

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРАЖЕСТОЙКОСТИ ФЛЕКСОГРАФСКИХ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ CYREL DPR МЕТОДОМ МИКРОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ПЕЧАТНЫХ ОТТИСКОВ

During the lead work it has been certain real stability of the flexographic printed forms by a method of the microstructural analysis of raster elements of a printed print. In article laws of change of the size of raster elements for rasters with various percentage filling also have been revealed. The one-factorial dispersive analysis which has shown that it is possible to take for granted influence of volume of circulation on increase in the area of raster points during flexographic press has been lead. Schedules of influence of volumes of circulation on increase gain raster points during the flexographic printed are constructed.

**Введение.** Важной стороной управления качеством печатной продукции является контроль измерения размера растровых элементов при переносе их с печатной формы на оттиск.

Признанным способом оценки качества печати является измерение растискивания  $\Delta S$ . Растискивание – увеличение размеров печатных элементов на оттиске в процессе печатания, приводящее к градационным и цветовым искажениям. На многих полиграфических предприятиях растискивание измеряют с помощью денситометра, но следует иметь в виду, что растискивание является расчетной величиной и зависит от расчетного алгоритма [1].

**Основная часть.** Высокое растискивание это один из основных недостатков флексографии [2]. Для того чтобы с ним бороться, нужно научиться правильно его измерять. Именно этому посвящено данное исследование и предлагаемая методика.

Контроль растискивания растровых точек и износ печатных элементов фотополимерной печатной формы целесообразно осуществлять путем микроскопии печатного оттиска. Числовые показания различных измерительных приборов при контроле качества могут отличаться друг от друга.

Известно, что в величине растискивания, измеренной денситометром, на самом деле кроются два значения: физическое (процесс растекания краски при печати из-за оказанного давления) и оптическое (процесс увеличения видимого размера точки за счет явления светоотражения-светорассеяния в системе «краска – запечатываемый материал»). Отсюда может возникнуть разница между измерениями денситометром и микроскопом.

При использовании метода микроструктурного анализа печатных оттисков появляется возможность точного выделения заданного количества растровых точек с помощью программного обеспечения «AutoScan» с дальнейшим определением физического (фактического), а не комплексного размера растровых точек (физическое и оптическое растискивания печатных элементов).

Предложенный метод микроструктурного анализа растровой структуры печатных оттисков включает следующие операции:

- получение контрольных листов печатных оттисков с каждого тиражного рулона печати;

- оцифровка микроскопического изображения растровой структуры элемента контроля со всех контрольных оттисков;

- выделение необходимого количества растровых точек на оцифрованных изображениях (порулочно);

- измерение относительной площади растровых точек и определение растискивания (увеличения площади печатающих элементов);

- оценка качества флексографской продукции и износа печатной флексографской формы по результатам проведенных измерений.

Инструментальную и визуальную оценку качества оттиска проводят во многих случаях, одним из которых является контроль тиражестойкости печатных форм и оценка стабильности процесса печати тиража (сравниваются оттиски, сделанные в разное время печати тиража) [1].

Показателем тиражестойкости печатных форм является растискивание печатных растровых элементов. Известно, что допустимое максимальное растискивание во флексографском печатном процессе приходится на диапазон 20–30%, поэтому при достижении растровых точек этого диапазона растискивания флексографские печатные формы будем считать не пригодными для дальнейшей печати.

Данное исследование проводилось на ООО СП «Унифлекс» с целью выявления фактической тиражестойкости печатных флексографских форм Cyrel DPR фирмы DuPont, содержащих участки с различным процентным заполнением растровых точек при печати тиражей, имеющих всевозможные дизайны (растр, плашка). Производители формных пластин заявляют тиражестойкость флексографских печатных форм около 1 миллиона краскооттисков, однако исходя из производственного опыта главных и ведущих технологов флексографских предприятий фактическая

тиражестойкость особенно прорастированных печатных форм значительно ниже заявленной производителями.

