

Цифровая печать.

Разрешение лазерного принтера. Часть 3

Разбираемся в технических тонкостях цифровой печати

Часть 3 – для тех, кто хочет подробнее разобраться, каким образом разрешение принтера влияет на качество печати.

Серия статей на тему «Разрешение лазерного принтера» информационно пересекается с темами, раскрытыми ранее в статьях: Цифровая печать: «Лазерные принтеры», «Линии, точки, пиксели...», «Жонглируем цифрами». Рекомендуется предварительное ознакомление с этими статьями.

» Изображение: мир точек

Мы знаем и привыкли к тому, что все картинки, которые мы видим, состоят из точек. Телевизор, монитор, ноутбук, планшетник, киноэкран, фотография, полиграфия... Все визуальные образы, которые они создают – это наборы разных точек. Цветных и черно-белых, ярких и тусклых, белых и цветных.

Изображения баз точек – картины природы. Однако если хорошенько поискать, и здесь можно найти точки – чувствительные рецепторы в глазу человека. Они настолько малы и совершенны, что мы не замечаем их величину, а способность человека распознавать малейшие изменения оттенка цвета восхитительна.

Получается, что все видимые нами изображения растриваны. Растривание – полиграфический термин. Он означает преобразование изображения в набор цветных (СМУК) точек, создающих единый образ этого изображения на отпечатке. Структура полиграфического изображения называется растром (сетка, решетка). Попытаемся разобраться, как зависит качество отпечатка от параметров растра.

» Две задачи полиграфии

Нам нравятся четкие картинки, максимально точно воспроизводящие цветовые оттенки действительного изображения. Отсюда – две главные задачи полиграфического растривания.

Первая – добиться резкого изображения. Резкость – это степень четкости (различимости) геометрических элементов изображения.

Вторая – воспроизвести максимальное количество полутонов – градаций цвета (количество ступеней перехода от белого до самого насыщенного оттенка). Чем больше полутонов может воспроизвести печатная машина, тем большее количество цветовых оттенков мы увидим на отпечатке.

Резкость

Какая резкость требуется?

Требуемая резкость отпечатанного изображения определяется способностью глаза различать мелкие детали, то есть остротой зрения и оценивается углом разрешения γ – минимальным углом, в пределах

которого наблюдаемые глазом две расположенные рядом точки еще не сливаются в одну. На разном расстоянии от глаза размеры двух неразличимых точек разные. Приближая предмет к глазу, мы увеличиваем угол зрения и, следовательно, получаем возможность лучше различать мелкие детали. Хорошее зрение распознает детали предмета, которые он видит под углом 0.02° — 0.03° . Это угол, под которым виден отрезок 1 см на расстоянии 34 м от невооруженного глаза. Или, соответственно – 0,1 мм на расстоянии 34 см.



Рис. 1. Схема: острота зрения человека

Если преобразовать это в общепринятый параметр растривания dpi (количество точек на дюйм), то получим 254 dpi. Точки раstra меньшего размера (dpi выше) будут неразличимы глазом. Вот таблица оптимальной растровой решетки в зависимости от расстояния.

0,34 м – 0,0001 м = 0,1 мм – 25,4 мм * 10 = 254 dpi

20 см – от 300 до 500 dpi

40 см – 200 dpi

80 см – 100 dpi

Исходя из расстояния, удобного для рассматривания, общепринятое разрешение:

- Монитор - 80 dpi
- Экран ноутбука – 100-150 dpi
- Офсетный растр – 175 lpi
- Растр лазерного принтера – 150-200 lpi
- Сублимационный фотопринтер – 300-400 dpi
- Качественная (мокрая) цифровая фотопечать – 300-400 dpi

Рассматривая изображение, мы размещаем его на разных расстояниях. Фотографию отдаляем, чтобы охватить взглядом весь отпечаток и составить общее впечатление о картине. Читая текст, подносим его ближе к глазам, чтобы лучше различать мелкие детали. Поэтому требования к разрешению различны. Для фотоизображений разрешение 400 dpi – очень хорошее качество.

Цифровая печать. Разрешение лазерного принтера

Однако для качественного отображения текстов, хорошего разрешения фотографического качества 200-400 dpi будет недостаточно. Глаз человека придирчиво видит размытость контуров букв при печати текстов, выполненных на принтерах с таким разрешением.

