

УДК 655.3

М. И. Кулак, Д. М. Медяк, Г. П. Терешко
Белорусский государственный технологический университет
**ОПТИЧЕСКИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РЕЗА
ПРИ ОБРЕЗКЕ КНИГ И КНИЖНЫХ БЛОКОВ**

В статье представлен оптический способ контроля качества реза при обрезке книг и книжных блоков. Целью работы является определение объективного показателя качества реза оптическим методом, получение результата в форме, пригодной для последующих расчетов, и возможности дальнейшего использования в системах управления оборудованием для трехсторонней обрезки книг и книжных блоков. Предложенный способ позволяет проводить контроль качества реза, включая измерение оптической плотности бумаги, из которой изготовлен книжный блок, и оптической плотности обреза книги в обложке или книжного блока, предназначенного для изготовления книги в переплетной крышке.

В работе проанализированы существующие способы оценки качества реза и их недостатки, а также суть и отличие их от предлагаемого способа. В процессе разработки способа, который более точно характеризует структуру микроповерхности обреза, была проведена экспертная оценка и рассчитаны показатели шероховатости кромок обреза листов образцов книг. Результаты обработки подтвердили субъективный характер визуальной оценки качества, а также длительность и трудоемкость проведения работ.

Оценка качества образцов оптическим способом производилась при помощи денситометра, который имеет четыре канала измерения. Далее выполнялся расчет разности измеренных оптических плотностей и сопоставление ее с допустимым граничным значением. Анализ результатов исследования показал, что предлагаемый способ обеспечивает объективный и одинаковый уровень требований к качеству обрезки книг и книжных блоков.

Ключевые слова: книга, книжный блок, качество реза, показатели шероховатости, экспертная оценка, оптическая плотность, бумагорезальная машина.

M. I. Kulak, D. M. Medyak, G. P. Tereshko
Belarusian State Technological University
**OPTICAL METHOD OF QUALITY CONTROL OF THE CUT
WHEN CROPPING BOOKS AND BOOK UNITS**

The article deals with the optical method of quality control of a cut when cropping books and book units. The purpose of operation is determination of an objective factor of a cut quality by an optical method as well as receiving the result in the form suitable for the subsequent calculations and a possibility of further use in management systems of the equipment for three-sided cropping of books and book units.

The offered method allows to carry out the quality control of a cut, including measurement of optical density of paper used for making the book unit and control the optical density of a book cutoff in a cover or the book unit intended for manufacture of the book in a binding cover.

The article analyses the existing methods of an assessment quality of a cut and their shortcomings as well as their essence and their difference from the offered method. The expert assessment was carried out as well as the roughness indices of cropping edges of sheets of sample books were calculated while the development of the method that characterizes the structure of a microsurface of a book cutoff more precisely. Results of processing confirmed the subjective character of a visual assessment of quality, and also duration and labor input of work.

The assessment of quality of samples by an optical method was made by means of the densitometer having four channels of measurement. Further calculation of a difference of the measured optical density and its comparison to admissible boundary value was executed. The analysis of results of research showed that the offered method provides the objective and identical level of requirements to quality of cropping of books and book units.

Key words: book, book unit, quality of a cut, roughness indices, expert assessment, optical density, cutting machine.

Введение. В соответствии с требованиями технологической инструкции на брошюровочно-переплетные процессы плоскость обреза

книг должна быть чистой и гладкой, без шероховатостей, полос, волнистости и слипания обрезных кромок. Качество реза, отсутствие

надрывов, неровностей на срезе контролируют визуально [1, 2].

Недостаток этого способа заключается в его субъективности. Достоверность и надежность контроля существенно зависит от квалификации, опыта работы машинистов одно- и трехножевых резальных машин, мастеров, сотрудников отдела технического контроля. Цеховые условия, в которых проводится контроль, также влияют на его результаты.

Целью данной работы является разработка объективного показателя качества реза оптическим методом, получение результата в форме, пригодной для последующих расчетов, и возможности дальнейшего использования в системах управления оборудования для трехсторонней обрезки книг и книжных блоков.

Основная часть. Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является рассматриваемый в [3] способ контроля кромок обреза бумаги путем определения показателей шероховатости [4]. Для этого предлагается сфотографировать кромку обрезанной бумаги сбоку с увеличением $\times 200$. Далее, рассматривая на фотографии обрез как случайную волнистую линию, определяют стандартные показатели шероховатости R_a , R_z , R_{max} .

Недостатком этого способа является его чрезвычайно высокая трудоемкость. Поэтому он применяется для контроля качества разрезки бумажного полотна в продольном или поперечном направлении только в лабораторных условиях. Способ не поддается автоматизации, что не позволяет его использовать в современном высокопроизводительном оборудовании для трехсторонней обрезки книжных блоков.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать способ контроля качества реза с помощью денситометра, включающий измерение оптической плотности бумаги, из которой изготовлен книжный блок, и оптической плотности обреза книги в обложке или книжного блока, предназначенного для изготовления книги в переплетной крышке, расчета разности измеренных оптических плотностей и сопоставления ее с допустимым граничным значением.

