

# НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

---

## ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО И УПАКОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

---

УДК 655.3

**Е. В. Барковский, Д. М. Медяк**

Белорусский государственный технологический университет

### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСА ОФСЕТНЫХ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ**

В статье представлена сравнительная оценка способов исследования износа офсетных печатных форм, которые заключаются в использовании методов цифрового микрофотографирования. Результаты обработки экспериментальных данных, полученных цифровым микроскопом, представлены в виде функций износа. Проведены анализ результатов расчета параметров функций износа и их сравнительная оценка.

Обработка экспериментальных данных заключалась в использовании метода трассировки в программе Adobe Illustrator и корректировки цифровых изображений в Adobe Photoshop. Результатом обработки являлся микропрофиль соединительного штриха и вертикального штриха буквы «Н». Расчет параметров неровностей соединительного и вертикального штрихов проводился в программе Microsoft Excel на основе данных, полученных в программе GetData Graph Digitizer. В работе представлены два алгоритма исследования износа печатных форм с использованием указанного программного обеспечения.

Результаты обработки экспериментальных данных были использованы для построения функций износа в MathCAD. После анализа функций износа было выявлено разделение износа на две составляющие независимо от использованного алгоритма исследования. Таким образом, методики исследования износа офсетных печатных форм, которые представлены в статье, могут быть использованы для исследования износа флексографских печатных форм и офсетного полотна.

**Ключевые слова:** функции износа, офсетная печатная форма, износ, цифровое микрофотографирование, микропрофиль буквы.

**Ye. V. Barkovskiy, D. M. Medyak**

Belarusian State Technological University

### **THE COMPARATIVE EVALUATION OF DIGITAL METHODS FOR THE RESEARCH OF WEAR OF OFFSET PRINTING PLATES**

The article presents a comparative evaluation of methods for the research of wear of offset printing plates, which consist in using methods of digital microscopy. The results of processing the experimental data obtained by a digital microscope are presented as wear functions. The analysis of the results of calculating the parameters of wear functions and their comparative evaluation are carried out.

The processing of the experimental data consisted in using the method of tracing in Adobe Illustrator, the adjustment of digital images in Adobe Photoshop. The result of the processing was the obtained profile of the connecting bar and the vertical stroke of the letter "H". Calculation of the unevenness parameters of the connecting and vertical strokes was carried out in the Microsoft Excel

program on the basis of the data defined in the GetData Graph Digitizer program. The paper presents two algorithms for investigating the wear of printed forms using the presented software.

The results of processing the experimental data were used to construct wear functions in MathCAD. After analyzing wear functions, wear was divided into two components, regardless of the research algorithm used. Thus, methods of studying the wear of offset printing plates, which are presented in the article, can be used to study the wear of flexographic printing plates and blanket.

**Key words:** function of wear, offset printing plate, wear, digital microscopy, microprofile of character.

**Введение.** В настоящее время на полиграфическом рынке плоской офсетной печати существует большое количество формных пластин для изготовления печатных форм цифровым способом. Перед полиграфическим предприятием стоит проблема выбора оптимальных формных материалов, необходимых для качественной печати. Определение оптимальных формных материалов осуществляется в основном по репродукционно-графическим показателям. Немаловажным параметром для выбора формной пластины является также тиражестойкость печатной формы. Тиражестойкость печатающих элементов влияет на качество воспроизведения полиграфической продукции [1].

На тиражестойкость печатной формы оказывает влияние множество факторов. Одним из них является процесс изнашивания, который происходит в результате трения в печатном контакте. Исследование формных материалов и печатных форм на трение и износостойкость проводят на приборах, предназначенных для изучения триботехнических свойств материалов. В этих приборах используют методы поступательного, вращательного и колебательного движения.

Исследование процессов износа осуществляется в разных отраслях промышленности. Так, например, закономерности абразивного изнашивания в машиностроении установлены фундаментальными исследованиями М. М. Хрущева и М. А. Бабичева [2], М. М. Тененбаума [3] и других. Основные закономерности динамики изнашивания деталей достаточно хорошо изучены, для них определены типовые графики и сформулированы постулаты изнашивания деталей машин. В работе [3] представлены теории износа деталей сельскохозяйственных, дорожно-строительных и горно-добывающих машин. Для них характерны абразивный износ материалов деталей при трении в массе абразивных частиц, контактно-абразивное изнашивание и изнашивание в различных несущих средах.