Итак, для резкого фотоизображения требуется разрешение от 200 до 400 dpi, для текстов - более 400 dpi, и, чем выше, тем лучше. Почему?

Размеры элементов текста "обычных", хорошо читаемых размеров шрифта соизмеримы с размером растровой точки. Например, толщина перемычки этой буквы А равна 0,13 мм (размер шрифта 7 pt). Как раз такой размер - 0,13x0,13 мм имеет растровая точка при разрешении 200 dpi. Попробуйте нарисовать красивую букву при таких соотношениях размеров.

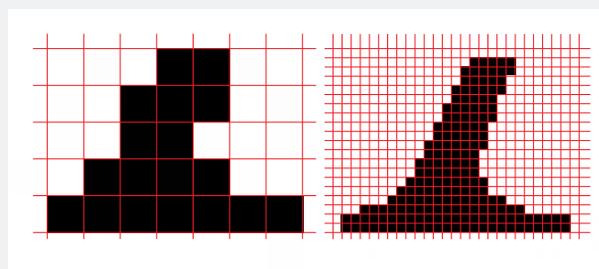
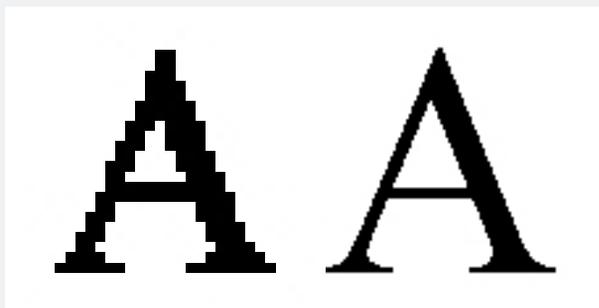


Рис. 2. Схема. Разрешение растра с левой стороны меньше в 4 раза, чем разрешение справа. Так выглядит разница в отображении шрифта 12 pt для варианта 200 dpi против 800 dpi. Также будет выглядеть шрифт 4 pt для варианта 600 dpi против 2400 dpi.

Полутона

Сколько полутонов требуется?

Сказать точно, сколько оттенков цвета видит человек практически невозможно. Один и тот же цвет различается человеком по-разному – в зависимости от настроения, состояния, времени суток и др. Разные люди воспринимают цвета не одинаково. Принято считать, что человеческий глаз способен различать от 6 до 16 миллионов цветов и оттенков. При этом серого цвета – примерно 200-500 оттенков. Возможности глаза учтены в стандартах сохранения изображений в цифровом виде. Аддитивная цветовая модель RGB имеет 256 градаций яркости в каждом цветовом канале (глубина цвета RGB 24 бита – по 8 на канал). Ступени значений 0-255 для красного, зеленого и синего определяют общее количество цветов и оттенков, которое может содержаться в файле изображения:

$$256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216.$$

Эти цифры следует считать базовыми для определения качества цветопроизведения.

Качественный, откалиброванный монитор способен воспроизвести все цвета, содержащиеся в файле изображения.

Печать изображений на бумаге, используя цветовую модель CMYK, прежде всего, ограничивает спектр воспроизводимых цветов исходя из физических свойств субтрактивного метода синтеза цвета. Сравните цветовые охваты RGB и CMYK моделей.

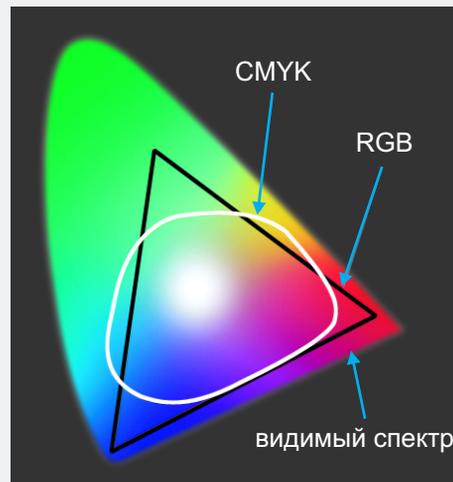


Рис. 3. Схема. Цветовой охват (Gamut)

То есть, 16 млн. цветов, воспроизводимых монитором, не соответствуют 6 млн. цветов, которые может воспринимать человек. Те цвета, что печатает принтер, не совпадают со спектром цветов монитора.