Для достижения поставленной цели исследовался характер изменения растискивания на протяжении печати тиража методом микроструктурного анализа растровых элементов. Выявления порога тиражестойкости флексографских печатных форм проводилось на следующих тиражах.

*Тираж № 1.* Печатался на широкоформатной восьмикрасочной машине Soloflex с центральным печатным цилиндром с использованием фотополимера DuPont Cyrel DPR (толщиной 1,14 мм), подложки средней жесткости Tesa 52021 (толщиной 0,38 мм). При печати заказа общим тиражом 1650 кг, ширина печати составляла 582 мм, диаметр формного вала – 290 мм, запечатываемый материал – ориентированный полипропилен, толщиной 20 мкм.

При осуществлении метода микроструктурного анализа использовались: универсальный световой микроскоп МИ-1, цифровая камера Nikon Colorpix-4300 с фотоадаптером, образцы печатных оттисков с каждого рулона на протяжении всего тиража, пакет программ AutoScan.

Микроанализ проводят с целью определения микроструктуры растровых элементов печатных оттисков, оценки их размеров и формы при обработке изображений с помощью программного пакета AutoScan.

Для дальнейшей работы необходимо рассчитать количество краскооттисков, которое равно количеству погонных метров отпечатанного тиража деленное на диаметр формного цилиндра.

Полный диаметр формного цилиндра равен диаметру формного цилиндра плюс две толщины печатной формы, плюс две толщины клеящей ленты:  $290 \text{ мм} + 2,280 \text{ мм} (2 \times 1,14 \text{ мм}) + 0,760 \text{ мм} (2 \times 0,38 \text{ мм}) = 293,04 \text{ мм}$ .

Длина окружности формного цилиндра равна произведению его диаметра на величину  $\pi$  и соответственно равно:  $293,04 \text{ мм} \times \pi (3,1415927 \text{ мм}) = 920,6123 \text{ мм}$ .

В результате проведенного эксперимента были получены результаты (табл. 1).

Для проверки того, что полученные данные отвечают действительности, т. е. не обусловлены случайными причинами, был проведен дисперсионный анализ.

В любом эксперименте средние значения наблюдаемых величин меняются в связи с изменением основных факторов (качественных или количественных), определяющих условия опыта, а также случайных факторов. Исследование влияния тех или иных факторов на изменчивость средних является задачей дисперсионного анализа [3].

Рассмотрим применение однофакторного дисперсионного анализа для выяснения влияния объема тиража на растискивание растровых точек в процессе печати заказа. Определялась относительная площадь растровых точек на контрольном листе каждого рулона на протяжении всего тиража. Полученные данные представлены в табл. 2. Такое построение таблиц является стандартным при дисперсионном анализе и очень удобно для дальнейших вычислений [4].

Дисперсионный анализ данных о размере растискивания растровой точки на протяжении печати тиража представлен в табл. 3.

Таблица 1

**Значение растискивания на протяжении всего тиража**

Номер рулона	Кр. отт., тыс.	Сыан 34%	$\Delta S$	Magenta 58%	$\Delta S$	Magenta 64%	$\Delta S$
1	10	33,8	0,0	63,9	10,2	70,0	9,4
2	22	34,5	1,5	64,8	11,7	72,9	13,9
3	34	34,8	2,4	65,8	13,4	72,8	13,8
4	46	35,4	4,1	66,4	14,5	72,6	13,4
5	53	35,8	5,3	66,9	15,3	72,8	13,8
6	68	36,2	6,5	67,0	15,5	73,3	14,5
7	81	37,7	10,9	67,5	16,4	73,9	15,5
8	92	36,9	8,5	66,6	14,8	73,6	15,0
9	104	37,2	9,4	66,9	15,3	74,5	16,4
10	116	38,5	13,2	69,5	19,8	75,5	18,0
11	127	39,2	15,3	69,7	20,2	77,5	21,1
12	141	40,5	19,1	70,9	22,2	76,9	20,2
13	156	40,9	20,3	72,4	24,8	77,8	21,6