Первый вид характерен для машин, работающих с почвой, минеральными удобрениями, растительной массой и т. п. Данный вид абразивного изнашивания относится к числу наиболее распространенных и полно изученных. Для чистых металлов он хорошо моделируется по методике М. М. Хрущева и М. А. Бабичева.

Второй вид износа связан с попаданием в машину частиц естественного абразива — песка. Это также один из самых распространенных видов износа, однако исследований в данной области проведено недостаточно, и многие закономерности такого износа не ясны. Кроме того, исследования по повышению износостойкости, связанные с поиском или разработкой материалов с высокой твердостью, превышающей твердость абразива, сталкиваются с определенными сложностями, которые заключаются в том, что такие материалы, как правило, хрупки и непригодны для динамических нагрузок [2]. Третий вид износа обусловлен наличием абразивных частиц в потоке рабочей среды машины. Процессы гидро- и газоабразивного изнашивания специфичны по комплексу факторов и, по сути, представляют собой вид смешанного износа, где необходимо учитывать взаимодействие материала детали со средой и с абразивными частицами. Тем не менее закономерности этих процессов достаточно активно исследовались [3].

Простые или одиночные виды износа на практике не встречаются, их всегда сопровождают факторы, характерные для той или иной области исследования. Помимо примеров, представленных выше, можно добавить, что абразивный износ в электрических машинах неизбежно сопровождается электрическими явлениями, использование смазочных материалов или работа с растворами в оборудовании обуславливает еще и химический износ. В технологических машинах, работающих на больших скоростях, возникает износ из-за трения скольжения, качения, тепловых эффектов и т. д. [4]. Это обуславливает существование большого количества теорий износа.

Ранее проводимые исследования повышения износостойкости касались не только конкретных деталей и узлов машины, но и всей рабочей единицы в целом. Термин «годность» обобщает характеристики служебных свойств машины и ее отдельных элементов. Данный показатель характеризует относительную способность и потенциальные возможности машины выполнять свои функции или заданный процесс в пределах допустимых отклонений по качеству и экономичности в течение оптимального срока ее службы в производстве. Согласно

теории старения машин, предлагаемой А. И. Селивановым годность машины состоит из годностей конструктивных и неконструктивных элементов машины. Тогда суммарный износ машины учитывает частный износ в данный момент времени конструктивных и неконструктивных элементов, протекающий по закону прямой, износ сменных или возобновленных элементов машины. Аналогичный подход в работе реализуется и для определения оптимального срока службы машины [5].

Чтобы объективно судить об износе и о тиражестойкости печатных форм, можно использовать критерии оценки качества форм и оттисков. К основным критериям оценки относятся измерения репродукционно-графических параметров: разрешающей и выделяющей способности; ширины характерных штрихов различных размеров, отстоящих друг от друга на определенном расстоянии; величины штрихов и внутрибуквенного просвета отдельных букв; роста (глубины) и профиля печатающих элементов; ширины пробельных элементов; градиционной передачи на оттиске; размера растровой точки на форме и относительной площади растровых элементов на оттиске [6].

Целью данной работы является сравнительная оценка методов исследования износа офсетных печатных форм с помощью цифрового микрофотоирования.

**Основная часть.** Для выполнения поставленной цели были обработаны цифровые фотографии буквы «Н», полученные цифровым микроскопом. Методика проведения эксперимента представлена в работе [7]. Обработка фотографий осуществлялась двумя методами.

Первый метод заключается в использовании программного обеспечения цифрового микроскопа, позволяющего снять размеры штриховых элементов. Далее анализировались экспериментальные значения, сравнивались и рассчитывались изменения в процентах от минимального значения размера, которое соответствовало 1000 листопрограммам. По результатам были рассчитаны параметры функции износа и выполнено ее построение в программном обеспечении MathCAD.

Второй метод заключался в последовательном использовании нескольких программ для получения координат микропрофиля границ буквы «Н». После перевода фотографии в черно-белый режим с помощью Adobe Photoshop, в Adobe Illustrator осуществлялась трассировка. Результат трассировки импортировался в программное обеспечение GetData Graph Digitizer, которое позволило получить координаты профиля границ буквы. Затем проводился расчет площади занимаемой соединительным

штрихом  $S_H$  и по ширине  $S_b$  буквы «Н». Экспериментальные данные использовались для построения и определения параметров функции износа в MathCAD.

