

УДК 519.72

Мемяк Д. М., старший преподаватель (БГТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАПИЛЛЯРНОГО ВПИТЫВАНИЯ КРАСКИ НА РАСТИСКИВАНИЕ РАСТРОВЫХ ТОЧЕК

В статье представлена дополненная модель процесса растискивания растровых точек. В данной модели учтен процесс прохождения оттиска через сушильную камеру печатной машины. Выполнено исследование влияния впитывания краски при повышении температуры на процесс растискивания точек на газетной, офсетной и мелованной бумаге. Проанализированы зависимости растискивания от температуры сушки и времени прохождения через сушильное устройство.

In article the added model of process spread raster points is presented. In the given model process of passage of a print through the printing press drying cell is considered. Influence research ink trap paints is executed at rise in temperature on process spread points on newspaper, offset paper and coated paper. Dependences spread from temperature of drying and passage time through the drying cell are analyzed.

**Введение.** Процесс получения оттиска представляет собой совокупность различных по физической и химической природе процессов, тесно взаимосвязанных и оказывающих взаимное влияние. Растискивание является одним из дефектов воспроизведения растровых точек при печати оттисков и выражается в увеличении их размера на бумаге по отношению к размеру, заданному на допечатной стадии технологического полиграфического процесса. Данный дефект является причиной искажения передачи полутонов и цветовых оттенков изображения, снижения количества передачи градаций. Обусловливать возникновение растискивания могут как параметры процесса печати (конструкционные особенности печатной машины, скорость печати, давление, температура и влажность воздуха и т. д.), так и свойства используемых материалов, в основном бумаги и краски.

Базовая модель растискивания, изложенная в [1], включала в себя учет только механической составляющей процесса растискивания. Она рассматривала поведение краски на поверхности бумаги под действием давления печати: ее распространение по поверхности и проникновение вглубь бумажного листа. Дальнейшее развитие модель получила с учетом оптической составляющей процесса: поглощение света на граничных областях растровых точек. Результаты моделирования оптического растискивания представлены в [2]. Интеграция двух разработок в единую комплексную модель и исследование полученных результатов проводилось в рамках работы [3]. В данном исследовании предполагается добавить к существующей модели растискивания растровых точек еще один аспект технологического процесса печати — процесс прохождения оттиска через сушильную камеру пе-

чатной машины, а также оценить влияние температуры и времени прохождения через нее на процесс растискивания точек.

**Основная часть.** Учет процесса воздействия повышенной температуры на оттиски предполагает некоторое изменение принципов, на которых базировались модели [1–3].

Для получения качественного оттиска необходимо, чтобы краска на поверхности бумаги создавала красочный слой определенной толщины, тогда изображение будет обладать необходимой оптической плотностью и хорошо различаться на поверхности бумаги. Однако известно, что при повышении температуры вязкость краски снижается и, соответственно, она легче проникает в толщу листа бумаги. Таким образом, процесс нагрева может привести к тому, что весь объем краски впитается в бумагу, и на оттиске не будет достигнута технологически необходимая оптическая плотность. Поэтому сразу следует рассматривать модель, учитывающую повышенную подачу краски и последующее ее впитывание в бумагу. При этом повышение подачи краски должно быть таким, чтобы на выходе из зоны сушильной камеры краска на бумаге образовывала технологически необходимую толщину для создания определенной оптической плотности изображения.

В соответствии с вышесказанным в механическую составляющую процесса растискивания будут входить три фазы, описанные в [1]: нанесение на бумагу некоторого объема краски, превышающего необходимую величину (рис. 1, а); растекание краски по поверхности бумаги и частичное проникновение в толщу листа, определяемое начальной вязкостью краски, поверхностными свойствами бумаги и давлением

печати (рис. 1, б). Далее моделируется процесс взаимодействия краски с бумагой при повышенной температуре и определяется глубина и объем проникновения краски в толщу листа (рис. 1, в). Для описания данного процесса используется теория, математическая модель и результаты, полученные в [4]. Завершающая фаза процесса растискивания учитывает влияние оптической составляющей на оставшемся слое краски для растровых точек различного размера (рис. 1, з). Предельным и нежелательным вариантом процесса прохождения сушильного устройства может стать полное впитывание краски из растровой точки в бумагу, отраженное на рис. 1, д.

