

## ПРОЦЕСИ

---

УДК 655.3.062.2

### БАГАТОРІВНЕВА ІЄРАРХІЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ТА КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ КНИЖКОВИХ ВИДАНЬ ЗА ТОЧНІСТЮ РОЗМІРНИХ ПАРАМЕТРІВ

О.Р. Казьмірович

*Українська академія друкарства, вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

*Описано модель зовнішньої структури аркушевих та книжкових видань в області, визначеної геометричним способом. Розроблено п'ятирівневу ієрархічну модель оцінки та регулювання якості книжкових видань та напівфабрикатів за точністю розмірних параметрів. Визначено фактори, які впливають на точність книжкових видань на кожному рівні ієрархії. Запропоновано аналітичні залежності, які дають можливість прогнозувати результуючу похибку фальцювання аркушів та визначено основні проблеми їх розрахунку при класичній технології виготовлення книжкових видань. Розглянуто способи підвищення продуктивності та точності фальцювання аркушів шляхом розробки та впровадження у виробництво систем контролю похибок друку обрізних міток та друку міток фальцювання за координатами аркуша й похибок зіштовхування аркушів на віброзіштовхувачах, а відтак підвищення ефективності комп'ютерно-інтегрованих поліграфічних виробництв книжкових видань. Побудовано інформаційну модель вдосконаленого робочого потоку технологічних процесів та методу й приклад розрахунку результуючих похибок розташування фальцювальних міток на корінцях зошитів при технології виготовлення книжкових видань. Впровадження в друкарнях багаторівневої ієрархічної системи керування якістю книжкових видань і напівфабрикатів дозволить втілити узгоджені оптимальні рішення щодо її підвищення на різних рівнях управління.*

**Ключові слова:** *якість, книжкові видання, точність, похибки, багаторівневе ієрархічне керування, моделі, процеси фальцювання.*

**Постановка проблеми.** Забезпечення належної якості продукції в усьому світі є основною проблемою національної економіки і визначає темпи промислового розвитку країни. Підвищення якості продукції вимагає постійного вдосконалення методів управління технологічними процесами. Сучасна теоретична діяльність у сфері якості базується на кількісних методах. Кількісне оцінювання властивостей якості продукції в поліграфії виконується на багатьох операціях, кожна з яких має свої особливості, які повинні враховуватись при оцінюванні. Якість продукції в кваліметрії прийнято розглядати як ієрархічну багаторівневу сукупність властивостей.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Загальні принципи оцінювання книги з використанням ієрархічного методу описано в навчальному по-

сібнику [1]. За даним методом узагальнена оцінка якості книги здійснюється зведенням різних розмірностей абсолютних показників  $m$ -го рівня до єдиної розмірності або до безрозмірної шкали, що приводить до необхідності визначення вагомості показників якості, а відтак утруднює практичне застосування даного методу. Окремі методи дослідження якості аркушевих видань за розмірними параметрами наведено в праці [2].

**Метою роботи** є розробка ієрархічної багаторівневої моделі оцінки, регулювання та розрахунку якості книжкових видань за точністю розмірних параметрів.

**Виклад основного матеріалу.** Якість книжкової продукції та напівфабрикатів, у тому числі в частині, яка залежить від її розмірних параметрів таких як: несуміщення фарбовідбитків, неточностей позиціонування на аркуші обрізних та корінцевих міток й міток фальцювання; неоднакові розміри кантів на палітурці; зміщення отворів в зошитах, через які проходять нитки, від лінії згину; неоднакові поля на розгортках сторінок; нещільне прилягання корінця палітурки до книжкового блоку; неправильна приклейка капталів; приклейка форзаців з великим відступом; коса приклейка обкладинки у ряді випадків вимагає кращого. Одні із цих дефектів погіршують точність відтворення кольорів на відбитках, інші зовнішній вигляд книги.

Згідно з класифікацією поліграфічних видань (ДСТУ 3017-95. Видання. Основні види. Терміни і визначення; ГСТУ 29.5-2001. Видання книжкові. Поліграфічне виконання; СОУ 22.2-02477019-02:2005. Видання аркушеві. Технічні умови) за геометричною конструкцією їх умовно можна віднести до поліграфічних виробів, які є двовимірними (аркушеві видання) або тривимірними (книжкові видання). Таким чином, розглядаючи конструкції книжкових видань стосовно системного аналізу, друковані вироби з паперу, що проходять обробку на друкарських й післядрукарській стадіях виробництва, мають головну форми прямокутника (рис. 1) та паралелепіпеда (рис. 2), а їх якість обробки визначається в основному похибками найпоширеніших форм виробів з паперу (похибками макророзмірів), тобто характеризується, як правило, відхиленнями в лінійних розмірах.

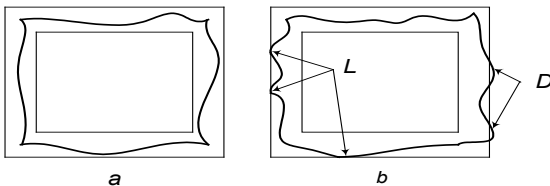


Рис. 1. Модель зовнішньої структури аркушевих видань в області, визначеної геометричним способом: *a* – допустима; *b* – недопустима.

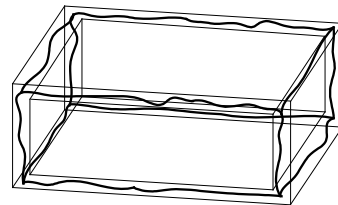


Рис. 2. Модель зовнішньої структури книжкових видань в області, визначеної геометричним способом.

