и идеальной структурой листа, обеспечивая максимальную контрастность изображений и текста. Широко применяется в цветной лазерной и струйной печати при необходимости быстрой печати высокого качества, а также печати и копирования деловой продукции.

Класс С – наиболее экономичный и широко используемый тип офисной бумаги для оргтехники, обладает минимальными техническими

параметрами. Примерно 80% всей выпускаемой бумаги относится к этому типу. Рекомендуется применять для ежедневной печати внутренних документов, докладов, рефератов.

Таблица 1

Характеристики офисной бумаги

Показатели	Класс	
	А	С
Яркость ISO, %	От 98	92–94
Белизна CIE, %	От 161	135–146
Минимальная непрозрачность, %	От 92	89–90
Толщина, мкм	108–119	104

Вначале был выполнен анализ образцов бумаги на просвет по всей площади листа. Данный показатель говорит об однородности структуры бумаги. Неравномерный просвет обусловлен неодинаковым распределением бумажной массы по площади бумажного листа. Неоднородность структуры бумаги является первой причиной неудовлетворительного качества печати [10]. На рис. 3 приведены снимки образцов бумаги на просвет.

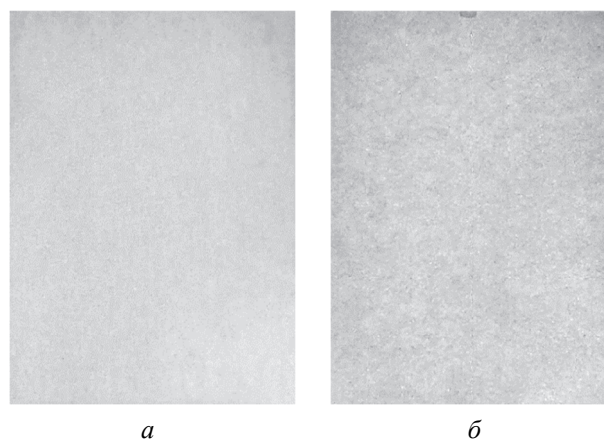


Рис. 3. Образцы офисной бумаги:
а – «Навигатор»; б – «Снегурочка»

По приведенным снимкам можно увидеть, что бумага «Снегурочка» имеет более неоднородную структуру, т. е. неравномерное распределения в ней волокон, в сравнении с «Навигатором». Ее тонкие места являются наименее прочными и легко пропускают чернила струйной печати, что в свою очередь будет влиять на такие параметры, как максимальная оптическая плотность, контрастность, равномерность печати, цветопередача. Данная характеристика также влияет на прохождение бумаги через принтер. Чем однороднее, тем меньше замятий.

Качество печати струйного принтера зависит от нескольких факторов: качества чернил (оригинальные обеспечивают лучшую цветопередачу),

типа используемой бумаги (более плотная и гладкая дает лучше результат), настроек драйвера принтера и цветовых профилей (правильный профиль оптимизирует печать под конкретные чернила и бумагу) [4].

Что касается лазерного принтера, то качество, плотность и влажность бумаги влияют на износ фотобарабана. Использование специальных материалов, таких как стикеры или бумага с предварительной печатью, значительно ускоряет износ. Игнорирование любого из этих пунктов может привести к некачественной печати.

Также на качество печати влияет окружающая среда. Например, высокая температура и влажность могут негативно сказаться на качестве печати как струйных, так и лазерных принтеров. Пыль может забивать механизмы принтера, особенно в лазерных принтерах, что приводит к пятнам, полосам и другим дефектам. Загрязнение воздуха также оказывает плохое влияние на головки струйных и барабаны лазерных принтеров.

Качество струйной печати сильно зависит от типа бумаги. Матовая бумага идеально подходит для текста, обеспечивая хорошую читаемость, но не так ярка в цветах. Глянцевая бумага лучше подходит для фотографий, обеспечивая яркость и четкость. Специальная бумага предназначена для специфических задач печати. Выбор бумаги зависит от целей печати.

Выбор бумаги для лазерного принтера важен для качества печати и работы принтера. Ключевые характеристики: гладкость, жесткость, белизна, влажность и плотность. Более дорогая бумага обычно более качественная. Бумагу необходимо хранить в сухом, прохладном, темном месте. Перед использованием ее всегда нужно проверять на наличие дефектов. Качество бумаги критично для долговечности лазерных принтеров [6].