Математическая модель базируется на следующих выражениях, полученных в предыдущих работах. Длина пути краски по поверхности бумаги  $x_p$  за время печатного контакта при воздействии давления определяется согласно [1]:

$$x_p = \sqrt{\frac{2K_{\Pi}P_0}{\eta} t_{\text{конт}}}, \quad (1)$$

где  $K_{\Pi}$  — коэффициент проницаемости пористой среды (бумаги);  $P_0$  — давление в зоне печатного контакта;  $\eta$  — динамическая вязкость краски;  $t_{\text{конт}}$  — время печатного контакта.

Глубина проникновения краски в бумажный лист  $h_p$  на втором этапе процесса определяется

в результате решения интегрального выражения из [1]:

$$\int_0^{h_p} \frac{h\beta(h)}{\Pi(h)} dh - \frac{kP_0}{\eta} t_{\text{конт}} = 0, \quad (2)$$

где  $\beta$  — коэффициент извилистости порового пространства;  $\Pi$  — пористость бумаги;  $k$  — коэффициент проницаемости элементарной поровой ячейки.

Капиллярное впитывание краски под действием температуры может быть описано уравнением Уошборна, которое отражает кинетику проникновения жидкости в капилляр, и уравнением Френкеля — Андраде, которое описывает зависимость вязкости жидкости от температуры.

Таким образом, выражение, позволяющее определить глубину проникновения краски в бумагу под действием температуры, имеет следующий вид [4]:

$$h_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{\frac{\sigma_{\text{ж}} R t \cos \theta}{2\eta_0 e^{KT}}}}{\beta}, \quad (3)$$

где  $\sigma_{\text{ж}}$  — поверхностное натяжение краски;  $R$  — радиус капилляра;  $t$  — время;  $\theta$  — краевой угол смачивания;  $\eta_0$  — вязкость краски;  $W$  — энергия активации процесса течения;  $K$  — константа Больцмана;  $T$  — температура.

