

Кулак М. И., профессор; Медяк Д. М., ассистент

## ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ ЗАПЕЧАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ГРАДАЦИОННУЮ ПЕРЕДАЧУ

In the article features of transfer of half-tone pictures by means of screening are considered. Occurrence of sharp jumps of optical density is analyzed at a press with high lineatures. On the basis of superficial properties research of a paper the assumption of presence of a resonance.

Растрирование полутонового изображения является обязательным условием его воспроизведения с помощью печатного процесса. Как известно, качество полиграфического оттиска зависит от многих факторов, но в немалой степени также и от разрешения изображения и линиатуры растра. При этом выбор линиатуры определяется характеристиками печатной машины, типом документа и технологией печати [1]. В действительности пространственная частота растра и углы поворота растра определяют, сколько данных должно содержать изображение, и для большинства типов изображений идеальное отношение входного разрешения к линиатуре растра, известное также как коэффициент качества Sampling Factor (SF), равно примерно 1,41 [1].

Данное значение коэффициента объясняется геометрическими соображениями. Разрешение сканера всегда измеряется при горизонтальном угле ноль градусов. Однако выводные устройства, поддерживающие PostScript, при генерации цифровых полутонов растр поворачивают на некоторый угол, чтобы глаз пользователя не чувствовал растровой структуры. Из всех четырех углов поворота растра системы СМΥК угол 45° черной печатной формы больше всего отходит от горизонтальной линии. Это расхождение имеет важное значение, т. к. влияет на объем информации, необходимой для формирования каждой точки растра.

Теоретически один пиксел должен содержать информацию, необходимую для генерации одной точки растра, но на практике при повороте отрезка заданной длины на 45° его горизонтальная проекция значительно уменьшается [1]. Чтобы компенсировать данное уменьшение, необходимо увеличить длину горизонтального отрезка в 1,41 раза относительно его исходной длины. Таким образом, для процессора растровых изображений RIP печатного устройства, использующего язык PostScript, требуется эквивалентный объем данных из приблизительно 1,41 пиксела изображения.

Процессор растровых изображений усредняет все значения тона внутри каждой области полутоновой ячейки, получая единое значение, на основании которого генерирует одну растровую точку. Однако если изображение содержит слишком много избыточной информации, то RIP усредняет много градаций, сводя их к единому значению, что затем негативно скажется на контрасте и деталях изображения [1].

Математическая зависимость разрешающей способности в точках на дюйм (dpi), с учетом которой необходимо сканировать оригинал для получения заданного качества, представляется в следующем виде [2]:

$$R = L \cdot SF \cdot M, \quad (1)$$

где  $L$  — линиатура полиграфического растра, которым будет производиться печать (lpi);  $M$  — масштаб изменения изображения.

Однако в практике допечатной подготовки цифровых изображений следуют эмпирическому правилу, согласно которому входное разрешение должно равняться удвоенной пространственной частоте. Верхняя теоретическая граница, равная 2, была предложена еще в 1982 г. инженером американской компании Г. Найквистом, обоснование формулируется следующим образом: для того чтобы результат измерений был лишен искажений, число замеров должно, по меньшей мере, вдвое превышать число деталей [2].

В [3] указывается, что гарантию передачи штрихов с полным контрастом независимо от их пространственной фазы дает частота разложения, в два раза превышающая растровую линиатуру. Таким образом, для получения оттиска полутонового изображения высокого качества следует использовать разрешение, превышающее линиатуру выводного устройства в 1,4–2,0 раза. На практике известно, что хорошие результаты печати на мелованной бумаге достигаются при установке SF в пределах 1,5–1,8.

Очевидно, что диапазон выбора коэффициента достаточно широк и неоднозначен, для линиатуры 100 lpi при соответствующих значениях коэффициента разрешение сканирования будет составлять 150–180 ppi. Необходимо более точно обусловить выбор значения Sampling Factor.

Общеизвестен и тот факт, что характеристики используемой бумаги ограничивают максимальную пространственную частоту растра, которую можно реализовать на практике, и также качество получаемого оттиска. Вместе с тем и содержание оригинала может влиять на выбор линиатуры. Если в изображении преобладают и имеют основное значение мелкие детали и контуры, а фоновые участки практически отсутствуют, то предпочтительно использовать линиатуру несколько более высокую, т. е. в определенной степени пренебрегая требованиями плавной тонопередачи [3].