В данной работе качество отрисовки оценивалось по тест-объектам на основании тестовой полосы, разработанной на примере классических тестовых полос для цифровой печати. На тестовой полосе имеются растровые и векторные изображения, качество воспроизведения которых можно оценить субъективно, «на глаз». Также проводилась оценка оптической плотности изображений на однородности заливки по плашкам с помощью денситометра.

Денситометр – измеритель силы света, отраженного или прошедшего через объект. Существуют два вида денситометров – для измерений в проходящем и в отраженном свете. Первый используется для измерений на стадии допечатных процессов, второй – при печати [11–14].

Оптическая плотность нанесенной краски зависит главным образом от типа пигмента, его концентрации и толщины красочного слоя. С помощью денситометра можно измерить такие

параметры, как краскоперенос, растискивание, треппинг, оптическую плотность (D), которая вычисляется по формуле

$$D = \log M = \log \frac{I_0}{I_i} = \log \frac{1}{T},$$

где M – непрозрачность; I_0 – падающий свет (100%); I_i – отраженный свет; i – номер поля оптического клина, воспроизведенного на бумаге; T – коэффициент отражения.

Для контроля параметров исследуемых образцов бумаги классов А и С, запечатанных на струйном (рис. 4) и лазерном (рис. 5) принтерах, был использован денситометр X-Rite eXact для измерений в отраженном свете. Тест-объектами являлись поля одноцветных плашек основных цветов CMYK и цветов бинарного наложения RGB, а также полутоновые и ступенчатые шкалы оперативного контроля.



Рис. 4. Образцы тестовой полосы струйной печати на бумаге:
а – «Навигатор»; б – «Снегурочка»

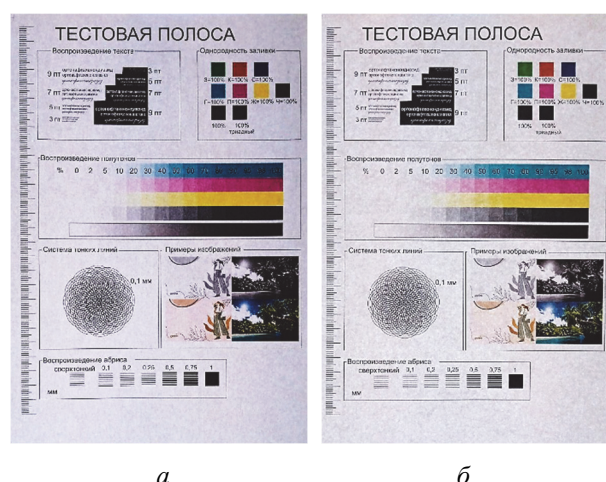


Рис. 5. Образцы тестовой полосы лазерной печати на бумаге:
а – «Навигатор»; б – «Снегурочка»

Измерение данного показателя может служить для контроля равномерности подачи краски, что позволит получить представление о контрасте печати. Недостаточная оптическая плотность приводит к печати ненасыщенного оттиска. С помощью денситометра были получены данные, которые приведены в табл. 2 и 3.

При многокрасочной печати цветовая точность изображения, ее соответствие оригиналу возможны только при печатании на достаточно белой бумаге. Оптическая яркость – это способность бумаги отражать свет рассеянно и равномерно во всех направлениях. Высокая оптическая яркость для печатных бумаг весьма желательна, так как четкость, удобочитаемость издания

зависят от контрастности запечатанных и пробельных участков оттиска.

Более высокую оптическую яркость по своим техническим характеристикам имеет бумага класса А «Навигатор». Поэтому у оттисков более контрастное и насыщенное изображение.

По средним значениям результатов таблиц были построены диаграммы (рис. 6). Анализируя экспериментально полученные данные по тестовым полосам, можно сделать вывод о технологии струйной и лазерной печати и создать рекомендации по нормам оптических плотностей, сравнивая с нормами типичных значений при печати на листовых офсетных машинах [11].

