

# ПОЛИГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

---

УДК 655.3

Д. М. Медяк, Е. В. Барковский, М. И. Кулак  
Белорусский государственный технологический университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ФЛЕКСОГРАФСКИХ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ В ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В статье представлены результаты исследования износа флексографских печатных форм. Целью исследования было определение изменения параметров растровой точки флексографской печати при износе и сопоставление износа в лабораторных и производственных условиях. В работе представлены формулы для расчета основных параметров растровой точки. Формулы были получены при предположении, что профиль растровой точки представляет собой усеченный конус.

Результатом сопоставления износа в лабораторных и производственных условиях является графическая зависимость, связывающая количество циклов истирания в лаборатории и количество листопрогонов на производстве. Зависимость была построена по функциям износа, которые получены после обработки экспериментальных данных. Экспериментальные данные получены как в лабораторных, так и производственных условиях. На производстве проводилось исследование зависимости изменения относительной площади растровой точки от количества листопрогонов. В лабораторных условиях получена зависимость потери массы при износе от количества циклов истирания.

Анализ результатов расчетов позволит выделить основные факторы, влияющие на состояние печатной формы, и выработать комплекс мер, направленных на повышение тиражестойкости форм. Результаты исследования могут быть использованы для других способов печати.

**Ключевые слова:** флексографская печать, растровая точка, износ, относительная площадь растровой точки, листопрогоны.

D. M. Medyak, E. V. Barkovskiy, M. I. Kulak  
Belarusian State Technological University

## RESEARCH OF WEAR OF FLEXOGRAPHIC PRINTING PLATES IN LABORATORY AND PRODUCTION CONDITIONS

The article presents results of research of flexographic printing plate wear. The aim of research was to determine changes in parameters of screen dot flexographic printing in wear and comparison of wear in laboratory and production conditions. The paper presents the formulas for calculation of the screen dot main parameters. The formulas were obtained by assumption that the dot pattern profile, which is a truncated cone.

The comparison of wear in laboratory and production conditions gives the curve relating the number of abrasion cycles in the laboratory and the number of sheet pass in the production. The curve has been made in accordance with the wear functions, obtained after the experimental data processing. Experimental data were obtained in the laboratory and production conditions. Research of dependence of dot relative area change on the number of sheet pass was conducted at the printing production. The dependence of mass loss in wear on the number of cycles was obtained in the laboratory conditions.

Analysis of the calculation results allows to select the main factors influencing the state of printing plate and to develop a set of measures aimed at increasing of the plate running life. The results can be used for other printing methods.

**Key words:** flexographic printing, dot, wear, dot area rate, sheet pass.

**Введение.** В последнее десятилетие применение флексографского способа печати расширилось. Область ее применения не ограничивается изготовлением этикеточно-упаковочной продукции. Флексографская печать применяется для производства текстильных изделий, этикеток, обоев, текстур, формуляров, различных бланков, а также для запечатки ламинатов с высечкой

и штанцеванием, лакирования продукции. Флексографский способ печати позволяет воспроизводить с фотополимерных форм многокрасочные растровые изображения с линиатурой растра до 60 лин/см. Величина показателя линиатуры позволяет применять флексографскую печать для производства каталогов, журналов, книг и газетных вкладок [1].

Качественные показатели оттисков и их графические искажения определяются свойствами и характеристиками печатной формы. Флексографская печатная форма выполняет функции, связанные с переносом краски на запечатываемый материал, в связи с чем ее роль в формировании изображения на оттиске значительно возрастает.

Флексографский способ печати относится к контактным методам переноса красочного изображения. На печатную форму действуют сила трения и циклические динамические нагрузки с проскальзыванием в химически активной эксплуатационной среде. В результате рабочая поверхность печатной формы изнашивается до критического уровня, переходя в нерабочее состояние, определяемое различными показателями оценки качества [2].

Для определения тиражестойкости печатных форм необходимы исследования свойств исходных материалов и методика определения характеристик поверхностных слоев в течение печатного процесса как функции количества листопрогонов. Целью работы было сопоставление износа в лабораторных и производственных условиях.

