

УДК 004.9+655.3.062

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ДРУКАРСЬКИХ ВІДБИТКІВ ЗАСОБАМИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

В. Б. Репета, П. М. Ривак, В. М. Сеньківський

*Українська академія друкарства,
вул. Підголосько, 19, Львів, 79020, Україна*

Окреслюється проблема комплексного оцінювання якості друкарських відбитків. На підставі проведеного аналізу встановлено основні показники якості відбитків аркушевого офсетного друку, а саме оптична щільність відбитка, розтискування, видільна здатність, точність суміщення фарб, балансу «по-сірому». Відповідно до прийнятих термів: «низька», «задовільна», «висока», сформовано нечітку базу знань параметрів якості друкарських відбитків з виконанням умови «якщо-то». На основі цієї бази знань побудовано нечіткі логічні рівняння розрахунку варіантів якості відбитків, а проведена дифазифікація за методом «центру ваги» дала можливість отримати кількісний показник якості відбитків, які є результатом дотримування відповідних режимів технологічного процесу друкування.

Ключові слова: *якість відбитків, лінгвістична змінна, база знань, нечітка логіка.*

Постановка проблеми. Жорсткі вимоги споживачів щодо якості друкованої продукції перетворили спосіб її оцінювання на важливу операцію технологічних процесів поліграфічного підприємства. Проблемним є не тільки виявлення можливостей підвищення якості продукції, а й оптимізація процесу визначення її якості. При кількісній оцінці якості продукції можливим є визначення як одиничного показника якості, так і комплексного, що характеризується декількома параметрами. Найповнішою вважається узагальнена оцінка якості продукції, яка передбачає поєднання переваг комплексної оцінки з ретельним аналізом окремих показників конкретного виду продукції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В основі методики комплексного оцінювання [1, с. 3–9] містяться кілька стадій аналізу, в результаті яких виробляється єдина концепція з розрахунком комплексного показника. Він описує рівень якості досліджуваного відбитка, а також процес друкування та обладнання, що тестується. У поліграфії існує перелік нормативних документів [2–4], які дають можливість використовувати ряд оціночних показників відповідно до регламентованих значень. Це, насамперед, оптична щільність відбитка, колірна відмінність ΔE , величини «трепінгу», контрасту, розтискування, ковзання, роздільної та видільної здатностей, точності суміщення фарб, балансу «по-сірому». Відомі також рекомендації стосовно відтворення на відбитку дрібних растрових елементів залежно від виду задрукованого матеріалу. Відповідно при виборі оціночного критерію [5, с. 2–5] потрібно дотримуватися нормативних, мінімально і максимально можливих значень.

Мета роботи. Розробити комплексний апарат оцінювання та прогнозування якості друкарських відбитків, що є результатом чіткого дотримування встановлених режимів технологічного процесу друкування. Такий підхід

уможливить використання кількісних та якісних баз знань для прогнозування і забезпечення відповідної якості відбитків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як критерії якості зображення, отриманого в результаті офсетного аркушевого друку контрольних шкал [1, с. 3–9], вибрано п'ять основних показників як-от:

- оптична щільність відбитка. Вона залежить від інтенсивності друкарської фарби, тобто її здатності надавати зображенню відповідні оптичні характеристики при мінімальних витратах. Оптична щільність плашки (100% поле) для плоского офсетного друку становить 0,9–1,9 залежно від фарби і виду паперу;
- баланс «по-сірому» (80% поле). Як критерій вибрано величину оптичних щільностей 80 % поля шкали, виміряних за трьома кольоровими світлофільтрами. Допустима величина не має перевищувати 0,1;
- розтискування растрових елементів (50% поле). Один з важливих показників якості оцінюється за якістю півтонів, що передаються. Критерієм вибрано величину розтискування 50% поля шкали. Допустима величина — 15%;
- видільна здатність. Як критерій вибрано окремо стоячі штрихи різної ширини: 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 мкм. Допустима величина — до 40 мкм;
- точність суміщення фарб. Максимально допустиме відхилення між центрами хрестів-міток двох будь-яких фарб має бути не більше, ніж 0,08 мм — для друкарських машин середнього формату при масі паперу більше 65 г/м².