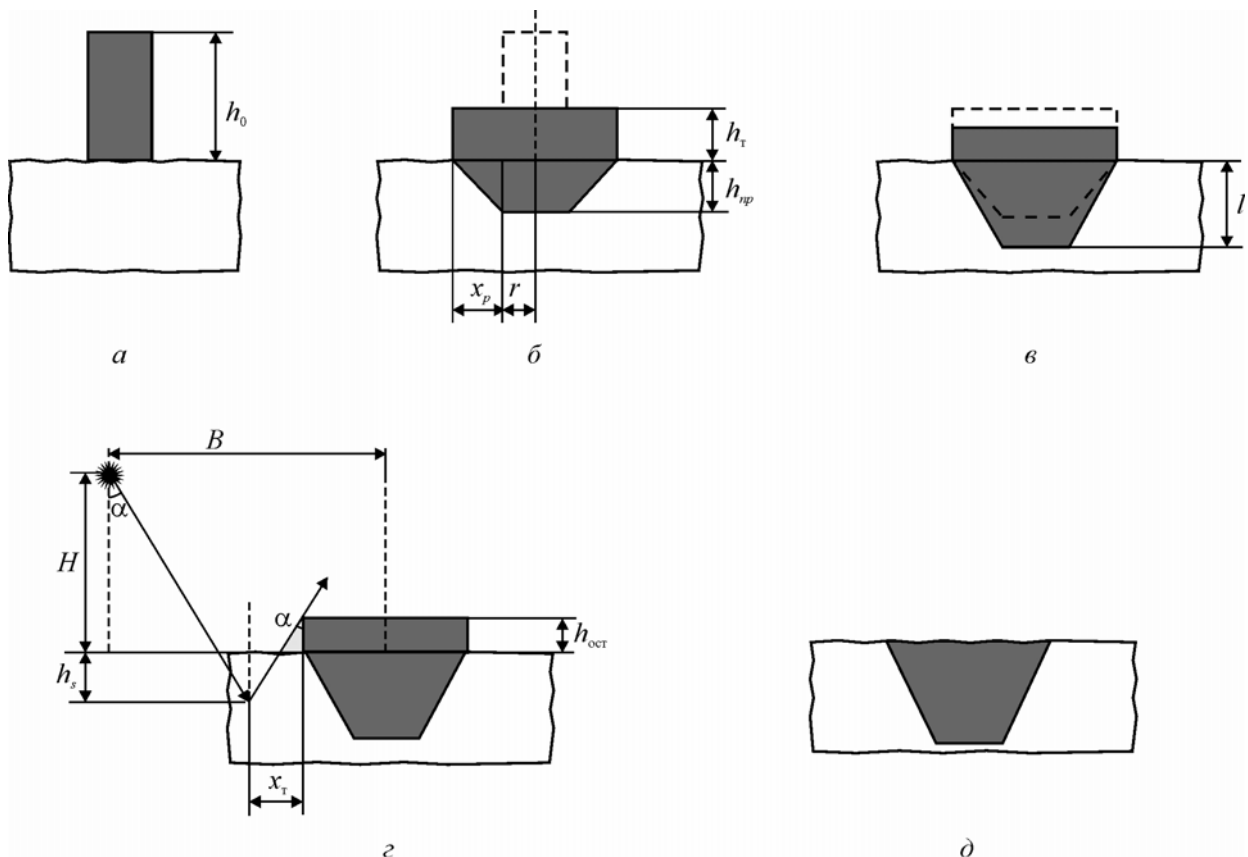


Рис. 1. Принципиальная схема растискивания растровой точки с учетом капиллярного впитывания

Оптическая составляющая процесса растискивания определяется исходя из геометрических соотношений, представленных в [2]. Увеличение размера растровой точки  $x_T$  определяется по формуле

$$x_T = \frac{(h_T + h_S)(B - r)}{H + h_T + 2h_S}, \quad (4)$$

где  $h_T$  — толщина красочного слоя;  $h_S$  — глубина проникновения света в толщу листа;  $B$  — расстояние от растровой точки до источника освещения в измерительном приборе;  $r$  — радиус растровой точки;  $H$  — высота расположения источника освещения в измерительном приборе.

Величина растискивания растровых точек относительно необходимого размера определялась по формуле, полученной в [1].

Для моделирования описанного процесса использовались характеристики реальных печатных материалов и технологических процессов, в частности такие параметры бумаги, как фрактальная размерность поверхности, толщина листа, средняя высота микронеровностей поверхности; характеристики краски — температура, вязкость; параметры печатного процесса — толщина щелевого зазора, давление печати, время печатного контакта, время прохождения через сушильное устройство, температура нагрева. При выполнении расчетов использовались параметры газетной, офсетной и мелованной видов бумаги, а также характеристики печатной краски Eхast.

Реализация модели и расчеты проводились в программе Mathcad. В результате моделирования получен ряд зависимостей, отражающих влияние учета процесса прохождения оттиска через зону сушки на растискивание растровых точек различного размера. На рис. 2–4 представлены зависимости величины растискивания от температуры сушильного устройства при фиксированном времени его прохождения (3 с) для трех видов бумаги (газетная — рис. 2, офсетная — рис. 3, мелованная — рис. 4). Рис. 6–8 отражают зависимости, полученные при фиксированном значении температуры 80 °С. Выбор данного значения объясняется тем, что технологически максимально возможная температура в сушильных устройствах составляет 80–100 °С во избежание возгорания бумаги. Для сравнения значений, полученных для различных видов бумаги, на отдельные рисунки вынесены значения растискивания для 50%-ной растровой точки при фиксированном времени прохождения сушки (рис. 5) и при фиксированной температуре (рис. 9).