Кроме того, количество «оставшихся» цветов дополнительно уменьшается ограниченными возможностями печатного растра.

» Способы регулирования насыщенности цвета при печати изображений

Для того чтобы на отпечатке зритель мог видеть спектр цветовых оттенков, необходимо уметь изменять насыщенность каждой краски CMYK составляющих.

Заметим оптическое требование к красителю: печатная краска должна быть прозрачной. вспомните художественные краски: акварель прозрачна, гуашь непрозрачна. Для полиграфии требование прозрачности краски для CMYK модели обязательно. Только в этом случае будет происходить изменение плотности (яркости) красочного слоя при изменении его толщины и корректное субтрактивное смешение цветов. Сквозь слой краски одного цвета должен быть виден цвет нижележащего слоя. Именно поэтому тонер для цветных лазерных принтеров не содержит магнитных примесей – они своим черным цветом испортят чистоту краски. В отличие от черно-белых принтеров, в которых тонер может содержать ферромагнитные частицы. Прозрачность полиграфических красок позволяет печатать на

Цифровая печать. Разрешение лазерного принтера

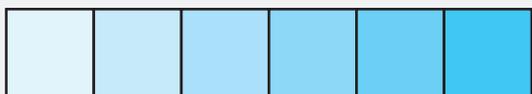
бесцветных материалах и при этом получать подобие слайдов.

Используется два варианта регулирования насыщенности цвета: изменение толщины красящего слоя и изменение соотношения площади белой бумаги и красителя.

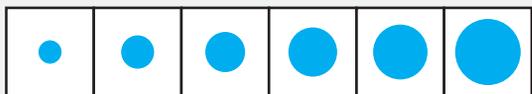
Традиционная офсетная СМΥК печать не изменяет толщину краски на отпечатке – все видимые оттенки цвета образуются благодаря оптическому обману: разного соотношения краски и незакрашенной белой бумаги.

В сублимационных принтерах изменение оттенков достигается изменением толщины красочного слоя.

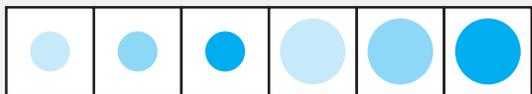
Лазерные принтеры изначально печатали по традиционной офсетной схеме. Алгоритмические способы растривания в принтерах с низким разрешением используют смешанный вариант: к «офсетному» растру добавляется регулирование насыщенности цвета растровой точки.



а) растр сублимационного принтера: насыщенность цвета зависит от количества красителя



б) традиционный Dot растр офсетной печати и лазерного принтера: насыщенность цвета зависит от размера растровой точки



в) алгоритмическое или комбинированное растривание: насыщенность цвета зависит от размера растровой точки и количества красителя

Рис. 4. Схема. Виды растривания

» Растр лазерного принтера и полутона

Насыщенность цвета на отпечатке регулируется изменением размера растровой точки. Посмотрим, какие возможности у лазерных принтеров с разным разрешением по количеству воспроизводимых полутоновых градаций.

Печатное поле лазерного принтера можно представить как сетку из пятен лазерного луча. Пятна от лазерного луча на фоторецепторе принтера – это и есть самые маленькие точки, из которых образуется печатное поле. Принтеры с разным разрешением имеют разный размер пятна лазера и, соответственно, разный размер ячеек сетки.

Разрешение 2400 dpi - диаметр пятна 11 микрон (мкм)

Разрешение 600 dpi - пятно диаметром 42 мкм.

Из ячеек сетки печатного поля строится полиграфический растр. Размеры растровой точки определяются линиатурой полиграфического растра.

Именно эти точки мы видим на отпечатке - из них состоит изображение.

Значение линиатуры часто не указывается изготовителем в характеристиках аппарата. Обычно оно выбирается из ряда 100, 150, 200 lpi.

Отношение разрешающей способности принтера к линиатуре растра дает размер сторон ячеек растра, которые измеряются в точках (пятнах лазерного луча) принтера. Максимальное количество точек принтера, которые образуют растровую точку, равно квадрату стороны ячейки.