Якісні показники друкарського відбитка є результатом певної взаємодії інформаційного, енергетичного і матеріального потоків [6, с. 234]. Вони залежать від характеристики застосовуваних матеріалів, характеристики обладнання і режимів технологічного процесу (рис. 1) та мають відповідати якісним параметрам, які встановленні попередньо отриманими практичними результатами і стандартами.

Відповідно, якість відбитків офсетного друку визначається як:

$$Q = f(D, G, B, P, L), \quad (1)$$

де D — лінгвістична змінна, яка характеризує величину оптичної щільності відбитка; G — лінгвістична змінна, яка характеризує рівень балансу «по сірому»; B — лінгвістична змінна, яка характеризує величину видільної здатності; P — лінгвістична змінна, яка характеризує величину розтискування; L — лінгвістична змінна, яка характеризує точність суміщення фарб.

Оцінку значень лінгвістичних змінних проведемо за допомогою системи якісних понять. Кожне з цих понять становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість, яка розглядається як лінгвістичний терм. Лінгвістичні змінні, які забезпечують якість відбитка та оціночні терми, наведено в таблиці.

Згідно з методикою [7, с. 43–59] побудуємо функції належності для показника «Оптична густина СМУК-відбитка». Відповідно з даними [1, с. 3–9],

середнє значення показника визначено на універсальній множині: $u_1 = 0,7$ у.о.; $u_2 = 0,9$ у.о.; $u_3 = 1,3$ у.о.; $u_4 = 1,6$ у.о.; $u_5 = 1,9$ у.о.

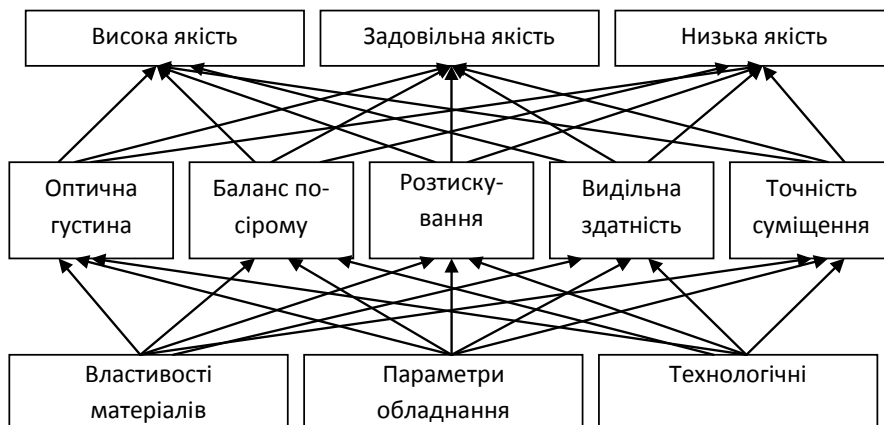


Рис. 1. Якість друкарських відбитків залежно від характеристики матеріалів, обладнання і технологічних режимів

Таблиця

**Лінгвістичні змінні параметрів якості відбитків
офсетного аркушевого друку**

Назва змінної	Універсальна множина	Терми оцінювання
Оптична густина СМУК-відбитка*	0,7-1,9 у.о.	низька
		задовільна
		висока
Розтискування	0-25%	низьке
		середнє
		високе
Рівень балансу «по сірому»	0-0,13 у.о.	низький
		задовільний
		високий
Точність суміщення фарб	0-0,3 мм	погана
		задовільна
		висока
Видільна здатність	10-50 мкм	низька
		задовільна
		висока

* під лінгвістичною змінною «Оптична густина СМУК-відбитка» розуміється усереднене значення оптичної густини СМУК-кольорів.