В случае если важна достоверная передача обширных участков незначительно изменяющегося тона, целесообразно снизить линиатуру, стремясь по возможности увеличить число воспроизводимых оттенков. Данные закономерности связаны с тем, что с ростом линиатуры уменьшается четкость и резкость изображения, увеличивается заметность растра на нем, однако вместе с тем снижается число воспроизводимых градаций и плавность тонопередачи [3].

Мелованная бумага позволяет реализовывать такие линиатуры, как 150–300 lpi, для офсетной бумаги верхний предел составляет 100–111 lpi, для газетной — 65–100 lpi [1]. Данные ограничения обусловлены в значительной степени поверхностной структурой запечатываемого материала.

Очевидно, что значение коэффициента SF для длинных трех типов бумаги не является одинаковым, и даже в пределах одной группы бумаги он должен различаться в зависимости от поверхностных свойств бумаги, например от величины фрактальной размерности поверхности бумаги. Кроме того, возможно, выбор того или иного значения линиатуры может оказывать определенное влияние на величину Sampling Factor. С данных позиций представляет интерес исследование влияния поверхностной структуры запечатываемого материала на градационную передачу.

Известно, что ступенчатая тоновая шкала, образованная растровыми точками, отличающимися на одинаковое количество элементов, неравноконтрастна, т. е. нелинейна [3]. Данная нелинейность, помимо прочих факторов, усугубляется уменьшением абсолютных размеров элементов. В работе [4] построен ряд зависимостей оптической плотности от размера растровой точки для различных линиатур вывода. При выводе отрисовок с помощью лазерного принтера GCC EliteXL 608 на бумаге Data Copy видно, что данная зависимость не является линейной: чем выше используемая линиатура, тем «менее линейно» ведет себя зависимость. Начиная с линиатуры 130 lpi, на графике появляются характерные максимумы, которые отчетливо проявляются при линиатуре 180 lpi в диапазоне около 70% и 85% растровых точек. Таким образом, в данных областях можно заметить резкий «скачок» оптической плотности наряду с постепенным ростом размера растровой точки. Причиной данного явления может служить резонанс частоты растрирования и частоты расположения местных выступов микроповерхности бумаги.

Известно, что для формирования растровых точек применяют евклидов закон изменения их формы, при котором круглые элементы светов постепенно трансформируются в квадратные светки, образующие шахматное поле печатных элементов и пробелов в средних тонах. Квадратные пробелы постепенно преобразуются да-

лее в круглые при переходе к теням. Одновременно по всем четырем углам смыканию соседних точек при плавном нарастании тона сопутствует заметный скачок в тонопередаче.

Поэтому в средних тонах применяют эллиптическую или ромбическую форму, при которой касание происходит сначала в одном направлении по двум зонам контакта, например при 45%-ной растровой точке, а затем в направлении, перпендикулярном первому по двум другим, при 55%-ной растровой точке. Скачок тона, сопутствующий смыканию точек, разбивается таким образом, на два меньших и становится менее ощутимым [3].

Однако, кроме того, с ростом линиатуры размеры растровой точки становятся настолько малы, что градационная передача становится «чувствительной» к микрогеометрии поверхности. Для бумаги Data Copy шаг микронеровностей составляет порядка 100 нм, что соответствует линиатуре ~255 lpi.

С целью более детального исследования влияния были проведены дополнительные опыты по воспроизведению градационной передачи с различной линиатурой на бумаге Data Copy. Результаты измерений приведены на рис. 1.

Как отмечалось в работе [4], с увеличением линиатуры количество передаваемых градаций уменьшается. При выводе с 360 lpi и 300 lpi заметны значительные потери градационной передачи в светах, т. е. для 5–30%-ных растровых точек.

Для остальных линиатур зависимости имеют возрастающий характер, однако, начиная со 150 lpi, заметно возникновение максимумов, искажающих передачу полутонов. Построив по полученным данным зависимости оптической плотности от линиатуры для различных размеров растровой точки, можно проанализировать характер изменения с позиций поверхностной структуры запечатываемого материала [5]. На рис. 2–4 приведены полученные зависимости.

Для 5%-ной растровой точки практически не происходит изменения величины оптической плотности с ростом линиатуры (значения лежат в пределах 0,05), т. к. ее размеры настолько малы, что не влияют заметно на данный показатель, однако в области 300–350 lpi происходит резкое повышение оптической плотности до 1.