Отличие предлагаемого способа заключается в том, что в результате исследования плоскости обреза книг определяется не система показателей, а единичный показатель, отражающий характер микрогеометрии поверхности обреза. Предлагаемый способ позволяет учесть влияние пространственной развитости поверхности, что дает возможность более точно охарактеризовать поверхностно-пространственную структуру обреза. Учитывая высокую точность и оперативность способа, он может быть использован в системах управления оборудования

для трехсторонней обрезки книг и книжных блоков, которое в настоящее время не имеет функции приборного контроля качества реза.

Результаты экспериментальных исследований. Указанным способом проводился контроль качества обрезки четырех образцов книг. Чтобы выяснить, какой из способов (предлагаемый или известные) позволяет более точно охарактеризовать структуру микрогеометрии поверхности обреза, контроль проводился визуально с привлечением пяти экспертов по методике [1], а также были осуществлены измерение и расчет показателей шероховатости кромок обреза листов этих книг R_a , R_z , R_{max} по методике [3].

Результаты экспертной оценки качества реза приведены в табл. 1. Независимые эксперты в области полиграфической технологии оценивали качество обрезки образцов книг визуально по пятибалльной шкале в соответствии с методикой [1].

Таблица 1

Результаты экспертной оценки качества реза

| Образец книги | Оценка качества реза в баллах экспертами | | | | | Средняя оценка |
|---------------|--|---|---|---|---|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1,2 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2,4 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3,4 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4,2 |

Как видно в табл. 1, полученные результаты экспертной оценки подтверждают ее субъективный характер. Ни для одного образца книг оценка не получилась однозначной. Мнение экспертов в наибольшей степени близко друг к другу в крайних ситуациях, когда качество обреза практически очевидно является неудовлетворительным, или, наоборот, достаточно хорошим. В пограничных ситуациях, на грани удовлетворительно — неудовлетворительно, мнение экспертов начинает расходиться, что затрудняет получение однозначной оценки качества обреза в целом.

Результаты измерения и расчета показателей шероховатости R_a , R_z , R_{max} кромок обреза листов образцов книг по методике [3] приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерения и расчета показателей шероховатости

| Образец книги, номер | R_a , мкм | R_z , мкм | R_{max} , мкм |
|----------------------|-------------|-------------|-----------------|
| 1 | 10,35 | 40,357 | 54,846 |
| 2 | 7,361 | 30,031 | 42,792 |
| 3 | 5,601 | 24,446 | 30,505 |
| 4 | 5,031 | 20,620 | 24,968 |

Для проведения измерений из каждого образца книги отделялся лист, который затем просматривался на микроскопе марки POLAR с увеличением $\times 500$.

Просматривалась кромка листа, отстоящая от корешковой зоны в переплете книги на расстоянии 20 мм. Изображение кромки фотографировалось цифровой фотокамерой, встроенной в микроскоп. Всего для одного листа получали три фотографии в цифровом формате TIFF. Далее, с целью повышения резкости, четкости изображение обрабатывалось на компьютере в программном пакете растровой графики Photo-Shop и переносилось в пакет CorelDraw, где оцифровывалась случайная линия, представляющая изображение кромки обреза. Расчет параметров шероховатости проводился в математическом пакете MathCAD. Для каждого образца книг получали среднее значение параметров шероховатости, которые и приведены в табл. 2.

Результаты расчета параметров свидетельствуют, что образцы книг, получившие наиболее высокие оценки экспертов, имеют и меньшие значения шероховатости. Соответственно, книги, получившие неудовлетворительные оценки качества обреза, имеют в среднем значения параметров шероховатости в 1,6–1,8 раза больше. Однако ввиду длительности и трудоемкости проведения работ измерение значений показателей шероховатости обреза в производственных условиях не практикуется. Недостатком данного способа является также и необходимость разрушения переплета образца книги для извлечения листа, который будет анализироваться.

В табл. 3 приведены результаты измерения и расчета разности показателей оптической плотности ΔD кромок обреза образцов книг по предлагаемому способу: основного показателя оптической плотности (ΔD_V) и для цветовой модели CMY (ΔD_C , ΔD_M , ΔD_Y). Использовался денситометр X-Rite-508, который имеет четыре канала измерения: V, C, M, Y.

Первоначально измеряется оптическая плотность чистой незапечатанной бумаги, из которой изготовлена книга $D_{б.л.}$. Зоны для такого измерения могут быть найдены на титульном листе или на полях книги.