Данные для расчета дисперсионного анализа

Номер рулона	Определение $x_{ij}$				$T_i$	$n_i$	$\bar{x}_i$	$T_i^2$
	1	2	3	4				
1	64,2	63,8	63,3	64,3	255,6	4	63,9	65 331,36
2	65,5	64,2	64,3	65,2	259,2	4	64,8	67 184,64
3	65,9	66,2	65,1	66,0	263,2	4	65,8	69 274,24
4	66,1	65,4	66,9	67,2	265,6	4	66,4	70 543,36
5	67,3	66,5	66,3	67,5	267,6	4	66,9	71 609,76
6	67,5	66,8	66,8	66,9	268,0	4	67,0	71 824
7	67,8	68,1	67,4	66,7	270,0	4	67,5	72 900
8	66,8	66,3	66,9	66,4	266,4	4	66,6	70 968,96
9	67,3	66,8	66,7	66,8	267,6	4	66,9	71 609,76
10	68,7	70,2	69,6	69,5	278,0	4	69,5	77 284
11	69,9	68,9	69,5	70,5	278,8	4	69,7	77 729,44
12	71,2	70,7	71,1	70,6	283,6	4	70,9	80 428,96
13	72,6	72,5	72,0	72,5	289,6	4	72,4	83 868,16
					$T = 3\ 513,2$ $T^2 = 12\ 342\ 574,24$	$N = 52$	$\sum T_i^2 = 950\ 556,6$	

Заключительным этапом дисперсионного анализа является сравнение двух средних квадратов. Один из них характеризует влияние изучаемого фактора – объема тиража, а другой – случайное варьирование. Достоверным признается такое фактически полученное значение  $F$ , которое превышает табличное.

При дисперсионном анализе величина  $F$  указывает на влияние изучаемого фактора А в общей изменчивости материала.

Как показали расчеты однофакторного дисперсионного анализа, можно считать доказанным влияние объема тиража на увеличение площади растровых точек (растискивание) в процессе флексографической печати с уровнем значимости  $P < 0,01$ , т. е. с вероятностью  $p > 0,99$ . Первоначальная нулевая гипотеза об отсутствии влияния объема тиража на растискивание отвергается.

После установления при помощи дисперсионного анализа того факта, что объем тиража существенно влияет на растискивание раstra, требуется выяснить, какой из рулонов оказывает наибольшее воздействие. Это сравнение было проведено при помощи множественного ранго-

вого критерия Дункана [3]. Проведенные вычисления при 5%-ном уровне значимости показали, что каждый последующий печатный рулон оказывает значительное влияние на величину растискивания на протяжении всего тиража.

Из графиков на рис. 1 видно, что относительная площадь растровых точек увеличивается на протяжении всего тиража. Скачкообразное поведение графиков обусловлено такими технологическими операциями, как мойка ракеля, его замена, мойка печатных форм, регулировка давления печати, но, несмотря на все вышеперечисленное, при изучении графиков видно, что происходит увеличение относительной площади растровых элементов на протяжении печати всего тиража. Что касается влияния размера растровой точки на растискивание, демонстрируется вполне стандартная закономерность: стремительное нарастание растискивания во флексографическом процессе репродукции приходится на растр с коэффициентом запечатки 30–40%.

На рис. 2 представлены микрофотографии регулярного раstra с коэффициентами запечатки 34, 58 и 64%, полученные на полимерах DPR.