Данный факт может свидетельствовать скорее о неспособности данного типа оборудования адекватно воспроизводить на бумаге высокие света с такой линиатурой, чем о фактически получаемой величине плотности. По мере роста величины растровых точек от 5% до 35% становится заметно возрастание плотности с ростом линиатуры, причем максимум лежит за пределами области 350 lpi, можно предположить, что начинает сказываться влияние эффекта резонанса между частотой растра и частотой шаговых характеристик поверхности бумаги.

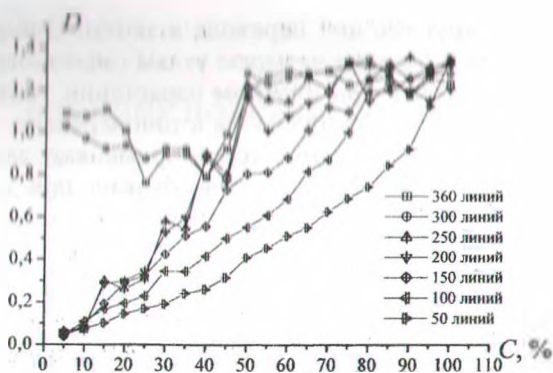


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от величины растровой точки для различных линиатур вывода

Для растровых точек от 40% до 80% характерно появление максимума на зависимости оптической плотности от линиатуры, т. е. можно говорить о том, что при достижении определенной линиатуры значение оптической плотности максимально, а при дальнейшем росте линиатуры происходит ее постепенное снижение.

Четко можно выявить наличие максимума на графике для 50%-ной растровой точки (точка максимума — 300 lpi), а также для 75%-ной растровой точки (максимум находится в диапазоне значений линиатуры ~260 lpi). Данное значение соответствует значению, рассчитанному для местных выступов микропрофиля бумаги Data Сору, и служит подтверждением предположения о том, что скачок значений оптической плотности есть следствие проявления эффекта резонанса.

Для растровых точек размером 85–100% заметно сглаживание максимума и изменение характера зависимости. При 100% значения оптические плотности практически не меняются и равны примерно 1,3.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии значительного влияния поверхностной структуры запечатываемого материала на градиционную передачу при печати. Следовательно, необходим учет поверхностных свойств бумаги,

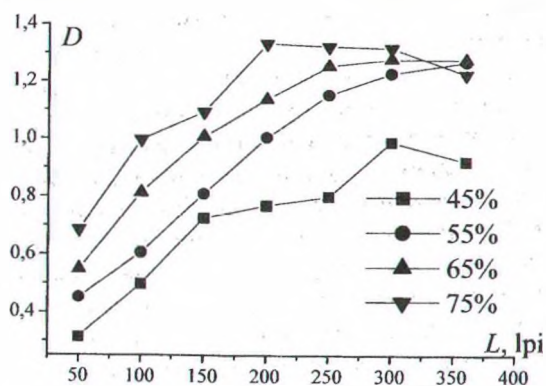


Рис. 3. Зависимость оптической плотности от линиатуры для 45–75% растровых точек

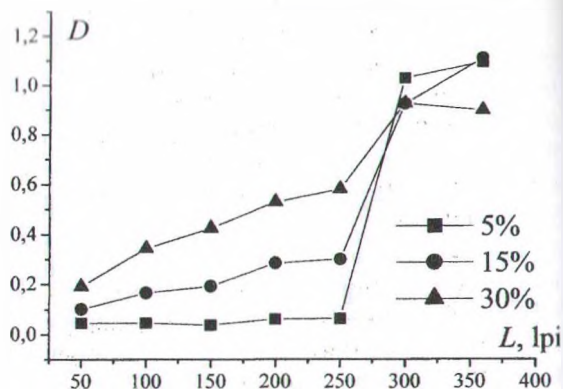


Рис. 2. Зависимость оптической плотности оттиска от линиатуры для 5%, 15% и 30% растровых точек

которая будет использоваться для печати тиража еще на стадии сканирования изобразительного оригинала. Поскольку программные обеспечения устройств ввода на сегодняшний день не позволяют оперировать для настройки процесса сканирования характеристиками используемого вида бумаги, то эти данные можно попытаться учесть в коэффициенте качества.