Затем измеряется оптическая плотность на обрезе книги в обложке или книжного блока, предназначенного для изготовления книги в переплетной крышке $D_{об.}$. Зона для измерения должна находиться на расстоянии 10–20 мм от корешка книги или блока. Листы при измерении должны быть в сомкнутом состоянии.

Далее находится разность показаний:

$$\Delta D = D_{об.} - D_{б.л.} \quad (1)$$

Всего проводится по три измерения на верхнем и нижнем обрезе книги. По результатам всех измерений находится среднее значение ΔD для конкретного канала.

Таблица 3
Результаты измерения и расчета показателей ΔD

| Образец | ΔD_V | ΔD_C | ΔD_M | ΔD_Y | Среднее по VCM | Среднее по VCMY |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-----------------|
| 1 | 0,036 | 0,034 | 0,036 | 0,048 | 0,035 | 0,039 |
| 2 | 0,032 | 0,029 | 0,033 | 0,045 | 0,031 | 0,035 |
| 3 | 0,023 | 0,022 | 0,020 | 0,028 | 0,022 | 0,023 |
| 4 | 0,015 | 0,016 | 0,015 | 0,016 | 0,015 | 0,016 |

Измерение в каналах CMY, т. е. через светофильтры (голубой — C, пурпурный — M, желтый — Y), которые встроены в современные спектроденситометры, проводится для того, чтобы исключить искажения при определении оптической плотности. Источники таких искажений могут быть следующими.

В некоторых видах бумаги используется оптическое отбеливание, т. е. в ее поверхностные слои вводятся люминофоры. Поэтому при измерении оптической плотности поверхности бумаги свечение люминофоров будет давать вклад в отраженную составляющую света. При измерении оптической плотности обреза, т. е. на торцах листов, вклад этой составляющей будет меньше.

Анализ данных в табл. 3 показывает, что для каналов C и M отклонение значений ΔD от данных, полученных в канале V для одного образца книги (т. е. в строке табл. 3), находится в диапазоне 0,0–13,0%. В то время как для образцов книг по отношению к книге № 4 (т. е. в столбце табл. 3) отличие ΔD находится в диапазоне 33,3–200,0%. Таким образом, основной показатель, по которому оценивается качество реза, четко дифференцирован по отношению к различиям измерения оптической плотности в каналах V, C и M.

Ситуация с измерением в канале Y иная. Для книги № 4 отклонение значения ΔD от данных, полученных в канале V, составляет 6,7%. Таким образом, для этой книги измерение во всех каналах дает близкие результаты. Для образца книги № 3 отклонение значения ΔD от данных в канале V — 21,7% и для образцов № 2 и 1 — 40,6 и 33,3% соответственно. Объясняется это тем, что бумага, из которой изготовлены данные книги, имеет желтый оттенок и соответственно измерение в канале Y дает большие абсолютные значения оптической плотности.

Одним из видов брака при обрезке книг и книжных блоков является изменение цвета

бумаги на срезах [1]. Основная причина этого брака — затупление ножей бумагорезальных машин или неправильный выбор их параметров (углов и радиуса заточки). В результате при разрезке лезвие ножа разогревается до температур, превышающих допустимые, и происходит тепловая деструкция бумаги в зоне реза. Измерение через разные светофильтры позволяет обнаружить эти ситуации. Рассмотренные в качестве примера четыре образца книг такого явного брака не имели.

В простых моделях денситометров измерение оптической плотности осуществляется только в одном канале V. В этом случае изменение цвета реза необходимо контролировать визуально.

Измерение ΔD в различных каналах и последующий его анализ может проводиться в системах управления оборудования для трехсторонней обрезки книг и книжных блоков, а также бумагорезальных машин. Если ΔD в каком-либо канале отличается от значения в канале V более чем на 15%, то оно не должно учитываться при контроле качества по всем остальным каналам. Причина такого отклонения должна анализироваться дополнительно после остановки оборудования.

Дополнительный анализ ΔD в различных каналах не изменяет сущность предлагаемого способа контроля качества реза, но расширяет его возможности при использовании в системах управления автоматизированного оборудования. При измерении вручную достаточно ограничиться измерением в канале V. И только в случаях, требующих более тщательного контроля, например при возникновении разночтений по оценке качества, использовать и остальные каналы.

Для принятия решения о том, что обрез удовлетворяет требованиям качества, результаты измерения и расчета ΔD должны быть сравнены с допустимым граничным значением ΔD_L . В общем случае измерения в каждом канале денситометра должно выполняться условие

$$0 < \Delta D \leq \Delta D_L. \quad (2)$$

Равенство нулю ΔD означает, что шероховатость реза равна шероховатости бумаги. Такое требование может оказаться излишне «жестким» по техническим и экономическим причинам.