Анализируя рис. 2, где представлены зависимости для газетной бумаги, можно отметить, что повышение температуры нагрева в сушильной камере приводит к снижению величины растискивания растровых точек: для 20%-ной растровой точки на 22% относительно начальной величины растискивания, для 50%-ной — на 27%, для 70%-

ной — на 29% (рис. 2). Фактически это означает, что, например, 50%-ная точка при температуре 20 °С будет иметь размер 77%, а при температуре 100 °С — 69%. На офсетной бумаге снижение величины растискивания имеет следующие значения для различных градационных участков: 20%-ная растровая точка — уменьшение на 25,5%, 50%-ная — на 31%, 70%-ная — на 31% (рис. 3). То есть реальный размер 50%-ной растровой точки на оттиске составит при температуре 20 °С — 70%, а при температуре 100 °С — 64%. Для мелованной бумаги получены следующие результаты: 20%-ная растровая точка при повышении температуры снизит величину растискивания на 29%, 50%-ная — на 28%, 70%-ная — на 27% (рис. 4). Фактически данные результаты свидетельствуют о том, что 50%-ная растровая точка будет воспроизводиться 70% при температуре 20 °С и 65% при 100 °С.

При сравнении результатов, полученных на 50%-ной растровой точке для трех видов бумаги, можно отметить, что приближение к необходимому размеру растровой точки на оттиске при повышении температуры воздуха на данных образцах офсетной и мелованной бумаги имеет схожий характер. В результате прохождения зоны сушильного устройства в обоих случаях достигается 5–6%-ное уменьшение размера. На газетной бумаге, обладающей большей впитывающей способностью, размер точек снижается на 7%. Кроме того, имеет место более интенсивный процесс изменения величины растискивания при повышении температуры. Это отражено на рис. 5 в виде более крутого спуска прямолинейного участка кривой газетной бумаги по сравнению с кривыми офсетной и мелованной бумаги. Анализируя рис. 5, также следует отметить, что для газетной бумаги характерно достижение стабильного значения растискивания начиная с 70 °С, это свидетельствует о том, что достигнуто предельное значение впитывания для данного объема подачи краски и растровая точка полностью впиталась в бумагу, поэтому дальнейшее изменение растискивания не происходит (см. рис. 1, д). Таким образом, для получения на газетной бумаге достаточной величины оптической плотности изображения следует избегать высоких температур (более 60 °С) в сушильном устройстве. На офсетной и мелованной бумаге достижение данного эффекта не наблюдается.

Анализ зависимостей величины растискивания от времени прохождения через сушильное устройство (рис. 6–8) позволил выявить следующие закономерности. На газетной бумаге у 20%-ной растровой точки снижается величина растискивания на 41%, у 50%-ной — на 44%, у 70%-ной — на 44,4%. На офсетной бумаге величина растискивания снижается для 20%-ной растровой точки на 37,7%, для 50%-ной — на 35,5%, для 70%-ной — на 34,7%.