Для характеристики износа текстовых печатных форм предложены А. Н. Раскиным два коэффициента. Они показывают степень искажения последующих оттисков по сравнению с предыдущими. Этими коэффициентами и их допустимыми величинами характеризуется величина графических искажений в зависимости от давления и деформации поверхностей печатного контакта. Допустимую величину искажений шрифта можно определить по следующим коэффициентам [8]:

$$I_n = \frac{\text{Ш}_\phi^n - \text{Ш}_o^n}{\text{Ш}_\phi^n} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $I_n$  — коэффициент искажения внутрибуквенного просвета;  $\text{Ш}_\phi^n$  — ширина внутрибуквенного просвета на форме;  $\text{Ш}_o^n$  — ширина внутрибуквенного просвета на оттиске;

$$I_c = \frac{\text{Ш}_o^c - \text{Ш}_\phi^c}{\text{Ш}_\phi^c} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $I_c$  — коэффициент искажения соединительных штрихов;  $\text{Ш}_o^c$  — ширина соединительного штриха на оттиске;  $\text{Ш}_\phi^c$  — ширина соединительного штриха на форме.

На рис. 1 представлено отображение принципа снятия размеров характерных элементов буквы согласно первому методу.

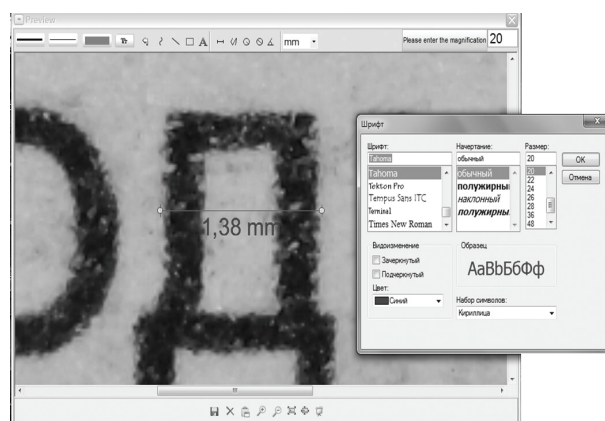


Рис. 1. Программное обеспечение цифрового микроскопа

В работе [7] также была представлена функция износа соединительного штриха. Согласно анализу зависимости изменения соединительного штриха от количества листопрограмм, можно сделать вывод, что происходит

разделение износа офсетной печатной формы на две составляющие: механический и физико-химический износ. Механическое воздействие на офсетную печатную форму возникает вначале и характеризуется проявлением трения между формой и офсетным полотном, а также между печатной формой и накатными валиками увлажняющего и красочного аппаратов. На интенсивность процесса изнашивания оказывает влияние абразивный износ за счет взаимодействия с частицами, содержащимися в составе краски, а также абразивного действия бумажной пыли.

Параллельно с механическим износом происходит потеря физико-химической устойчивости элементов формы. Изменение физико-химической устойчивости сопровождается нарушением равновесия между молекулярными силами, действующими на границах раздела: печатающие элементы печатной формы — краска, пробельные элементы — увлажняющий раствор и краска — увлажняющий раствор. Следствием нарушения может быть увеличение или уменьшение размеров печатающих элементов в результате вытеснения краски и увлажняющего раствора друг другом соответственно с печатающих или пробельных элементов.

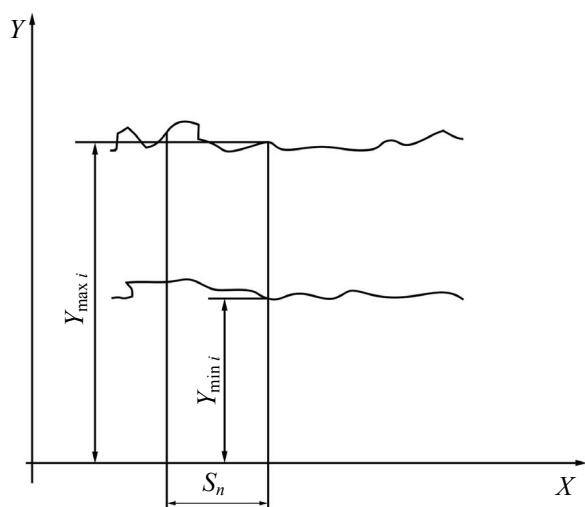


Рис. 2. Методика расчета площади, занимаемой горизонтальным соединительным штрихом

Рассмотрим, как проводится расчет площади, занимаемой соединительным штрихом буквы. На рис. 2 графически представлена методика расчета площади, занимаемой горизонтальным соединительным штрихом.