**Основная часть.** Растровая точка флексографской печатной формы представляет собой усеченный конус. Вид профиля растровой точки представлен на рис. 1.

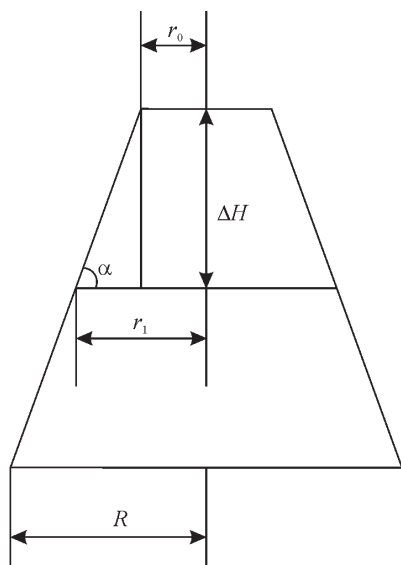


Рис. 1. Профиль растровой точки:

$\alpha$  — угол наклона профиля;  
 $R$  — радиус основания;  $r_0$  — радиус вершины;  
 $r_1$  — радиус после износа;  $\Delta H$  — изменение высоты в процессе изнашивания

Для определения изменения растровой точки можно воспользоваться выражением для расчета величины радиуса растровой точки после износа, который будет иметь следующий вид [3]:

$$r_1 = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot \Delta m}{\rho \cdot \pi \cdot \operatorname{tg}(\alpha)} + r_0^3}, \quad (1)$$

где  $\Delta m$  — изменение массы растровой точки после износа;  $\rho$  — плотность материала флексографской печатной формы;  $\alpha$  — угол наклона профиля растровой точки;  $r_0$  — радиус вершины растровой точки.

На величину радиуса растровой точки в процессе изнашивания влияет интенсивность потери массы и плотность материала, из которого изготовлена флексографская печатная форма, а также угол наклона профиля растровой точки.

Для определения значения плотности материала флексографской печатной формы были получены значения толщины с помощью толщиномера Triglа ТБК-К и массы на аналитических весах ОНАУS Adventurer AR0640 образца площадью  $4 \text{ см}^2$ . Значение плотности составляет  $0,985 \text{ г/см}^3$ .

В работе [4] представлена методика определения износостойкости флексографских печатных форм с помощью функций износа. Эксперимент заключался в исследовании изменения относительной площади растровой точки для каждой краски СМУК в зависимости от тиража в производственных условиях. Исследование износа по массе осуществлялось в лабораторных условиях. Износ по массе в лабораторных условиях можно выразить следующим образом:

$$W_L = \frac{\Delta m_L}{m_{0L}}, \quad (2)$$

где  $\Delta m_L$  — потеря массы образца печатной формы в лабораторных условиях;  $m_{0L}$  — масса образца до износа.

Износ в производственных условиях можно представить следующим отношением:

$$W_F = \frac{\Delta \tilde{S}_F}{\tilde{S}_{0F}}, \quad (3)$$

где  $\Delta \tilde{S}_F$  — изменение относительной площади растровой точки;  $\tilde{S}_{0F}$  — относительная площадь растровой точки до износа.

Выражения функций износа в лабораторных и производственных условиях имеют следующий вид:

$$W_L(N_L) = \frac{1}{A_L \cdot b_{0L}} \ln \left[ \frac{(A_L - N_{0L}) \cdot N_L}{N_{0L} \cdot (A_L - N_L)} \right]; \quad (4)$$

$$W_F(N_F) = \frac{1}{A_F \cdot b_{0F}} \ln \left[ \frac{(A_F - N_{0F}) \cdot N_F}{N_{0F} \cdot (A_F - N_F)} \right], \quad (5)$$

где  $W_L$  — износ по циклам трения;  $W_F$  — износ по листопрогонам;  $N_L$  — количество циклов истирания;  $N_F$  — количество листопрогонов;

$A_L$  – асимптота для циклов;  $A_F$  – асимптота для листопрогонов;  $b_{0L}$ ,  $b_{0F}$  – параметры функций износа;  $N_{0F}$  – количество листопрогонов, при которых начинается износ;  $N_{0L}$  – количество циклов трения, при котором начинается износ.