Например: если линиатура установлена равной 100 lpi, а разрешение - 300 dpi, то сторона ячейки растра равна $300/100 = 3$ точки. В таком случае нормируемая ячейка растра равна $3 \times 3 = 9$ точек принтера. Для вычисления количества оттенков может быть использована следующая формула, в которой прибавленная единица соответствует белому цвету - случай, когда растровая ячейка остается незаполненной:

$$K = \text{dpi}/\text{lpi} + 1,$$

где dpi - разрешение устройства вывода;

lpi - линиатура;

K - количество воспроизводимых оттенков серого.

При линиатуре 200 lpi (200 растровых точек на один дюйм) схематически построение печатных полей будет выглядеть вот так:

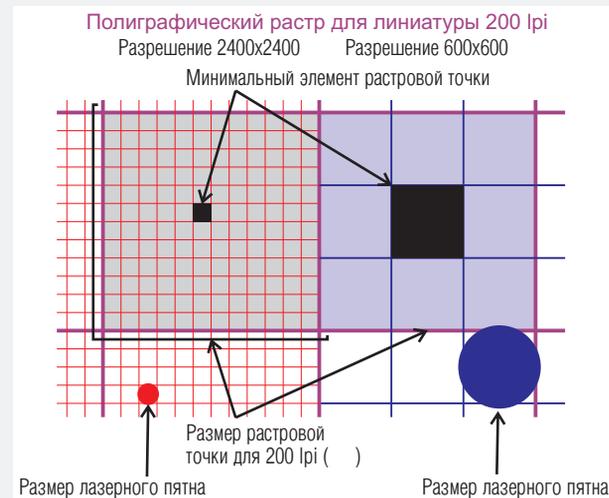


Рис. 6. Схема. Физический растр - поле точек принтера (dpi). Полиграфический растр - поле растровых точек (lpi), построенных из точек принтера

Очевидно, точка полиграфического растра при разрешении 2400x2400 dpi состоит из 144 пятен луча лазерного принтера. При разрешении 600x600 dpi та же растровая точка состоит из 9 точек принтера.

То есть, «засвечивание» лазером каждой дополнительной точки (ячейки сетки лазерного луча) – переход на следующий полутон.

Количество полутоновых градаций для разрешения 2400x2400 dpi – 145 градаций.

Количество полутоновых градаций для разрешения 600x600 dpi – 10 градаций.

Цифровая печать. Разрешение лазерного принтера

Да, 145 градаций меньше, чем 256. Однако это 3048625 цветов и оттенков. Не так уж и мало. Для 10 градаций растровой точки – 1000 оттенков. Увы.

Вот как формируются размеры растровой точки для разрешения принтера 1200 dpi:

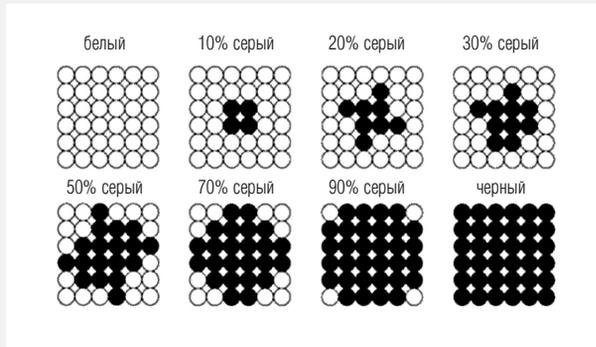


Рис. 7. Градации плотности для 200 lpi, 1200x1200 dpi

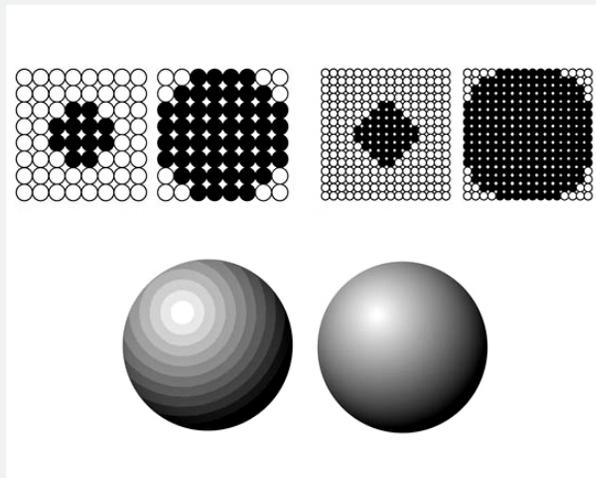


Рис. 8. Схема. Печать полутонов при разном разрешении печатного оборудования

Таким образом, качество сформированного поля растровых точек, или качество печати растровых изображений, зависит от сочетания трех параметров:

- разрешение лазерной системы принтера,
- линияра растра,
- количество воспроизводимых полутонов.