Результаты дисперсионного анализа

Источник варьирования	Сумма квадратов $ss$	Число степеней свободы $df$	Средний квадрат $ms$	$F$ фактическое	$F$ табличное	
					$P = 0,05$	$P = 0,01$
Общее	292,50	51	—	86,94		
Фактор А (номер рулона)	281,96	12	23,50		2	2,66
Случайные отклонения	10,54	39	0,27			

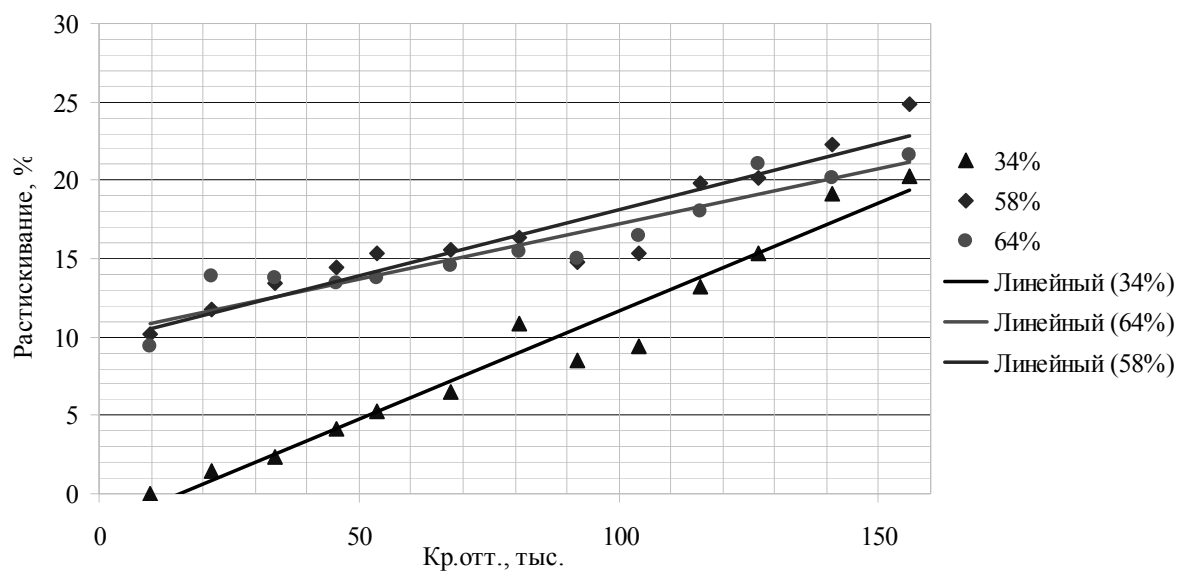


Рис. 1. Влияние объема тиража на растискивание

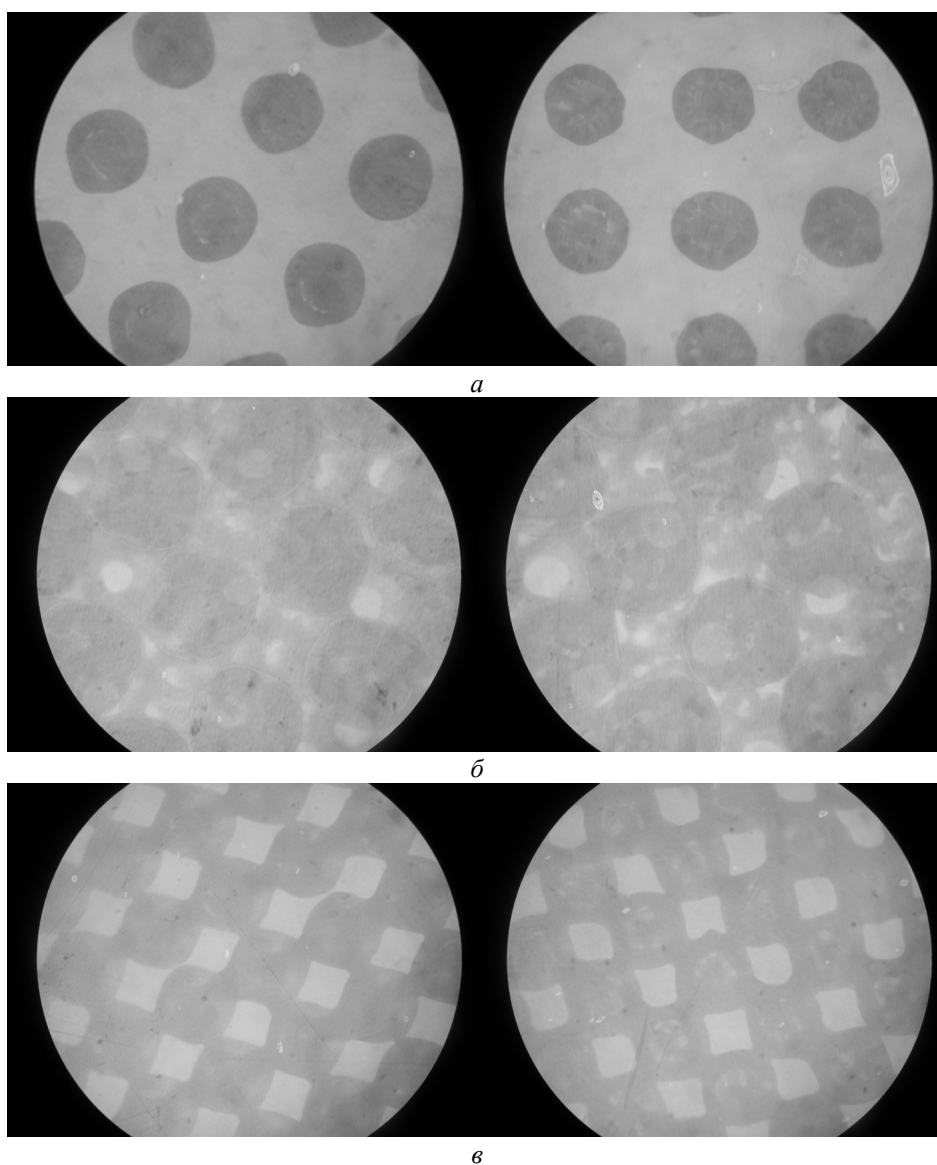


Рис. 2. Микрофотографии растровых точек на оттисках в начале и конце тиража с коэффициентом запечатки: *а* – 34%; *б* – 58%; *в* – 64%