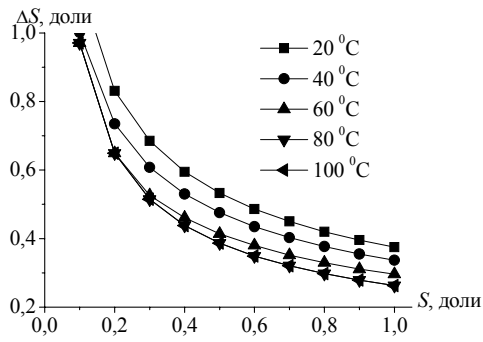


Рис. 2. Зависимость растискивания от температуры на газетной бумаге

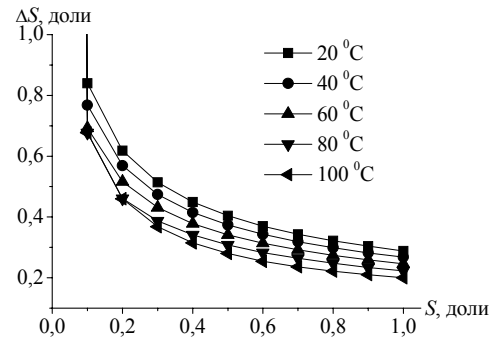


Рис. 3. Зависимость растискивания от температуры на офсетной бумаге

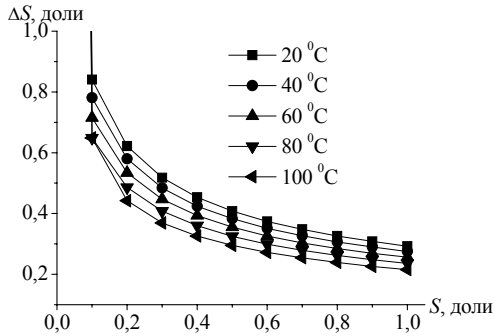


Рис. 4. Зависимость растискивания от температуры на мелованной бумаге

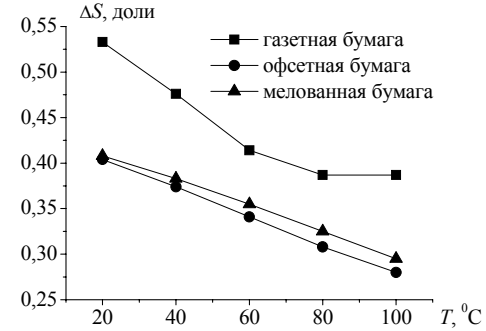


Рис. 5. Зависимость растискивания от температуры для 50%-ной растровой точки

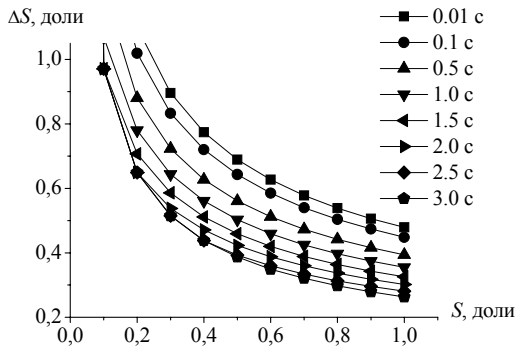


Рис. 6. Зависимость растискивания от времени на газетной бумаге

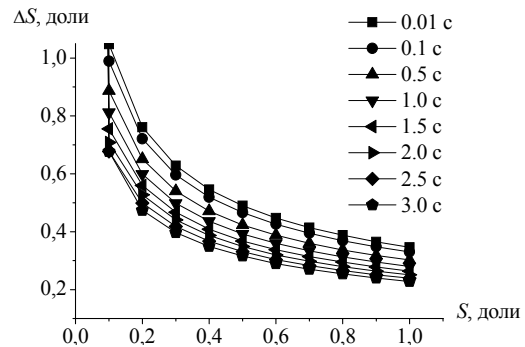


Рис. 7. Зависимость растискивания от времени на офсетной бумаге

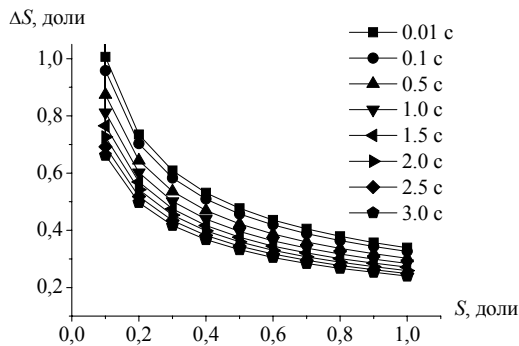


Рис. 8. Зависимость растискивания от времени на мелованной бумаге

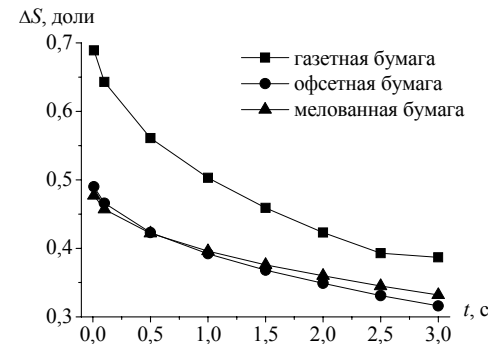


Рис. 9. Зависимость растискивания от времени для 50%-ной растровой точки

Для мелованной бумаги получены следующие значения: растискивание 20%-ной растровой точки снижается на 32,4%, для 50%-ной —