Как показали исследования, на градиционную передачу оказывают влияние шаговые характеристики микропрофиля, но поскольку они не определяют характер поверхности как таковой и являются абсолютными величинами, то целесообразнее использовать при расчетах показатель фрактальной размерности. В работе [5] показано, что между фрактальной размерностью профиля и шагом местных выступов профиля можно установить корреляционную зависимость. Для мелованной бумаги данная зависимость имеет вид [5]

$$S_m = \frac{1}{(-0,0002 \cdot D_{\text{пр}} + 0,785)} \quad (2)$$

Однако немаловажно отметить, что данное влияние проявляется при достаточно высоких линиатурах и состоит в том, что при совпадении

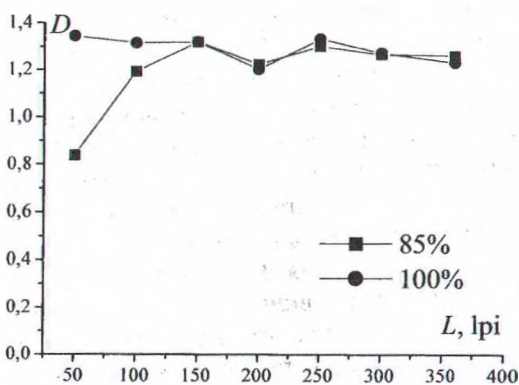


Рис. 4. Зависимость оптической плотности от линиатуры для 85–100% растровых точек

римера растровой точки, напечатанной при данной линиатуре, со средним расстоянием между местными выступами микропрофиля бумаги происходит резкое возрастание оптической плотности получаемого оттиска.

Эффект резкого скачка плотностей, в свою очередь, может привести к искажению градиционной передачи полутонового изображения, а также к искажению цветового баланса полноцветного изображения. Частичную компенсацию рассматриваемого эффекта можно заложить, например, при сканировании изображения при помощи коэффициента качества SF, используемого для расчета линиатуры. Следовательно, данный коэффициент следует рассчитывать на основании значения используемой линиатуры.

Таким образом, еще на стадии подготовки изображения к сканированию уже должны быть известны данные о линиатуре раstra и характеристиках запечатываемой поверхности. На сегодняшний день осуществление такого глобального контроля в процессе печати возможно только с использованием специальных производственно-информационных систем управления, например Data Control. В данную систему управления изготовлением полиграфической продукции объединяется все полиграфическое оборудование, используемое на предприятии. Система Data Control определяет стандарт управления всеми видами полиграфического производства от приема заказа, через допечатные процессы к печатным и послепечатным процессам, включая планирование, сбор статистических данных, архивирование и финансовое регулирование.

Каждая единица оборудования в типографии, участвующая в производстве полиграфической

продукции, через информационную линию связана с центральным пультом управления, оснащенным средствами ввода информации о ее функциональном состоянии. На рис. 5 представлена функциональная схема производственно-информационной системы управления [6].

Главная ЭВМ 1 в многомашинной вычислительной системе осуществляет функции по организации и планированию работ в системе полиграфического производства. В нее вводятся данные о поступившем заказе и сведения о заказчике. После обработки этих данных сведения из главной ЭВМ используются в подсистеме оформления заказа 2, куда поступают данные по планированию 3 и сведения из архива о возможных изменениях в заказе 4 с одновременным учетом внешних данных о заказе 5.

Согласно информации, поступившей из подсистемы оформления заказа 2, производится допечатная обработка задания 6 с использованием автоматической системы 7 считывания печатной формы CPC 31, 32 и создается схема печати 8, согласно которой вырабатывается результат точного планирования 9, определяющий входную информацию подсистемы допечатной обработки задания для печатной машины 10.

Допечатное задание передается на подсистему сравнения 11, где окончательно формируется информация о заказе на основании внешних данных о заказчике, допечатной обработки задания и собственно заказа, которая поступает на пульт дистанционного управления печатной машиной CPC 1-04.

Данные контроля и управления формируются посредством оценки качества печати системой 13 спектрофотометрического контроля качества CPC 21 и системой управления приводкой CPC 42.