Таблица 2

Показатели оптической плотности оттисков струйной печати

Вид бумаги	Тест-объект (плашка)	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
«Навигатор»	Голубой	0,65	0,67	0,67	0,66
	Пурпурный	0,81	0,82	0,81	0,81
	Желтый	0,96	0,98	0,96	0,97
	Черный	0,88	0,89	0,89	0,89
	100%-ный черный	0,81	0,89	0,88	0,89
	Триадный черный	0,83	0,85	0,84	0,84
	Полутоновая шкала	0,89	0,90	0,90	0,90
	Ступенчатая шкала	0,88	0,88	0,89	0,88
«Снегурочка»	Голубой	0,67	0,68	0,66	0,66
	Пурпурный	0,78	0,77	0,76	0,76
	Желтый	0,92	0,91	0,91	0,90
	Черный	0,85	0,84	0,83	0,82
	100%-ный черный	0,85	0,83	0,83	0,82
	Триадный черный	0,79	0,78	0,77	0,76
	Полутоновая шкала	0,85	0,84	0,84	0,83
	Ступенчатая шкала	0,84	0,82	0,83	0,83

Таблица 3

Показатели оптической плотности оттисков лазерной печати

Вид бумаги	Тест-объект (плашка)	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
«Навигатор»	Голубой	1,05	1,04	1,06	1,07
	Пурпурный	1,12	1,12	1,13	1,14
	Желтый	1,18	1,17	1,19	1,18
	Черный	1,26	1,23	1,26	1,26
	100%-ный черный	1,22	1,20	1,23	1,23
	Триадный черный	1,24	1,22	1,25	1,25
	Полутоновая шкала	1,45	1,43	1,46	1,46
	Ступенчатая шкала	1,25	1,21	1,26	1,27
«Снегурочка»	Голубой	1,07	1,05	1,09	1,07
	Пурпурный	1,20	1,16	1,14	1,18
	Желтый	1,21	1,2	1,2	1,23
	Черный	1,27	1,28	1,31	1,33
	100%-ный черный	1,27	1,29	1,26	1,31
	Триадный черный	1,27	1,30	1,27	1,29
	Полутоновая шкала	1,49	1,47	1,48	1,31
	Ступенчатая шкала	1,29	1,28	1,28	1,49

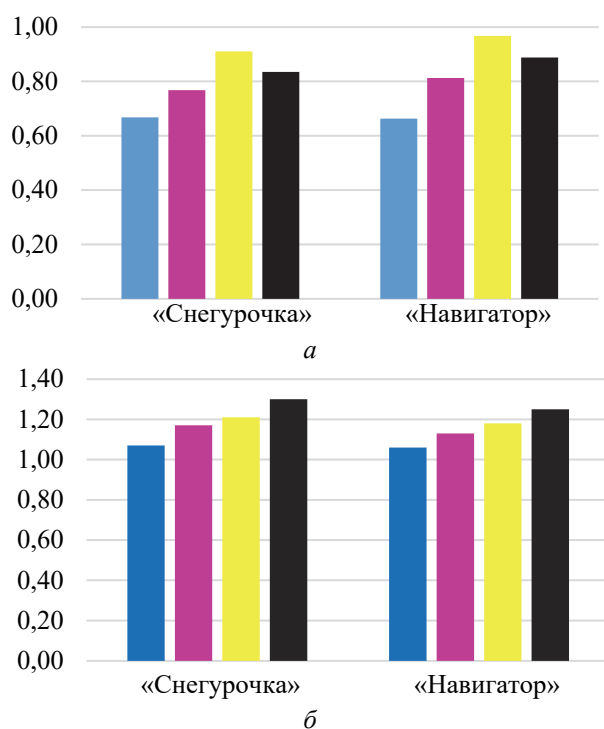


Рис. 6. Средние показатели оптической плотности:
а – лазерная печать; б – струйная печать

В результате полученных данных можно сделать следующие выводы о качестве оттисков *струйной печати*:

1) на бумаге класса А воспроизведение элементов тестовой полосы четче, чем на бумаге класса С;

2) значения оптической плотности плашки (100%-ная заливка) на бумаге «Навигатор» и «Снегурочка» ниже, чем типичные значения для листового офсета:

- для голубой краски – 0,67 для бумаги класса С и 0,66 для бумаги класса А;
- для пурпурной краски – 0,77 для бумаги класса С и 0,81 для бумаги класса А;
- для желтой краски – 0,91 для бумаги класса С и 0,97 для бумаги класса А;
- для черной краски – 0,84 для бумаги класса С и 0,89 для бумаги класса А;
- для 100%-ной черной краски – 0,83 для бумаги класса С и 0,87 для бумаги класса А;
- для триадной/черной плашки – 0,78 для бумаги класса С и 0,84 для бумаги класса А;