На основе рис. 2 для расчета площади, занимаемой горизонтальным соединительным штрихом, используется следующая формула:

$$S_H = S_n \cdot \sum_{i=1}^n (Y_{\max i} - Y_{\min i}), \quad (3)$$

где  $S_n$  — средний шаг измерений профиля;  $Y_{\max i}$  — координата, соответствующая максимальному значению профиля штрихового элемента;  $Y_{\min i}$  — координата, соответствующая минимальному значению профиля штрихового элемента.

На рис. 3 представлена функция износа горизонтального соединительного штриха, построенная по второму методу.

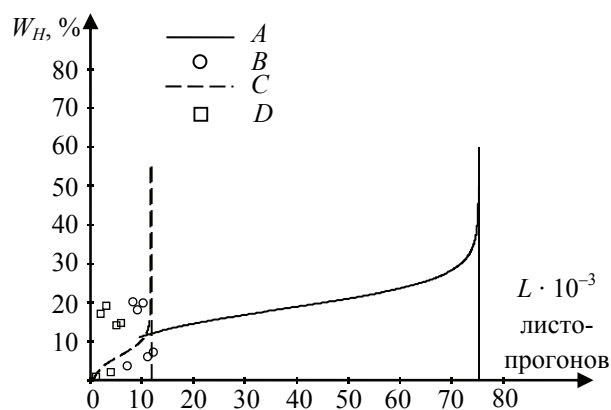


Рис. 3. Функция износа горизонтального соединительного штриха по второму методу: A — теоретическая функция износа и асимптота; B — экспериментальные данные; C — теоретическая функция износа и асимптота; D — экспериментальные данные

В таблице представлены параметры значения функций износа по первому и второму методам исследования. На рис. 4 представлены функции износа горизонтального соединительного штриха, построенные как по первому, так и по второму методу.

#### Значения параметров функций износа по первому и второму методам исследования

Метод исследования	Характер износа	Значения параметров			Значения критерия Фишера	
		$A \cdot 10^{-3}$ , листопрогонов	$b$	$L_0 \cdot 10^{-3}$ , листопрогонов	расчетный, $F_p$	табличный, $F_T$
Первый	Механический	14,419	0,055	0,04	3,264	3,44
Первый	Физико-химический	67,37	$1,581 \cdot 10^{-4}$	3	0,996	4,28
Второй	Механический	11,678	0,039	0,6	0,902	4,28
Второй	Физико-химический	75,138	$3,47 \cdot 10^{-3}$	0,7	4,512	5,05

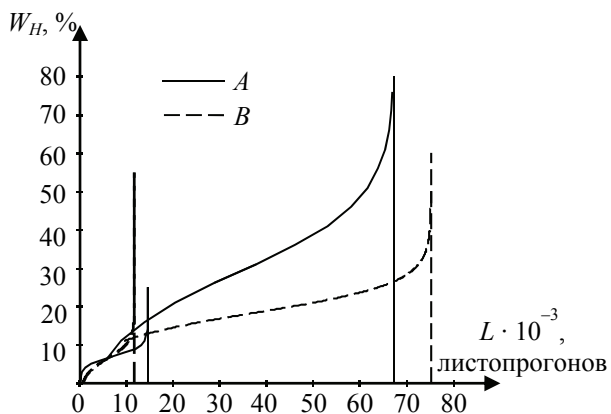


Рис. 4. Функции износа горизонтального соединительного штриха:  
 А — первый метод; В — второй метод

Согласно анализу представленных функций износа, можно сделать вывод, что по второму методу рассчитанные значения показателя износа ниже для стадии потери физико-химической устойчивости, чем по первому методу. Для стадии механического износа можно наблюдать на рис. 3 более интенсивное увеличение значения износа.