Чем выше линияра, тем резче мы воспринимаем отпечатанное изображение, мельче отображаемые детали картинки.

Чем больше возможности принтера по количеству печатаемых полутонов, тем шире диапазон цветовых оттенков на отпечатке.

Однако, все эти параметры взаимосвязаны. При увеличении линияры уменьшается количество полутонов. У принтера с более высоким разрешением больше возможностей увеличения резкости при большом количестве полутоновых градаций.

В случаях использования лазерных систем растрирования с асимметричным разрешением (например, 1800x600 dpi), схемы и алгоритмы

преобразований могут быть достаточно разнообразны. Связано это с желанием изготовителя при низком разрешении лазерной системы как-то улучшить качество печати. Вот как может выглядеть схема засветки фоторецептора при увеличенном горизонтальном разрешении и заниженной мощностью лазерного луча.

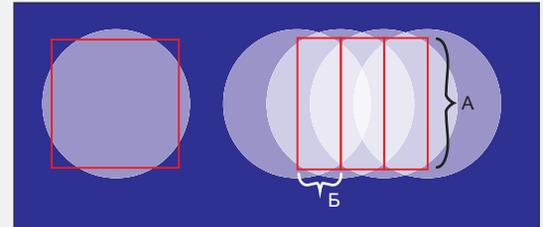


Рис. 9. Схема регулирования интенсивности заряда фоторецептора

А - шаг, определяющий разрешение 600 dpi;

Б - шаг, определяющий разрешение 1800 dpi.

Многочасное засвечивание лучом лазера одной и той же области ступенчато уменьшает ее остаточный электрический потенциал.

» Что резче – растр или вектор?»

Растровые объекты – фотографии и любые изображения в растровом виде – это уже растровое поле. Любая картинка в растровом формате представляет собой прямоугольное поле размером АxВ пикселей. При цифровой печати такое изображение может быть преобразовано только в растровый вид соответствующей линияры. Резкость отпечатка такого изображения определяется разрешением файла и не может быть выше, чем значение линияры растрирования. В этом случае, если в исходном растровом файле (bmp, jpg, tif) содержатся шрифты или другие резкие детали, то при любом разрешении фактически они будут преобразованы в разрешение линияры, в нашем случае – 200 lpi. Бессмысленно отправлять в печать растровый файл с разрешением выше 300 ppi – резкость отпечатка не улучшится. (300 ppi это оптимальное разрешение для качественного преобразования).

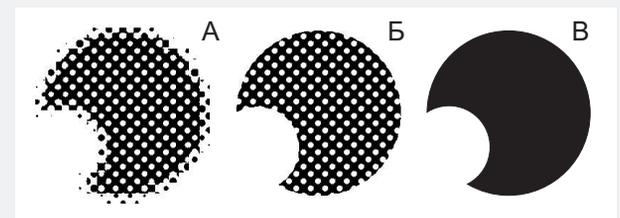


Рис. 10. Резкость изображения и растрирование:

А - растровый объект

Б - векторный объект с заливкой менее 100%

В - векторный объект с заливкой 100%

Векторные объекты – шрифты, линии, векторный клипарт – содержат точные, математически рассчитанные координаты границ элементов, из которых состоят изображения. Эти свойства используются при преобразовании в печатный растр

Цифровая печать. Разрешение лазерного принтера

для повышения резкости отпечатка. При этом, для получения максимального визуального эффекта, растривание выполняется с максимально возможным (то есть реальным) разрешением принтера.

Растривание векторного объекта со 100% заливкой из красок СМЮК дает наиболее четкий отпечаток получается объекта.

При растривании векторного объекта с цветом заливки менее 100% составляющих СМЮК вынужденно используется растр с линиатурой принтера (по другому он не может уменьшить насыщенность цвета объекта). Однако RIP процессор повышает резкость – обрезает растровую точку по контуру векторной линии.