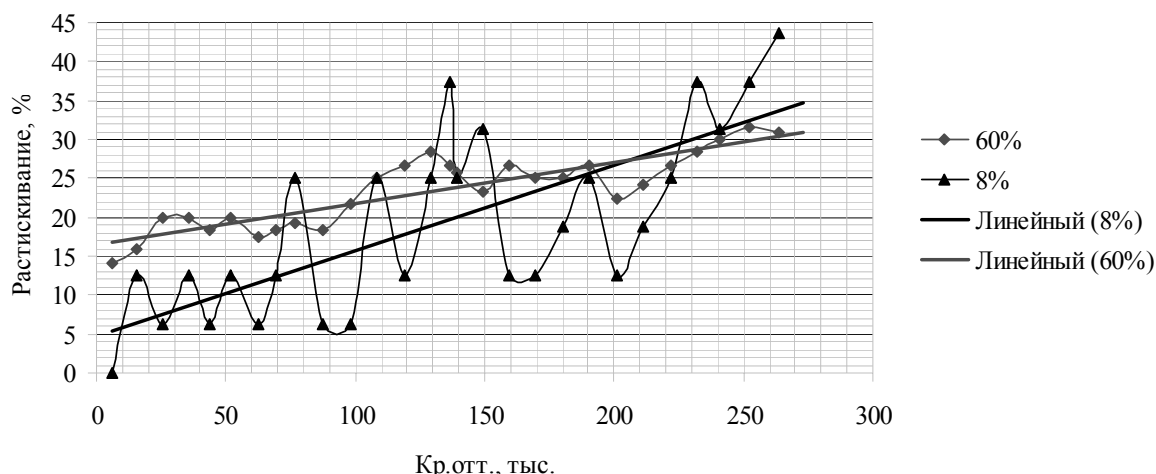


Рис. 3. Влияние объема тиража на растискивание

Анализ представленных микрофотографий, прежде всего, позволяет отметить, что в процессе печати тиража растровые структуры с различным коэффициентом запечатки подверглись растискиванию, а также деформации формы растровых точек, особенно это заметно на рис. 2, а и рис. 2, в. Сравнение между собой микрофотографий, полученных для растров с разным процентным заполнением, подтверждает, что все они обеспечивают примерно оди-