Рис. 5. Функциональная схема производственно-информационной системы управления

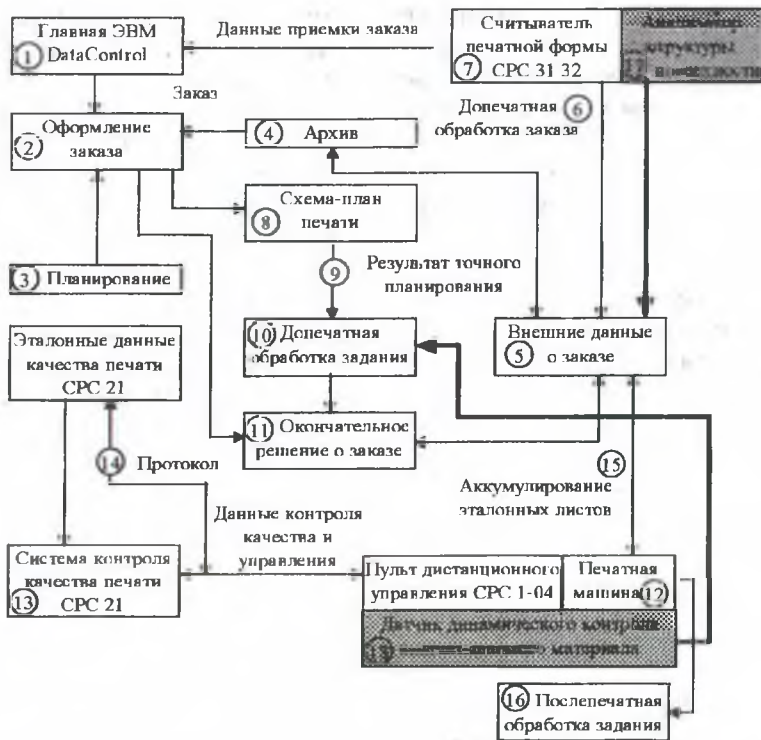


Рис. 6. Модернизированная функциональная схема производственно-информационной системы управления

Все данные контроля и управления системой занесются в протокол 14 и хранятся в памяти. С помощью пульта дистанционного управления CPC 1-04 создается база данных, аккумулируемая в подсистеме эталонных изображений печатной продукции 15. После осуществления печатных процессов заказ попадает на послепечатную стадию 16, где производятся брошпоровочно-переплечные операции.

В работе [7] рассматривались более подробно функциональные схемы системы управления качеством печатной продукции и системы управления печатным процессом. С учетом модернизации данных схем, введением дополнительных датчиков контроля входных материалов 17 и датчика динамического контроля запечатываемого материала 18 появилась возможность осуществить модернизацию схемы, приведенной на рис. 5 в соответствии с задачей, поставленной в данной работе. Посредством датчика динамического контроля 18 возможен съем данных о поверхности бумаги, расчет фрактальной размерности и передача этих сведений на стадию допечатной обработки заказа 10. Таким образом данные о поверхностной структуре бумаги могут быть использованы при расчете коэффициента качества SF и таким образом учтены еще при сканировании изображительных оригиналов.

Тогда функциональная схема производственно-информационной системы управления примет вид, представленный на рис. 6. Однако можно сказать, что данная система пока что может лишь служить прообразом типографии будущего, где все технологические процессы (допечатные, печатные и послепечатные) объединены в цепочку,

получающую информацию о заказе в одном формате, с максимальной автоматизацией всех процессов и полностью цифровым контролем и статистикой.

#### Литература

1. Айриг С., Айриг Э. Подготовка цифровых изображений для печати. — Мн.: ООО «Попурри», 1997. — 192 с.
2. Самарин Ю. Н., Сапошников Н. П., Синяк М. А. Печатные системы фирмы Heidelberg. Допечатное оборудование. — М.: Изд-во МГУП, 2000. — 208 с.
3. Кузнецов Ю. В. Основы подготовки иллюстраций к печати. Растривание. — М.: Изд-во МГУП «Мир книги», 1998. — 174 с.
4. Громыко И. Г., Русова Ю. Ю. Качество и информационная емкость оттисков, полученных на лазерных принтерах // Труды БГТУ. Сер. IX. Издат. дело и полиграфия. — 2005. — Вып. XIII. — С. 59–63.
5. Медяк Д. М. Интегрированная оценка и совершенствование технологического процесса офсетной печати на основе метода баланса краски. — Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13. — Мн., 2005. — 184 с.
6. Зирзак Л. Ф., Штоляков В. И., Леймонт Л. Л., Самарин Ю. Н. Печатные системы фирмы Heidelberg. Листовые офсетные печатные машины. — М.: Изд-во МГУП, 1998. — 136 с.
7. Медяк Д. М. Основы оптимизации параметров технологического процесса печати на основе структурного метода баланса краски // Труды БГТУ. Сер. IX. Издат. дело и полиграфия. — 2005. — Вып. XIII. — С. 64–68.