лазерной печати:

1) на бумаге класса С и на бумаге класса А резких отличий в воспроизведении элементов тестовой полосы не заметно, изображение четкое;

2) значения оптической плотности плашки (100%-ная заливка) на бумаге «Навигатор» и «Снегурочка» также ниже, чем типичные значения для листового офсета:

- для голубой краски – 1,07 для бумаги класса С и 1,05 для бумаги класса А;

- для пурпурной краски – 1,17 для бумаги класса С и 1,13 для бумаги класса А;
- для желтой краски – 1,21 для бумаги класса С и 1,18 для бумаги класса А;
- для черной краски – 1,30 для бумаги класса С и 1,25 для бумаги класса А;
- для 100%-ной черной краски – 1,28 для бумаги класса С и 1,22 для бумаги класса А;
- для триадной/черной плашки – 1,28 для бумаги класса С и 1,24 для бумаги класса А.

При этом показатели оптической плотности элементов тестовой полосы лазерной печати на бумаге «Навигатор» и «Снегурочка» оказались выше показателей струйной печати. Структурная неоднородность бумаги является одним из показателей качества печати. Когда внутренняя структура бумаги имеет неравномерный просвет, который обусловлен неоднородным распределением бумажной массы по площади бумажного листа, возникает и неодинаковый перенос чернил, приводящий к плохому качеству печати. Измерение толщины красочной пленки выполняется с помощью ее оптической плотности. Способность чернил растекаться по листу в поперечном направлении оказывает значительное влияние на плотность печати. Изменение плотности печати – важный параметр, определяющий цвет и блеск красочной пленки [15].

Заключение. На основе анализа экспериментальных данных и дальнейших исследований можно будет сделать вывод о качестве оттисков, полученных лазерной и струйной печатью, по следующим показателям:

- очертание границ;
- волокна бумаги;
- насыщенность и контраст изображения;
- дефекты и вкрапления;
- плашка (покрытие);
- четкость;
- неравномерность;
- пятнистость;
- шероховатость;
- процент впитывания (впитывания) в бумагу.

Качество печати фотографий лучше у струйного принтера. Качество печати текстовых документов – у лазерного. Доля рынка струйной печати продолжает и, что самое важное, продолжит снижаться и далее. С помощью струйных принтеров получают цветные изображения отличного качества благодаря максимальному разрешению до 9600×2400. Они подходят для печати профессиональных фотографий, фотокниг и открыток с широкой цветовой гаммой и глубиной тона.

Монохромные модели также обладают хорошим качеством печати, но по сравнению с лазерными немного уступают по четкости форм букв в тексте. В связи с этим при печати черно-белых документов стоит остановиться на лазерной модели.

Лазерные устройства, напротив, не так хороши для печати цветных изображений. Разрешение печати может достигать 4800×1200, что меньше, нежели у струйных моделей. Но их возможностей вполне хватает для нетребовательного фотоальбома, печати брошюр, диаграмм и пр. Тонер, в отличие от жидких чернил, плохо перемешивается. Тяжелее максимально точно подобрать тона, в то время как на струйной модели можно получить до 16 миллионов оттенков. А благодаря меньшему разрешению контрастность и четкость изображения ниже, следовательно, зернистость рисунка выше. Но это компенсируется отличной печатью текстовых документов и высокой скоростью, которая может достигать до 80 страниц/мин [3].

Для получения качественного изображения на струйном принтере критически важен размер чернильного пятна. Если пятна слишком большие, изображение получится нечетким, с размытыми контурами и смешанными цветами. Слишком маленькие пятна, напротив, могут привести к тому, что сквозь них будет просвечивать бумага, делая изображение зернистым и светлым. Основная проблема струйной печати заключается в том, что контролировать размер чернильного пятна очень сложно, так как бумага – пористый материал, и

чернила, попадая на нее, растекаются. Степень растекания зависит от свойств бумаги, а также от таких переменных факторов, как влажность и температура воздуха. Для решения этой проблемы используются различные методы, но наиболее распространенными являются улучшение состава чернил и уменьшение размера капли.