наковый уровень растискивания, что объясняется близостью размеров растровых точек.

Рассматривая под микроскопом растр с коэффициентом запечатки 64%, обратим внимание на то, что в начале тиража растровая точка однородно заполнена, в то время как в конце тиража не обеспечивается равномерное заполнение точки. Это можно объяснить избыточным давлением и износом формы в процессе печати тиража.

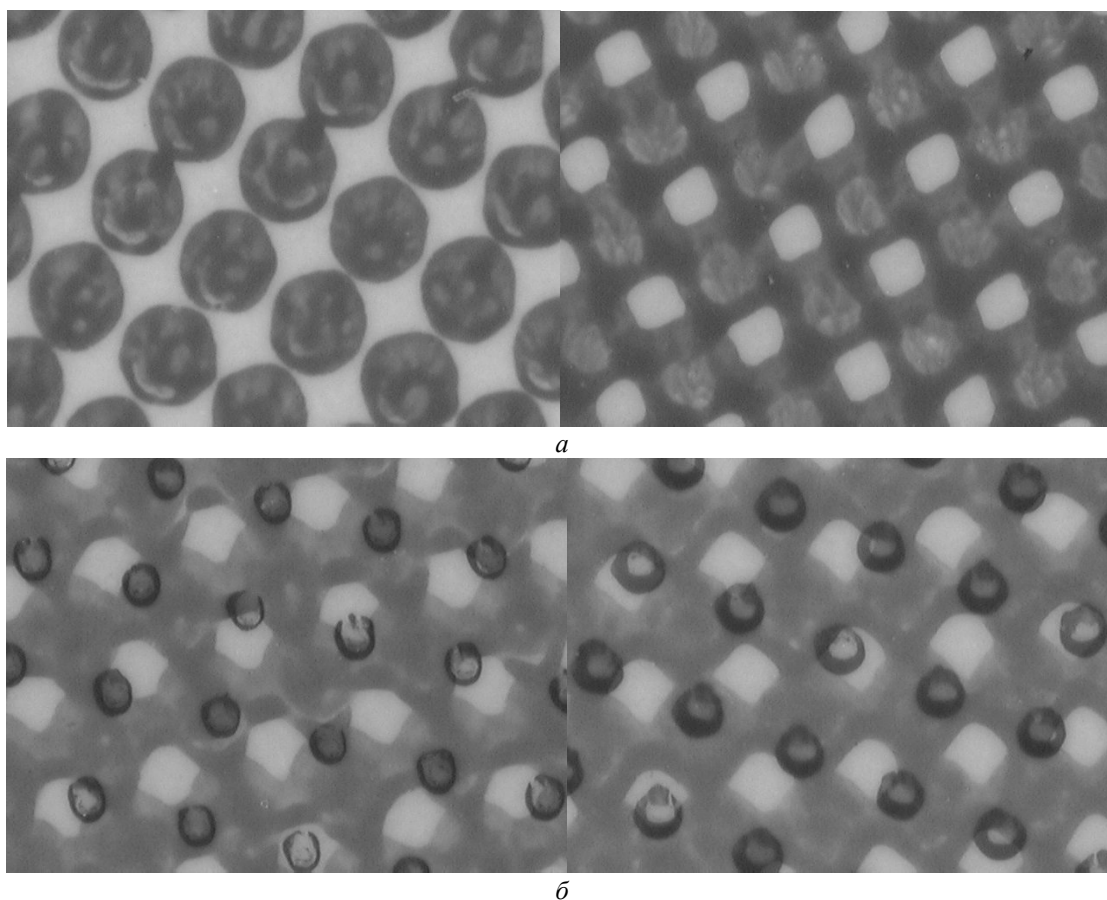


Рис. 4. Микрофотографии растровых точек на оттисках в начале и конце тиража с коэффициентом запечатки: а – 60%; б – 8%