Результаты расчета показателей функций износа приведены в таблице. Для сравнительной оценки представленных показателей необходимо получить выражение, связывающее изменение массы растровой точки после износа и относительную площадь растровой точки. Для этого можно использовать следующие выражения:

$$S_1 = \pi \cdot r_1^2; \tag{6}$$

$$\Delta m = \frac{\pi \cdot \rho \cdot \operatorname{tg}(\alpha)}{3} \left[ \left( \frac{S_1}{\pi} \right)^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{S_0}{\pi} \right)^{\frac{3}{2}} \right], \tag{7}$$

где  $S_1$  – абсолютная площадь растровой точки после износа;  $S_0$  – абсолютная площадь растровой точки до износа. Из (7) необходимо выразить абсолютную площадь растровой точки после износа. Расчет можно производить по формуле

$$S_1 = \left( \frac{3 \cdot \sqrt{\pi}}{\rho \cdot \operatorname{tg}(\alpha)} \Delta m + S_0^{\frac{3}{2}} \right)^{\frac{2}{3}}. \tag{8}$$

Между абсолютной площадью растровой точки и относительной существует зависимость через линиатуру:

$$\tilde{S}_1 = L^2 \cdot S_1, \tag{9}$$

где  $L$  – линиатура растра.

Таким образом, формула (8) будет иметь следующий вид:

$$\tilde{S}_1 = L^2 \cdot \left( \frac{3 \cdot \sqrt{\pi}}{\rho \cdot \operatorname{tg}(\alpha)} \Delta m + S_0^{\frac{3}{2}} \right)^{\frac{2}{3}}. \tag{10}$$

Изменение радиуса растровой точки оказывает существенное влияние на площадь растровой точки на оттиске. Это связано с тем, что контакт печатных элементов с запечатываемым материалом достигается давлением, которое приводит к деформации фотополимера. Деформационные свойства материалов, участвующих в печатном контакте, оказывают влияние на тиражестойкость печатных форм.

Для перехода от потери массы растровой точки к потере массы образца флексографской

печатной формы можно воспользоваться следующим выражением:

$$\Delta m = \frac{\Delta m_L}{n}, \tag{11}$$

где  $n$  – количество растровых точек.

Угол наклона профиля растровой точки является одним из важнейших параметров фотополимерных печатных форм. От профиля зависит разрешающая способность печатной формы, а также прочность сцепления печатных элементов с подложкой, влияющая на тиражестойкость. Оптимальный рельеф имеет угол  $70 \pm 5^\circ$ . Это значение является наиболее предпочтительным, так как обеспечивает надежное сцепление печатных элементов с подложкой и высокое разрешение изображения. Для расчетов было принято значение угла наклона профиля  $75^\circ$  [4].

Графический вид зависимости между количеством листопрогонов и количеством циклов истирания представлен на рис. 2.

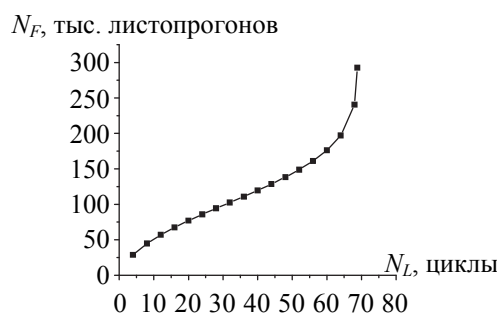


Рис. 2. Взаимосвязь количества листопрогонов при печати и количества циклов истирания

Представленная зависимость была построена для 80% растровой точки флексографской печатной формы, полученной на флексографских фотополимерных пластинах Cosmolight GS Toyobo.