Чем выше реальное разрешение принтера, тем резче отображение векторных объектов на отпечатке, тем мельче отображаемые детали. Разница в качестве печати будет именно такой, как показано на Рис. 2. Печать микрошрифтов возможно только при разрешении принтера не менее 2400x2400 dpi. Так что, если при печати растровых объектов еще можно как-то улучшить качество путем регулирования насыщенности тоном растровой точки, то качественная печать векторных объектов принтерам с низким реальным разрешением невозможна.

» Растривание для полноцветной цифровой печати

Все то, о чем мы говорили выше применительно к изображению растровых точек лучом лазера, не учитывает важного момента: сетка, из которой строится печатный растр, должна позволять создание четырех растровых полей (для каждой составляющей СМЮК свое поле), развернутых относительно друг друга на определенный угол. Это обязательное условие печати без муара.

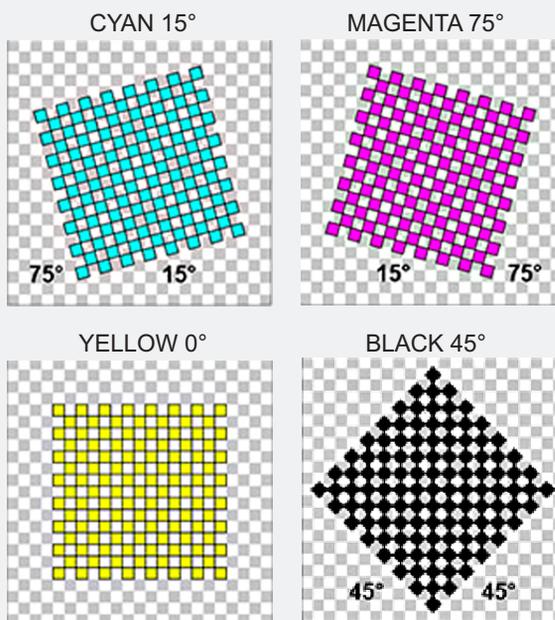


Рис. 11. Схема. Углы поворота растра

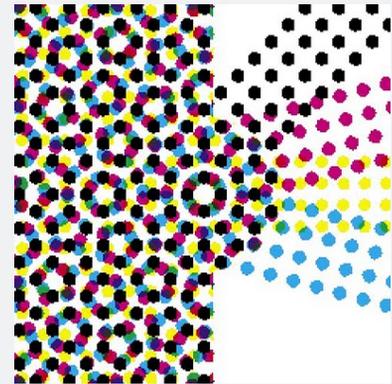


Рис. 12. Схема. Формирование "розетки" растра

В качестве стандартных углов поворота растра в полиграфии применяются:

- 0° – для желтого цвета;
- 45° – для черного цвета;
- 15° – для голубого цвета;
- 75° – для пурпурного цвета.

Эти углы поворота стремятся воспроизвести при электронном растривании. Проблема заключается в том, что пиксельная сетка, формируемая лазерным устройством, сохраняет свое направление вдоль оси цилиндра фоторецептора. На этой пиксельной сетке необходимо сформировать четыре варианта растровых сеток с разными углами поворота. Как видно на Рис. 11, проблем совмещения пиксельной и растровой сетки нет только для желтой краски, потому что угол поворота растра для нее равен 0.

При создании растровой сетки с другими углами поворота, сталкиваемся со следующими проблемами:

- Так как нельзя делить на части пиксель (это же пятно лазера), то таким образом невозможно сформировать независимую от пиксельной сетки растровую структуру. Чтобы сделать периодически повторяющейся полиграфический растр надо обеспечить совпадение узлов печатного растра с узлами пиксельной сетки. Это определяет размер растрового элемента.
- Границы растрового элемента будут ступенчатые, форма растровых элементов на разных цветах СМЮК будет разной. А от формы растровой точки также зависит качество изображения. Чем выше реальное разрешение принтера, тем больше возможности корректного формирования растровых структур СМЮК.



Рис. 13. Фото. Качество печати зависит формы растровых точек

» Муар

Низкое разрешение принтера провоцирует возникновение муара за счет визуализации ступенек от проходов лазерного луча.