Для лінгвістичної оцінки цього показника використовуємо сукупність нечітких термів: $T(D) = \langle \text{висока, задовільна, низька} \rangle$. Після формування та

розв'язку матриці попарних порівнянь впливу показника на якість відбитків за відношенням до термів «висока», «задовільна», «низька», отримаємо функції належності лінгвістичної змінної «Оптична густина СМΥК-відбитка» (рис. 2) і такі нечіткі множини:

$$\text{оптична густина низька} = \left(\frac{1}{0,7}; \frac{0,89}{0,9}; \frac{0,78}{1,3}; \frac{0,33}{1,6}; \frac{0,11}{1,9} \right) \text{ у.о.};$$

$$\text{оптична густина задовільна} = \left(\frac{0,77}{0,7}; \frac{0,85}{0,9}; \frac{1}{1,3}; \frac{0,85}{1,6}; \frac{0,77}{1,9} \right) \text{ у.о.};$$

$$\text{оптична густина висока} = \left(\frac{0,11}{0,7}; \frac{0,33}{0,9}; \frac{0,78}{1,3}; \frac{0,89}{1,6}; \frac{1}{1,9} \right) \text{ у.о.}$$

Побудуємо функції належності для лінгвістичної змінної «Розтискування». Відповідно, цей показник визначено на універсальній множині: $u_1=0\%$; $u_2=5\%$; $u_3=10\%$; $u_4=15\%$; $u_5=20\%$.

Для лінгвістичної оцінки змінної використовуємо сукупність нечітких термів: $T(P)=\langle \text{високе, задовільне, низьке} \rangle$. Після формування матриці попарних порівнянь впливу розтискування за відношенням до термів «високе», «задовільне», «низьке», отримаємо функції належності впливу на якість відбитка лінгвістичної змінної «Розтискування» (рис. 3) і такі нечіткі множини:

розтискування низьке (якість відбитка висока) =

$$\left(\frac{1}{0}; \frac{0,67}{5}; \frac{0,44}{10}; \frac{0,22}{15}; \frac{0,14}{20} \right) \%;$$

розтискування задовільне = $\left(\frac{0,44}{0}; \frac{0,66}{5}; \frac{1}{10}; \frac{0,66}{15}; \frac{0,44}{20} \right) \%;$

розтискування високе (якість відбитка низька) =

$$\left(\frac{0,14}{0}; \frac{0,22}{5}; \frac{0,44}{10}; \frac{0,66}{15}; \frac{1}{20} \right) \%.$$

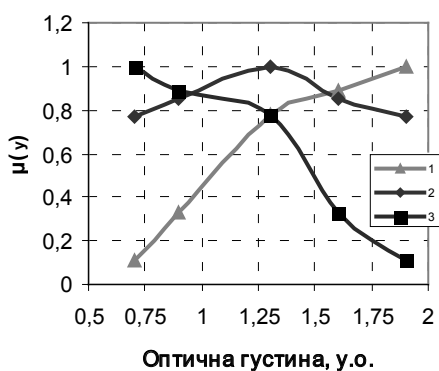


Рис. 2. Функції належності лінгвістичної змінної «Оптична густина СМΥК-відбитка»: 1 — висока; 2 — задовільна; 3 — низька

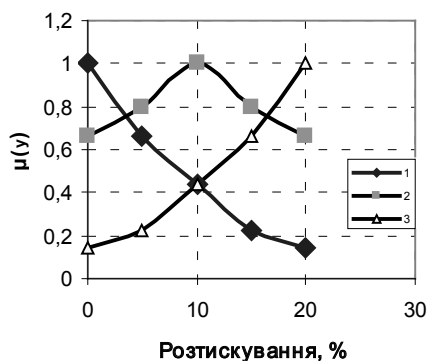


Рис. 3. Функції належності лінгвістичної змінної «Розтискування»: 1 — низьке; 2 — середнє; 3 — високе

Побудуємо функції належності для лінгвістичної змінної «Точність суміщення фарб», яка визначає якість друкарських відбитків. Суміщення фарб при друкуванні визначене на універсальній множині: $u_1 = 0$ мм; $u_2 = 0,05$ мм; $u_3 = 0,08$ мм; $u_4 = 0,12$ мм; $u_5 = 0,3$ мм.