Лазерная печать требует более высоких затрат при приобретении принтера и расходных материалов, но обеспечивает высококачественные отпечатки, устойчивые к воздействию влаги и света, низкую стоимость каждой копии и высокую скорость печати. Цветная лазерная печать – весьма дорогое удовольствие, поэтому для печати фотографий оптимальным решением станет приобретение цветного струйного принтера. А вот для работы в офисе с монохромными графическими и табличными файлами, распечатки больших объемов информации лазерный принтер будет незаменимым помощником.

Данная работа выполнялась в рамках исследовательского проекта по гранту ГБ 038–25.

На основе полученных данных будут даны обоснования и разработаны рекомендации по практическому использованию результатов исследования.

Список литературы

1. Кнабе Г. А. Оперативная полиграфия. М.: УНИСЕПВ, 2006. 220 с.
2. Что такое цифровой способ печати // Molotokrus. URL: <https://molotokrus.ru/chto-takoe-tsifrovoy-sposob-pechati/> (дата обращения: 10.06.2025).
3. Фентон Х. М. Основы цифровой печати и печати по требованию. М.: МГУП, 2004. 130 с.
4. Струйная печать – принцип и технология // Coral print. URL: <https://www.coral-print.ru/blog/strujnaya-pechat-princip-i-tehnologiya.html> (дата обращения: 10.06.2025).
5. Принтеры и multifunctional устройства. Технология струйной печати // Бизнес-школа информационных технологий РФЭИ. URL: <https://it.rfei.ru/course/~VibR/~d38GMhLw/~L6ZBk0wR> (дата обращения: 10.06.2025).
6. Разновидности технологий лазерной печати // RusToner.Ru. URL: <https://rustoner.ru/news/raznovidnosti-tehnologiy-lazernoj-pechati> (дата обращения: 10.06.2025).
7. Леонтьев В. Н. Методы и средства совершенствования печатных свойств бумаг в системе «бумага – краска – оттиск». СПб.: ГОУВПО СПбГУПП, 2009. 170 с.
8. Бумага Navigator Universal // Дарт офис. URL: <https://dartoffice.ru/bumaga-dlya-ofisnoj-tehniki/12340-bumaga-navigator-universal-a4-80-g-m2-500-listov-44414.html#:~:text=Бумага%20Navigator%20Universal%20A4%2080,5%20пач.%20Страна%20происхождения%3A%20Португалия> (дата обращения: 10.06.2025).
9. Комус. Бумага офисная Снегурочка // Комус. URL: https://www.komus.ru/katalog/bumaga-i-bumazhnye-izdeliya/bumaga-dlya-ofisnoj-tehniki/formatnaya-bumaga/bumaga-formatnaya-belaya-dlya-ofisnoj-tehniki/bumaga-ofisnaya-snegurochka-a4-80-g-kv-m-marka-s-146-cie-500-listov-/p/17623/?utm_referrer=https%25253A%25252F%25252Fyandex.by%25252F&tabId=specifications (дата обращения: 10.06.2025).
10. Зильберглейт М. А., Марченко И. В., Новосельская О. А. Анализ внутренней структуры офисных бумаг // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. 2023. № 1 (267). С. 14–19. DOI: 10.52065/2520-6729-2023-267-1-2.
11. Стефанов С. Оценка печати оттисков. М.: Репроцентр М, 2003. 38 с.
12. Стефанов С. Качество печатной продукции. М.: Репроцентр М, 2005. 76 с.
13. Спектроденситометр X-Rite eXact // UNIT Color Technologies. URL: <https://colorart.ru/pribory-dlya-izmereniya-tsveta/spektrodenситometr-kh-rite-ekhact/> (дата обращения: 10.06.2025).
14. Струйная печать Epson под микроскопом: сравнение качества печати на 9 видах бумаги двумя типами чернил // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/companies/epson/articles/528716/> (дата обращения: 10.06.2025).

15. Зильберглейт М. А., Марченко И. В. Исследование качества оттисков, полученных способом струйной печати // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатеchnологии. 2025. № 1 (291). С. 19–25. DOI: 10.52065/2520-6729-2025-291-3.