*Тираж № 2.* Печатный эксперимент проводился на широкоформатной 8-микрасочной машине Soloflex с центральным печатным цилиндром с использованием фотополимера DuPont Cugel DPR (толщиной 1,14 мм), подложки средней жесткости Tesa 52022 (толщиной 0,38 мм) при печати заказа общим тиражом 3210,2 кг (296 321 м. п.), ширина печати составляет 510 мм, диаметр формного вала – 355 мм, запечатываемый материал – ОПП (ориентированный полипропилен), толщиной 20 мкм.

При осуществлении метода микроструктурного анализа использовались: специализированный микроскоп для флексографической печати FlexoCam Troika Systems Limited, программное обеспечение FlexoCam Print.

В результате были получены данные (рис. 3).

При анализе рис. 3 видно, что кривая, отображающая изменение растискивания 8%, раstra непостоянна, это объясняется особенностью флексопечати: нестабильностью воспроизведения растровых точек в области светов. Скачкообразное поведение графиков обусловлено такими технологическими операциями, как мойка ракеля, его замена, мойка печатных форм, регулировка давления печати.

На рис. 4 представлены микрофотографии регулярного раstra с коэффициентами запечатки 8 и 60%, полученные на полимерах Cugel DPR 045.

На рис. 4, б отчетливо видно, что растровые точки неравномерно заполнены, это можно объяснить тем, что при монтаже печатной формы на формном цилиндре за счет растяжения формы происходит увеличение высоты растровых участков изображения. На печатной форме растровые элементы с меньшим процентом заполнения выступают над растровыми элементами с большим процентом заполнения и тем более над плашечными элементами, что приводит к избыточному печатному давлению в области светов и растровые точки получают передавленными, что и обуславливает их неоднородное заполнение, а также

приводит к сильному растискиванию в светах. Что подтверждается вышеприведенными результатами (рис. 3, 4).

**Закключение.** В результате проведенного дисперсионного анализа, инструментальной оценки проводимой при помощи микроскопа для флексографической печати FlexoCam, визуальной оценки микрофотографий можно сделать следующий вывод: величина растискивания зависит от объема тиража и увеличивается с увеличением количества краскооттисков. Исходя из полученных данных при исследовании тиража № 2 (рис. 3, 4), а также основываясь на технической документации ООО СП «Унифлекс», из которой следует, что увеличение размеров растровых точек на оттиске в процессе печатания не должно превышать 30%, можно сделать вывод, что пороговое значение тиражестойкости растровых флексографских печатных форм, изготовленных на основе фотополимера Cugel DPR 045 и применяются в условиях данной типографии, составляет около 240–250 тыс. краскооттисков. Данная информация позволит повысить эффективность и уменьшить технологические простои оборудования на предприятии за счет своевременного изготовления и замены комплекта печатных форм на конкретном тираже для получения печатной продукции надлежащего качества.

#### Литература

1. Стефанов, С. Оценка печати оттиска / С. Стефанов. – М.: Репроцентр М, 2003. – 40 с.
2. Титов, А. Определение растискивания во флексопечати / А. Титов // ФлексОПлюс. – 2007. – № 1. – С. 20–23.
3. Ахнозарова, С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С. Л. Ахнозарова, В. В. Кафаров – М.: Вышш. шк., 1985. – 328 с.
4. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Вышш. шк., 1973. – 320 с.

*Поступила 24.12.2008.*