Анализ графика показывает, что для первого цикла истирания в лабораторных условиях количество листопрогонов составляет 8974, для четырех циклов значение равно 28 607. Таким образом, зависимость является нелинейной, что может быть связано с разной интенсивностью износа в лабораторных и производственных условиях. Однако показанная на рис. 2 зависимость позволяет оценить, на какой стадии износа произойдет ухудшение качества продукции, не проводя исследований на производстве, а только в лабораторных условиях.

**Значения показателей функций износа, построенных для производственных и лабораторных условий**

Условия исследования	Вид износа	Значения параметров		
		$A$	$b_0$	$N_0$
Производственные	По относительной площади растровой точки	292,475 листопрогонов	$1,101 \cdot 10^{-3}$	5,5 листопрогонов
Лабораторные	По массе	68,822 циклов	0,028	0,65 циклов

**Заключение.** Представленные в работе формулы позволяют определить основные параметры флексографской печатной формы, которые могут изменяться в процессе изнашивания. Графическая зависимость между количеством листопрогонов и количеством циклов истирания может быть использована для срав-

нительной оценки износа флексографской печатной формы в производственных и лабораторных условиях без проведения затратных экспериментов на производстве. Результаты оценки позволяют выработать комплекс мер, направленных на совершенствование процессов флексографской печати.

### Литература

1. Сорокин Б. А., Здан О. В. Флексографская печать. М.: Книга, 1996. 175 с.
2. Розум О. Ф. Управление тиражестойкостью печатных форм. Киев: Тэхника, 1990. 128 с.
3. Барковский Е. В., Медяк Д. М., Кулак М. И. Изменение параметров растровой точки флексографской печатной формы при износе // Скориновские чтения: книгоиздание и книгораспространение в контексте кросскультурных коммуникаций XXI века: материалы Международного форума. Минск: БГТУ, 2015. С. 165–168.
4. Барковский Е. В., Медяк Д. М., Кулак М. И. Исследование износа флексографских печатных форм // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Сер. 1, Естественные и технические науки. № 2. 2015. С. 41–44.

### References

1. Sorokin B. A., Zdan O. V. *Fleksografskaja pechat'* [Flexography printing]. Moscow, Kniga Publ., 1996. 175 p.
2. Rozum, O. F. *Upravlenie tirazhestojkost'ju pechatnyh form* [Control of plate running life]. Kiev, Tekhnika Publ., 1990. 128 p.
3. Barkovskiy E. V., Medyak D. M., Kulak M. I. Changing the dot flexographic printing plate during wear. *Skorinovskie chtenija knigoizdanie i knigorasprostranenie v kontekste krosskul'turnyh kommunikacij XXI veka: materialy Mezhdunarodnogo foruma* [Skorinovskie read: Publishing and Book Distribution in the context of cross-cultural communication of the XXI century: Materials of the International Forum], Minsk, BGTU, 2015, pp. 165–168 (In Russian).
4. Barkovskiy E. V., Medyak D. M., Kulak M. I. Research of wear of flexographic printing plates. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tehnologii i dizajna. Ser. 1, Estestvennye i tehniczeskie nauki* [Bulletin of St. Petersburg State University of Technology and Design. Ser. 1, Natural and technical science], 2015, no. 2, pp. 41–44 (In Russian).

### Информация об авторах

**Медяк Диана Михайловна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры полиграфических производств, Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: medyak@belstu.by

**Барковский Евгений Валерьевич** – аспирант кафедры полиграфических производств, Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: jek0612@yandex.by

**Кулак Михаил Иосифович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой полиграфических производств, Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: kulak\_mi@tut.by

### Information about the authors

**Medyak Diana Mihajlovna** – Ph. D. Engineering, assistant professor, assistant professor of the Department of Printing Technologies, Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: medyak@belstu.by

**Barkovskiy Evgeniy Valer'evich** – graduate student of the Department of Printing Technologies, Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jek0612@yandex.by

**Kulak Mihail Iosifovich** – D. Sc. Physics and Mathematics, professor, head of the Department of Printing Technologies, Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kulak\_mi@tut.by

Поступила 05.10.2015