Для лінгвістичної оцінки показника використовуємо сукупність нечітких термів: $T(L) = \langle \text{низька, задовільна, висока} \rangle$. Після формування матриці попарних порівнянь впливу на якість відбитків швидкості друкування за відношенням до термів «низька», «задовільна», «висока» отримаємо функції належності лінгвістичної змінної «Точність суміщення» (рис. 4). Вплив точності суміщення фарб на якість друкарського відбитка у вигляді нечітких множин має вигляд:

точність суміщення погана (якість відбитка низька) =

$$\left(\frac{0,11}{0}, \frac{0,33}{0,05}, \frac{0,56}{0,08}, \frac{0,78}{0,12}, \frac{1}{0,3} \right) \text{ мм};$$

точність суміщення задовільна = $\left(\frac{0,56}{0}, \frac{0,72}{0,05}, \frac{1}{0,08}, \frac{0,72}{0,12}, \frac{0,56}{0,3} \right) \text{ мм};$

точність суміщення висока = $\left(\frac{1}{0}, \frac{0,78}{0,05}, \frac{0,55}{0,08}, \frac{0,33}{0,12}, \frac{0,11}{0,3} \right) \text{ мм}.$

Аналогічно до попередніх розрахунків визначено функції належності лінгвістичних змінних «Рівень баланс «по сірому» і «Видільна здатність».

«Рівень балансу «по сірому» визначено у такій нечіткій множині:

рівень балансу «по сірому» низький (якість відбитка висока) =

$$\left(\frac{1}{0}, \frac{0,67}{0,03}, \frac{0,44}{0,06}, \frac{0,22}{0,1}, \frac{0,14}{0,13} \right) \%;$$

рівень балансу «по сірому» задовільний = $\left(\frac{0,43}{0}, \frac{0,62}{0,03}, \frac{1}{0,06}, \frac{0,62}{0,1}, \frac{0,43}{0,13} \right) \%;$

рівень балансу «по сірому» високий (якість відбитка низька) =

$$\left(\frac{0,14}{0}, \frac{0,22}{0,03}, \frac{0,44}{0,06}, \frac{0,66}{0,1}, \frac{1}{0,13} \right) \%.$$

Функції належності показника показано на рис. 5.

Величину видільної здатності як показника якості друкарського відбитка подано у вигляді нечітких множин:

видільна здатність низька = $\left(\frac{0,11}{10}, \frac{0,22}{20}, \frac{0,55}{30}, \frac{0,77}{40}, \frac{1}{60} \right) \text{ мкм};$

видільна здатність задовільна = $\left(\frac{0,56}{10}, \frac{0,72}{20}, \frac{1}{30}, \frac{0,72}{40}, \frac{0,56}{60} \right) \text{ мкм};$

видільна здатність висока = $\left(\frac{1}{10}, \frac{0,77}{20}, \frac{0,55}{30}, \frac{0,22}{40}, \frac{0,11}{60} \right) \text{ мкм}.$

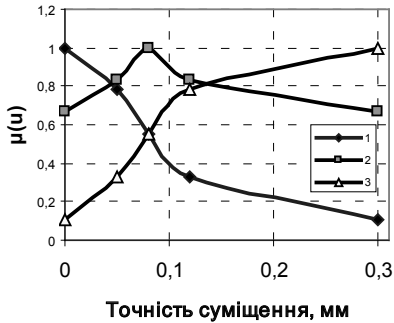


Рис. 4. Функції належності впливу лінгвістичної змінної «Точність суміщення» як параметра якості відбитка:

1 — висока; 2 — задовільна; 3 — низька

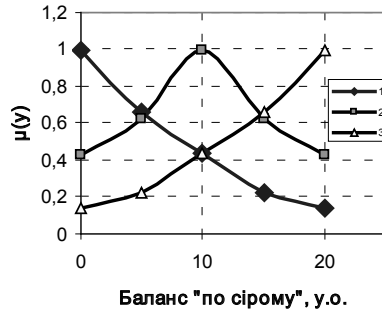


Рис. 5. Функції належності лінгвістичної змінної «Рівень балансу "по сірому"» як параметра якості відбитка:

1 — низький; 2 — задовільний; 3 — високий

Сформуємо нечітку базу знань параметрів якості друкарських відбитків:

- Для терму «низька»: якщо ($D = \text{низька}$) і ($L = \text{високе}$) і ($B = \text{висока}$) і ($P = \text{високе}$) і ($G = \text{високий}$) або ($D = \text{задовільна}$) і ($L = \text{задовільне}$) і ($B = \text{низька}$) і ($P = \text{середнє}$) і ($G = \text{високий}$), то якість відбитка «низька».
- Для терму «задовільна»: якщо ($D = \text{задовільна}$) і ($L = \text{задовільне}$) і ($B = \text{висока}$) і ($P = \text{середнє}$) і ($G = \text{низький}$) або ($D = \text{висока}$) і ($L = \text{задовільне}$) і ($B = \text{висока}$) і ($P = \text{низький}$) і ($G = \text{задовільний}$), то якість відбитка «задовільна».
- Для терму «висока»: якщо ($D = \text{висока}$) і ($L = \text{задовільне}$) і ($B = \text{висока}$) і ($P = \text{низьке}$) і ($G = \text{задовільний}$) або ($D = \text{висока}$) і ($L = \text{високе}$) і ($B = \text{задовільне}$) і ($P = \text{середнє}$) і ($G = \text{низький}$), то якість відбитка «висока».

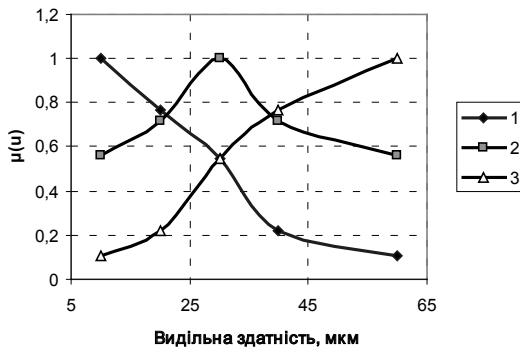


Рис. 6. Функції належності впливу лінгвістичної змінної «Видільна здатність» як параметра якості відбитка:

1 — висока; 2 — задовільна; 3 — низька

Логічні рівняння якості відбитків аркушевого офсетного друку мають вигляд:

$$\begin{aligned} \mu^H &= \mu^H(D) \wedge \mu^6(L) \wedge \mu^6(B) \wedge \mu^6(P) \wedge \mu^3(G) \vee \mu^3(D) \wedge \mu^H(L) \wedge \mu^H(B) \wedge \mu^C(P) \wedge \mu^H(G) \\ \mu^3 &= \mu^3(D) \wedge \mu^3(L) \wedge \mu^6(B) \wedge \mu^C(P) \wedge \mu^H(G) \vee \mu^6(D) \wedge \mu^3(L) \wedge \mu^6(B) \wedge \mu^H(P) \wedge \mu^3(G) \\ \mu^6 &= \mu^6(D) \wedge \mu^3(L) \wedge \mu^6(B) \wedge \mu^H(P) \wedge \mu^3(G) \vee \mu^6(D) \wedge \mu^6(L) \wedge \mu^3(B) \wedge \mu^C(P) \wedge \mu^H(G) \end{aligned} \quad (2)$$

При підстановці ступенів належності в систему нечітких логічних рівнянь, які визначають якість відбитків офсетного аркушевого друку, отримаємо рівняння функцій належності:

$$\mu^H = 0,33 \wedge 0,78 \wedge 0,77 \wedge 0,22 \wedge 0,62 \vee 0,85 \wedge 0,33 \wedge 0,22 \wedge 0,66 \wedge 0,67$$

$$\mu^3 = 0,85 \wedge 0,72 \wedge 0,77 \wedge 0,67 \wedge 0,62 \vee 0,89 \wedge 0,72 \wedge 0,77 \wedge 0,67 \wedge 0,62$$

$$\mu^6 = 0,89 \wedge 0,72 \wedge 0,77 \wedge 0,67 \wedge 0,62 \vee 0,89 \wedge 0,78 \wedge 0,72 \wedge 0,66 \wedge 0,67$$

Значення якості друкарських відбитків у нечіткій формі становить: $\mu^H = 0,22$; $\mu^3 = 0,62$; $\mu^6 = 0,66$.