Также следует отметить, что оба метода показывают разделение на две составляющие износа. Асимптота механической составляющей по первому методу составила 14,4 тыс. листопрогонов, а по второму 11,7 тыс. листопрогонов при тираже 12 000 тыс. листопрогонов. Усиленный износ в первом методе

составляет 40%, согласно второму методу — 20%. Асимптота функции износа по первому методу составляет 67 тыс. листопрогонов, по второму методу — 75 тыс. листопрогонов.

**Заключение.** Сегодня износ активно исследуется в разных отраслях промышленности. Поэтому существует большое количество теорий, описывающих его. В данной работе исследовался износ печатных форм офсетной печати двумя цифровыми методами. На основе ранее проводимых исследований износа офсетных печатных форм можно сделать вывод, что из представленных методов наиболее точным является второй метод исследования. Характерные особенности стадий износа, которые можно выявить при использовании второго метода, соответствуют теории, описанной в работе [2], и результаты в большей степени отражают процессы, протекающие в офсетной печатной машине.

Таким образом, из большого количества существующих фундаментальных методов исследований данный метод позволяет объективно судить об износе и о тиражестойкости печатных форм при использовании критериев оценки качества форм и оттисков. Также он не требует существенных затрат при использовании дорогостоящего лабораторного оборудования для получения экспериментальных данных. Методы исследования также могут быть применены для исследования износа офсетного полотна и флексографских печатных форм.

### Литература

1. Саек Д., Карташева О. А. Исследование физических характеристик офсетных термочувствительных пластин для цифровой записи // Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. № 6. С. 348–358.
2. Хрущев М. М. Абразивное изнашивание. М.: Наука, 1970. 252 с.
3. Тененбаум М. М. Сопротивление абразивному изнашиванию. М.: Машиностроение, 1976. 271 с.
4. Семенов А. П. Проблемы борьбы с трением и износом в машиностроении // Научно-технический прогресс: проблемы ускорения. М.: Наука, 1987. № 6. С. 40–50.
5. Селиванов, А. И. Основы теории старения машин. М.: Машиностроение, 1971. 408 с.
6. Розум О. Ф. Управление тиражестойкостью печатных форм. Киев: Тэхника, 1990. 128 с.
7. Барковский Е. В., Медяк Д. М., Кулак М. И. Характерные особенности износа офсетных печатных форм // Труды БГТУ. 2015. № 9: Издательское дело и полиграфия. С. 3–6.
8. Раскин А. Н., Ромейков И. В., Бирюкова Н. Д. Технология печатных процессов. М.: Книга, 1989. 432 с.

### References

1. Saek D., Kartasheva O. A. Analysis of physical parameters of digital offset thermosensitive printing plates. *Izvestiya TulGU. Technicheskiye nauki* [Tidings of the Tula State University. Technical sciences], 2017, no. 6, pp. 348–358 (In Russian).
2. Khrushchev M. M. *Abrazivnoye iznashivaniye* [Abrasive wear]. Moscow, Nauka Publ., 1970. 252 p.
3. Tenenbaum M. M. *Soprotivleniye abrazivnomu iznashivaniyu* [Resistance to abrasive wear]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1976. 271 p.
4. Semenov A. P. Problems of fighting friction and wear in mechanical engineering. *Nauchno-tehnicheskiy progress: problemy uskoreniya* [Scientific and technical progress: acceleration problems]. Moscow, Nauka Publ., 1987, no. 6, pp. 40–50.

5. Selivanov A. I. *Osnovy teorii stareniya mashin* [Fundamentals of the theory of machine aging]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1971. 408 p.
6. Rozum O. F. *Upravleniye tirazhestoykost'yu pechatnykh form* [Controlling the printability of printing plates]. Kiev, Tekhnika Publ., 1990. 128 p.
7. Raskin A. N., Romeykov I. V., Biryukova N. D. *Tekhnologiya pechatnykh processov* [Printing technology]. Moscow, Kniga Publ., 1989. 432 p.
8. Barkovskiy E. V., Medyak D. M., Kulak M. I. Characteristic features of the offset printing plates wear. *Trudy BGTU [Proceeding of BSTU]*, 2015, no. 9: Publishing and Printing, pp. 3–6 (In Russian).

#### Информация об авторах

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

**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

#### Information about the authors

**Barkovskiy Yevgeniy Valer'yevich** — Assistant Lecturer, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: jek0612@yandex.by

**Medyak Diana Mikhaylovna** — PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: medyak@belstu.by

Поступила 10.09.2018