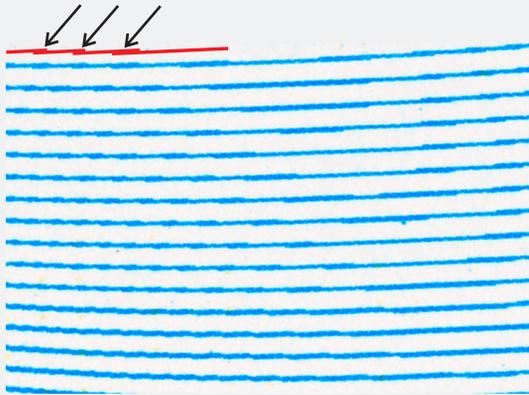


Рис. 14. Фото. Периодические изменения толщины линий от луча лазера могут давать эффект муара

» Луч лазера

Лазерный луч – вот тот «карандаш», которым принтер «рисует» все те точки, из которых наши глаза создают единую картину изображения. Результат «заточки» этого инструмента – кругом или эллипсом, квадратом или прямоугольником, малым или большим диаметром – сразу виден на изображении. Техническая сторона решения всех перечисленных задач растрования с помощью луча лазера в настоящее время может быть полностью решена. Конструкторы-оптики научились выполнять любой каприз печатников-теоретиков раstra. Точность сканирования, необходимые диаметр и форма, количество лазерных лучей, сохранение параметров пятна лазерного луча по траектории движения, вертикальное отклонение луча при горизонтальном перемещении, регулирование размеров и жесткости (размытости) пятна – все эти требования к лазерной системе могут быть реализованы.

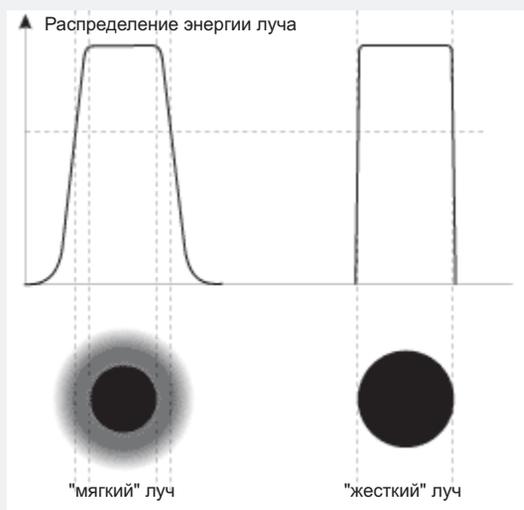


Рис. 15. "Жесткое" и "мягкое" пятно лазерного луча

Вопрос – а надо ли? – главный, который решают создатели печатного оборудования, выбирая оптимальное решение для сохранения баланса между качеством печати и ценой оборудования.

» Влияние качества пигмента на качество цвета

Для выбора способа регулирования насыщенности цвета очень важны свойства используемого красителя. Вспоминаем главную цель печатного растрования: максимальное количество полутоновых градаций. Влияют ли на это свойства красителя?

Еще как влияют! Размер самой мелкой растровой точки при линиатуре печати 200 lpi и количестве градаций 256 составляет 7,9 мкм. Посмотрим, какие возможности выполнить такую задачу у разных красителей.

Офсетная печать. Маслянистая, густая краска. Размеры пигментных частиц в ее составе – около 0,1 мкм. Способ нанесения краски не позволяет регулировать толщину ее слоя в печатном растре. Однако очень мелкие частицы пигмента и практически молекулярный состав краски делают возможным «нарисовать» точку нужного для качественной печати размера.

Сублимационная цифровая фотопечать. Красочный слой формируется из паров пигмента после его возгонки. Такой способ печати – другая крайность. Работая с парами красителя очень сложно сформировать очень мелкую точку, но есть возможность точного дозирования насыщенности. Качественные сублимационные фотопринтеры делают 256 градаций насыщенности цвета по каждой составляющей CMYK. Размеры частиц пигмента – на уровне размера молекул пара.

Лазерная цифровая печать. Ксерография использует сухой краситель. Это специальный порошок из пластмассы. Размеры частиц – от 5 до 10 мкм. Представьте, сколько частиц тонера размером 7 мкм поместятся на площадке растровой точки размером 8x8 мкм.? Получается, что только одна частица тонера. Самый качественный тонер сегодня (например, EA тонер Xerox) имеет минимальный размер частиц около 2 мкм.