на 30,4%, для 70%-ной — на 30%. Таким образом, можно отметить, что изменение величины растискивания в зависимости от времени нахо-

ждения в сушильном устройстве имеет практически такой же характер, что и при изменении температуры. То есть, на газетной бумаге наблюдается более выраженное влияние впитывания краски в толщу листа бумаги, чем на офсетной и мелованной бумаге.

Сравнительную характеристику влияния времени протекания процесса сушки оттисков на растискивание 50%-ной растровой точки, отпечатанной на различных видах бумаги, можно получить при анализе рис. 9. Убывание кривых подтверждает снижение величины растискивания с увеличением времени. Причем на газетной бумаге наблюдается более интенсивный процесс впитывания краски, который приводит к полному поглощению краски растровой точки бумагой через 2,5 с, что недопустимо с технологической точки зрения. На офсетной и мелованной бумаге можно отметить плавное снижение значения растискивания, однако офсетная бумага имеет более «рыхлую» структуру, чем меловальное покрытие мелованной бумаги, поэтому уменьшение растискивания растровой точки на мелованной бумаге происходит медленнее. Кроме того, по представленным зависимостям (рис. 2–4, рис. 6–8) можно проанализировать влияние воздействия повышенной температуры и капиллярного впитывания на растискивание растровых точек различных участков тонового диапазона. Общая тенденция растискивания такова — чем меньше размер растровых точек, тем выше величина растискивания [3]. Однако под действием температуры растровые точки светов быстрее уменьшаются в размерах, так как впитывание краски происходит с одинаковой скоростью на всех участках бумаги и не зависит от длины фронта краски.

**Заключение.** В модель, описывающую процесс растискивания растровых точек, интегрирован дополнительный модуль, который позволяет учесть влияние прохождения оттиска через зону с повышенной температурой в сушильном устройстве печатной машины. Изменение температуры приводит к изменению реологических свойств красок, что соответствующим образом сказывается на величине точек

астра. Анализ зависимостей, полученных для различных характеристик реальных печатных материалов, показывает, что увеличение температуры воздуха в сушильном устройстве и времени прохождения оттиска через него приводит к снижению величины растискивания. Причем уменьшение более ярко выражено на газетной бумаге, которая обладает более высокими впитывающими характеристиками по сравнению с офсетной и мелованной. Однако следует учитывать, что процесс обработки оттиска при повышенной температуре приводит к повышенному впитыванию краски, а значит, требуется изначально увеличенная подача краски на бумагу для компенсации последующих эффектов.

Таким образом, в данной работе получена модель, которая позволит прогнозировать изменение величины растискивания растровых точек при печати оттиска с последующей сушкой в печатной машине. Результаты расчетов с использованием реальных характеристик печатных материалов могут быть использованы для построения калибровочных компенсационных кривых на допечатных стадиях полиграфического процесса.

#### Литература

1. Кулак, М. И. Закономерности влияния давления печатного контакта на изменение размера растровых точек / М. И. Кулак, Д. М. Медяк, О. П. Старченко // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. — 2007. — № 1. — С. 61–67.
2. Медяк, Д. М. Структурная модель оптического растискивания растровых точек / Д. М. Медяк // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. — 2008. — Вып. XVI. — С. 22–25.
3. Медяк, Д. М. Моделирование процесса растискивания растровых точек / Д. М. Медяк // Труды БГТУ. Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. — 2009. — Вып. XVII. — С. 17–20.
4. Кулак, М. И. Влияние температуры и неоднородности структуры порового пространства бумаги на капиллярное впитывание печатной краски / М. И. Кулак, Д. М. Медяк, О. П. Старченко // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. — 2010. — № 2. — С. 69–77.

*Поступила 19.03.2010*