Если окажется, что $\Delta D < 0$, то это будет свидетельствовать о получении брака при обрезке. Такое значение может получиться, например, при слипании листов, что недопустимо по технологической инструкции [1].

Выбор конкретного значения ΔD_L зависит от целого комплекса технических, экономических

и организационных факторов. В условиях конкретного полиграфического предприятия эта задача может решаться по-разному. В первую очередь, ее решение зависит от вида и читательского адреса книжной продукции. В простых случаях можно использовать экспертный опрос. В тех случаях, когда к качеству предъявляются более жесткие требования, может быть использована методика [3].

Необходимо учитывать, что после того как ΔD_L установлено, предлагаемый способ обеспечивает одинаковый уровень требований к качеству всей продукции, которая будет подвергаться контролю.

Анализ данных в табл. 3 позволяет заключить, что для рассматриваемых в данном примере образцов книг допустимое значение разности оптических плотностей может быть принято равным $\Delta D_L = 0,025$.

Возможность использования полученного показателя качества реза для последующих расчетов продемонстрируем на примере определения стандартных показателей шероховатости реза R_a , R_z , R_{max} . Значения этих показателей в микрометрах можно вычислить по следующей формуле:

$$R = a \exp(b \Delta D). \quad (3)$$

Параметры a и b для каждого показателя приведены в табл. 4. Их значения получены с помощью метода наименьших квадратов по данным табл. 2 и среднего значения по каналам VCM в табл. 3.

Показатели шероховатости R_a , R_z , R_{max} могут быть использованы, в свою очередь, для расчета краскостойкости реза, если в дальнейшем предусмотрена операция его закраски [2]. Также их можно применять для прогнозирования стойкости бумагорезальных ножей [3].

Таблица 4

Параметры модели для показателей шероховатости

| Значения параметров | R_a | R_z | R_{max} |
|---------------------|--------|--------|-----------|
| a , мкм | 2,832 | 12,555 | 13,533 |
| b | 34,061 | 31,089 | 38,544 |

Возможность использования предлагаемого способа контроля качества реза в системах управления оборудования для трехсторонней обрезки книг и книжных блоков, а также бумагорезальных машин связана с установкой на этом оборудовании денситометрических контрольно-измерительных устройств. Приборный контроль качества реза позволит ускорить настройку оборудования, обеспечить объективный контроль не только получаемой продукции, но и состояния режущего инструмента.

Заключение. Представленный в статье способ обеспечивает объективный приборный контроль качества реза при трехсторонней обрезке книг и книжных блоков. Учитывая высокую точность и оперативность способа, он является пригодным для современного высоко-

производительного бумагорезального оборудования. Рассчитанные показатели шероховатости могут быть использованы для расчета краскоемкости обреза в случае его окраски, а также для прогнозирования стойкости бумагорезальных ножей.

Литература

1. Чернышова Н. А. Брошюровочно-переплетные процессы. Технологические инструкции. М.: Книга, 1982. 441 с.
2. Воробьев Д. В. Технология послепечатных процессов. М.: Из-во МГУП, 2000. 393 с.
3. Киселев С. С. Стойкость бумагорезательных ножей. М.: Лесная пром-сть, 1971. 105 с.
4. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. М.: Стандартиформ, 2006. 6 с.
5. Кулак М. И., Медяк Д. М. Способ контроля качества обреза книги или предназначенного для ее изготовления книжного блока. Патент РБ, № 20336, 2016.

References

1. Chernyshova N. A. *Broshyurovochno-perepletnye protsessy. Tekhnologicheskie instruksii* [Stitching and binding processes. Technological instructions]. Moscow, Kniga Publ., 1982. 441 p.
2. Vorob'yev D. V. *Tekhnologiya poslepechatnykh protsessov* [Technology of postprinting processes]. Moscow, Izd-vo MGUP Publ., 2000. 393 p.
3. Kiselev S. S. *Stoykost' bumagorezatel'nykh nozhey* [Firmness of knives for paper cutting]. Moscow, Lesnaya prom-st' Publ., 1971. 105 p.
4. ГОСТ 2789–73. Surface roughness. Parameters and characteristics. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 6 p. (In Russian).
5. Kulak D. M., Medyak D. M. *Sposob kontrolya kachestva obreza knigi ili prednaznachennogo dlya ee izgotovleniya knizhnoy bloka* [Method of quality control of a sawn-off shotgun of the book or the book block intended for its production]. Patent BY, no. 20336, 2016.

Информация об авторах

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@belstu.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

Терешко Галина Петровна — магистрант кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: tereshko@belstu.by

Information about the authors

Kulak Mikhail Iosifovich — DSc (Physics and Mathematics), Professor, Head of the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kulak@belstu.by

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

Tereshko Galina Petrovna — Master's degree student, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tereshko@belstu.by

Поступила 11.08.2016