Размер точки при разрешении принтера 600x600 dpi – 42x42 мкм. При таком же размере частиц на такой площади в один слой можно разместить около 50 крупинок тонера. Для того чтобы обеспечить регулирование толщины слоя, нужно поместить в эту точку не одну сотню крупинок тонера. Эти расчеты носят условный характер – реальный процесс формирования растровой точки (перенос тонера на фоторецептор) достаточно сложен, чтобы его рассчитать таким простым способом. Однако он дает представление о том, что регулирование толщины порошкового тонерного слоя в размерах растровой точки – очень непростая задача.

Кстати, в технологиях печати, использующих мелкодисперсные красители (например, жидкие офсетные краски), применяются и лазерные системы с более высоким разрешением, чем разрешение лазерных принтеров. Фотонаборные автоматы с

Цифровая печать. Разрешение лазерного принтера

разрешением 5080 dpi далеко не редкость.

Выводы:

1. Нужен пигмент мелкий, чистый, прозрачный и правильного цвета. Не используйте «левый» тонер! С ним – никаких гарантий качества печати.
2. Физические свойства тонера, размеры его частиц не позволяют выполнить стабильное регулирование насыщенности цвета изменением толщины с большим количеством градаций.
3. Лазерный принтер с высоким разрешением, использующий принцип «есть/нет заряда» на фоторецепторе более стабилен по параметрам цветопередачи.

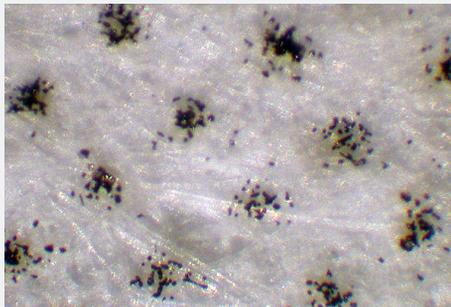


Рис. 16. Растровые точки лазерного принтера на поверхности бумаги. Видны частицы порошка тонера

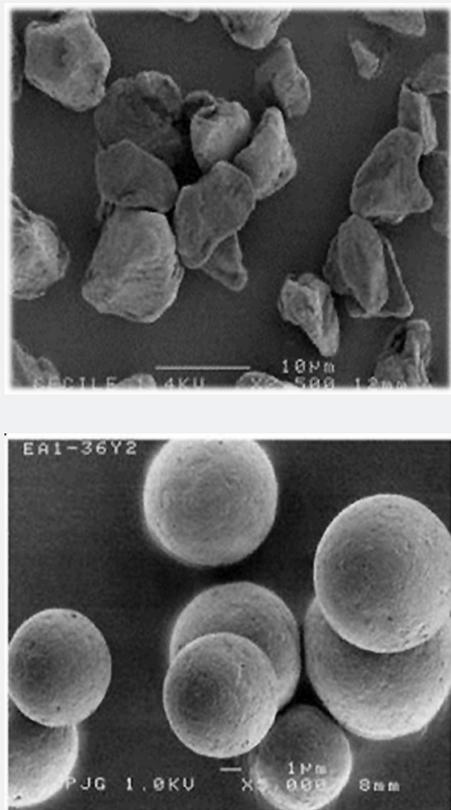


Рис. 17. Вверху - фото частиц обычного тонера (механического дробления), внизу - тонер, полученный по технологии Xerox - EA toner

Обратите внимание - на фотографиях обозначен масштабный штрих с фиксированной длиной в мкм. На фото с "механическим" (conventional) тонером длина мерного отрезка равна 10 мкм, на фото с EA тонером - штрих длиной 1 мкм.

» Выводы

Итак, мы приходим к выводу, что принтер с высоким реальным разрешением обязан качественно печатать. По некоторым параметрам он может спорить с принтерами алгоритмического высокого разрешения, а по некоторым (например печать векторных объектов) он просто недостижим. При разработке конструкции принтера с высоким разрешением изготовитель обязательно решает комплекс задач, обеспечивающих эффективную и качественную работу всей системы. Это лазер, тонер, алгоритм растрования и т.д. Высокое разрешение лазерной системы – эта та база, которая позволяет решить все задачи на более высоком качественном уровне.

Конечно, надо помнить о цене аппарата. Если вы надумали покупать - можете выбирать то, что для вас важнее - цена или качество.

А что в результате получилось у разработчика, какое качество отпечатка обеспечивают параметры аппарата можно эффективно проверить квалифицированным тестированием.

Статью подготовил: Е.Чмель