Провівши дефазифікацію отриманих нечітких значень якості відбитків (наприклад, за принципом центру ваги), можна отримати кількісну оцінку якості всього накладу:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^m u_i \cdot \mu(u_i)}{\sum_{i=1}^m \mu(u_i)} \quad , \quad (3)$$

відповідно, отримаємо кількісний показник якості:

$$Q = \frac{1 \cdot 0,22 + 5 \cdot 0,62 + 10 \cdot 0,66}{0,22 + 0,62 + 0,66} = 6,61.$$

Висновки. Проведений аналіз показників відбитків офсетного друку з використанням експертно-лінгвістичної інформації і правила «якщо-то» дозволив отримати нечіткі логічні рівняння впливу лінгвістичних змінних на якість офсетних друкарських відбитків і відповідно, оцінити якість технологічного процесу друкування. Запропонована методика розрахунку якості відбитків у кількісному вигляді у майбутньому уможливіє розробку імітаційної моделі прогнозування якості друкування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Оцінювання якості друкованих відбитків з використанням «функції бажаності» для формалізації комплексного показника конкурентноздатності друкарні / П. М. Ривак, І. В. Шаблій, В. Б. Репета, Р. В. Рибка // Квалілогія книги : зб. наук. праць. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2014. — № 2 (26). — С. 3–9.
2. Крылов А. Контроль качества в строгом режиме [Электронный ресурс] / А. Крылов // Компьюарт. — №9. — 2009. — Режим доступа : <http://www.compuart.ru/article.aspx?id=20792&iid=948>.
3. Стандартизация многокрасочной печати [Электронный ресурс] / [б/а] // Publish. — 2012. — №10, 12. — Режим доступа: www.publish.ru/articles/201303_200_13000; www.publish.ru/articles/201311_20013157.
4. Graphic technology - Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints. Part 2: Offset lithographic processes: ISO 12647-2: 2004. — [Чинний від 2005-01-01]. — Режим доступу : www.reproductor.ru.

5. Секерин В. Д. Выбор материала с помощью функции Харрингтона (функция желательности). Методические указания / В. Д. Секерин и др. — М. : МГУИЭ, 2005.
6. Величко О. М. Опрацювання інформаційного потоку взаємодією елементів друкарського контакту: моногр. / О. М. Величко. — К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський ун-т», 2005. — 264 с.
7. Ротштейн О. П. Soft Computing в біотехнології: багатофакторний аналіз і діагностика: моногр. / О. П. Ротштейн, Є. П. Ларюшкін, Ю. І. Мітюшкін. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. — 144 с.

REFERENCES

1. Ryvak P., Shabliy I., Repeta V. and Rybka R. (2014), Evaluation of the quality of prints with “desirable feature” to formalize the complex index of competitiveness of a printing house, *Qualiology of a book*, Vol. 26, No. 2. pp. 3–9.
2. Krylov A. (2009), Quality control in strict mode, *Journal Compuart*, No. 9, Available at: <http://www.compuart.ru/article.aspx?id=20792&iid=948>. (Accessed 27 December 2014).
3. Standardization of multi-color printing (2012), *Journal Publish*, No.10,12, available at: www.publish.ru/articles/201303_20013000; www.publish.ru/articles/201311_20013157. (Accessed 27 December 2014).
4. International Standard ISO 12647-2:2004 (2004), *Graphic technology – Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints Part 2, Offset lithographic processes*, Geneva.
5. Sekerin V. D. (2005), *The choice of material using the Harrington (desirability function), Methodical instructions*, Moscow.
6. Velychko O. M. (2005), *Processing information flow of elements printing contact*, Kyiv University publishing center, Kyiv.
7. Rothstein A. P., Lariushkin Ye. I. and Mityushkin Yu. I. (2008), *Soft Computing in biotechnology: multivariate analysis and diagnostics*, Universum-Vinnytsja.

THE QUALITY ASSESSMENT OF REPRINTS BY MEANS OF FUZZY LOGIC

V. B. Repeta, P. M. Ryvak, V. M. Senkivskyi

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine
vreneta@yandex.ua*

The problem of complex evaluation of quality reprints has been examined in the article. According to the analysis conducted, the basic parameters of the prints offset sheet quality, such as optical density, dot gain, excretory capacity, accuracy of color combination, gray balance have been set. In accordance with the terms «low», «satisfactory», «high», the fuzzy logic basic parameters of quality prints with performance conditions «if-then» have been formed. Based on this knowledge base there have been built fuzzy logical equations to calculate the options for quality imprints, and the difuzzyfication of the «center of gravity», allowing to obtain a quantitative indication of the quality of imprints, as a result of observance of the appropriate mode of the printing process, has been conducted.

Keywords: *quality of imprints, linguistic variable, knowledge base, fuzzy logic.*

Стаття надійшла до редакції 22.12.2014.

Received 22.12.2014.