References

1. Knabe G. A. *Operativnaya poligrafiya* [Operational printing]. Moscow, UNISERV Publ., 2006. 220 p. (In Russian).
2. What is digital printing? Available at: <https://molotokrus.ru/chto-takoe-tsifrovoy-sposob-pechati/> (accessed 10.06.2025) (In Russian).
3. Fenton H. M. *Osnovy tsifrovoy pechati i pechati po trebovaniyu* [Fundamentals of digital printing and printing on demand]. Moscow, Moscow State University of Printing Publ., 2004. 130 p. (In Russian).
4. Coral print. Inkjet printing – principle and technology. Available at: <https://www.coral-print.ru/blog/strujnaya-pechat-princip-i-tehnologiya.html> (accessed 10.06.2025) (In Russian).
5. IT1407: Printers and multifunctional devices. Inkjet printing technology. Available at: <https://it.rfei.ru/course/~VibR/~d38GMhLw/~L6ZBk0wR> (accessed 10.06.2025) (In Russian).
6. RusToner.Ru. Types of laser printing technologies. Available at: <https://rustoner.ru/news/raznovidnosti-tehnologiy-lazernoy-pechati> (accessed 10.06.2025) (In Russian).
7. Leont'yev V. N. *Metody i sredstva sovershenstvovaniya pechatnykh svoystv bumag v sisteme "bumaga – kraska – ottisk"* [Methods and means of improving the printing properties of papers in the paper – ink – impression system]. St. Petersburg, GOUVPO SPbGURP Publ., 2009. 170 p. (In Russian).
8. Navigator Universal paper. Available at: <https://dartoffice.ru/bumaga-dlya-ofisnoj-tekhniki/12340-bumaga-navigator-universal-a4-80-g-m2-500-listov-44414.html#:~:text=Бумара%20Navigator%20Univer%20sal%20A4%2080,5%20пач.%20Страна%20происход%3A%20Португалия> (accessed 10.06.2025) (In Russian).
9. Komus. Office paper Snegurochka. Available at: https://www.komus.ru/katalog/bumaga-i-bumazhnye-izdeliya/bumaga-dlya-ofisnoj-tekhniki/formatnaya-bumaga/bumaga-formatnaya-belaya-dlya-ofisnoj-tekhniki/bumaga-ofisnaya-snegurochka-a4-80-g-kv-m-marka-s-146-cie-500-listov-/p/17623/?utm_referrer=https%25253A%25252F%25252Fyandex.by%25252F&tabId=specifications (accessed 10.06.2025) (In Russian).
10. Zilbergleit M. A., Marchenko I. V., Novoselskaya O. A. Analysis of internal structure of office papers. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 4, Print- and Mediatechnologies, 2023, no. 1 (267), pp. 14–19 (In Russian). DOI: 10.52065/2520-6729-2023-267-1-2.
11. Stefanov S. *Otsenka pechati ottiskov* [Evaluation of printing prints]. Moscow, Reprotsentr M Publ., 2003. 38 p. (In Russian).
12. Stefanov S. *Kachestvo pechatnoy produktsii* [Quality of printed materials]. Moscow, Reprotsentr M Publ., 2005. 76 p. (In Russian).
13. Spectrodensitometer X-Rite eXact. Available at: <https://colorart.ru/pribory-dlya-izmereniya-tsveta/spektrodensitometr-kh-rite-ekhact/> (accessed 10.06.2025) (In Russian).
14. Epson inkjet printing under the microscope: comparison of print quality on 9 types of paper with two types of ink. Available at: <https://habr.com/ru/companies/epson/articles/528716/> (accessed 10.06.2025) (In Russian).
15. Zilbergleit M. A., Marchenko I. V. Quality study of imprints, obtained by inkjet printing. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 4, Print- and Mediatechnologies, 2025, no. 1 (291), pp. 19–25 (In Russian). DOI: 10.52065/2520-6729-2025-291-3.

Информация об авторах

Марченко Ирина Валентиновна – магистр, старший преподаватель кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: Marchenko_i_v@belstu.by

Шевцова Любовь Андреевна – студент. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: shevtcova89@gmail.com

Сохончук Валерия Витальевна – студент. Белорусский государственный технологический университет (ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vsochonchuk@gmail.com

Information about the authors

Marchenko Irina Valentinovna – Master of Sciences, Senior Lecturer, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Marchenko_i_v@belstu.by

Shevtsova Lyubov Andreevna – student. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., Minsk, 220006, Republic of Belarus). E-mail: shevtcova89@gmail.com

Sokhonchuk Valeria Vitalievna – student. Belarusian State Technological University (13a Sverdlova str., Minsk, 220006, Republic of Belarus). E-mail: vsochonchuk@gmail.com

Поступила 15.07.2025