Виготовити матеріальний виріб, який би відповідав властивостям прямокутника чи паралелепіпеда (у такому значенні, як його розуміє геометрія)

неможливо, навіть при використанні найточнішого поліграфічного обладнання. Тож наведені геометричні знаки прямокутників, зовсім не є точним відображенням прямокутників. Зовнішня структура виражає властивість матеріального комплексу, який може бути встановлений з допомогою інструментів. Зокрема, призначення такого геометричного вигляду, як прямокутник, обґрунтовується тим, що зовнішня структура розглянутих аркушевих видань може бути відображена сукупністю точок, які не переходять границь, визначеної геометричним прямокутником.

Якщо зовнішня структура відповідає розподілу, позначеному границями двох прямокутників на рис. 1,а, можна вважати, що виріб виконано відповідно до конструкції. На рис. 1,б відображено області  $L$ , в яких структура міститься в межах допустимих відхилень, однак область є вкрай використаною. В області  $D$  виникло порушення границь допуску, в результаті чого виріб повинен бути віднесений до дефектних.

Визначення конструктивної характеристики базується на виборі конструктивного вигляду та комплексу розмірів, що можна записати, як [3]:

$$C = P \cup W, \quad (1)$$

де  $P$  – позначення (знак) конструктивного вигляду;

$W$  – комплекс розмірів;

$C$  – конструктивна характеристика.

Спрощуючи пояснення понять конструктивного вигляду і комплексу розмірів, можна прийняти, що: конструктивний вигляд являє собою якісну властивість конструкції; комплекс розмірів є способом визначення кількісних властивостей конструкції.

Конструкція визначає допустимий розподіл розмірів. Розмір  $W$  (як елемент комплексу розмірів) формально може бути записаний формулою:

$$W = N \cup |T|, \quad (2)$$

де  $N$  – номінальний розмір;

$T$  – допуск та його положення.

З використанням апарату математичної статистики зазначений вираз можна представити в іншому вигляді:

$$W = \bar{W} \cup S_N, \quad (3)$$

де  $\bar{W}$  – середнє значення розміру;

$S_N$  – стандартне відхилення.

Проблеми, пов'язані з макроструктурами, мають важливе значення стосовно конструктивних характеристик поліграфічних паперових виробів, які обробляються переважно на стадії післядрукарських процесів, а з мікрострук-

турами - на стадіях додрукарських та друкарських процесів. До мікроструктур можна віднести розміри растрових крапок, товщини фарб в яких середнє значення розмірів  $\bar{w}$  співмірне за величиною до стандартного відхилення макроструктур:

$$\bar{w} \approx S_N. \quad (4)$$

Технологічний процес випуску книжкових видань є складним, багатофакторним об'єктом керування, регулюється за дискретною схемою й проходить послідовно усі технологічні етапи, а контроль та регулювання їх якості є багатопараметричним та багаторівневим.

У роботі запропоновано (рис. 3) ієрархічну багаторівневу модель оцінки та регулювання якості книжкових видань за точністю розмірних параметрів.

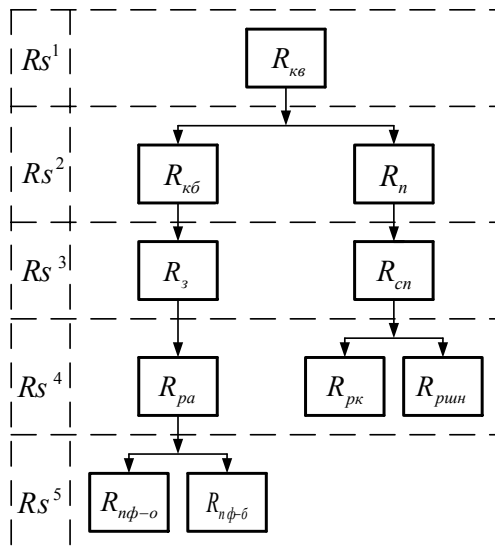


Рис. 3. Ієрархічна багаторівнева модель оцінки та регулювання якості книжкових видань за точністю розмірних параметрів

Структура даної моделі ( $Rs$  – системи), як множина показників розмірних параметрів є п'ятирівневою  $Rs = \{Rs^1, Rs^2, Rs^3, Rs^4, Rs^5\}$ ,  $Rs^4 \subset Rs^3 \subset Rs^2 \subset Rs^1$ .

Перший рівень  $Rs^1$  – множина розмірних параметрів, яка визначає точність виготовлення книжкового видання  $R_{кв}$  в цілому, є багатофакторним і характеризує рівень якості книжкового видання окремої друкарні. Кількість параметрів на цьому рівні дорівнює  $k1 = j$ .

$$R^1 = \{R_i\}_{i=1}^j, \quad R_i \in R^1 \quad (5)$$

де  $i$  – індекс порядкового номера розмірного параметра.

Другий рівень  $Rs^2$  – множина розмірних параметрів, яка визначає точність виготовлення книжкового блоку  $R_{кб}$  (точність трьохсторонньої обрізки, точ-

ність шитва) та точність виготовлення палітурки  $R_n$  (точність розмірів палітурки, точність глибини тиснення).

Третій рівень  $Rs^3$  – множина розмірних параметрів, яка визначає точність виготовлення зошитів  $R_z$  та точність склейки палітурок  $R_{cn}$  з картонних та шкіргалантерейних напівфабрикатів.

Четвертий рівень  $Rs^4$  - множина розмірних параметрів, яка визначає точність розрізки задрукованих аркушів  $R_{pa}$  та розрізки картонних  $R_{pk}$  й шкіргалантерейних напівфабрикатів  $R_{pin}$ .

П'ятий рівень  $Rs^5$  - множина розмірних параметрів, яка визначає точність позиціонування фарбовідбитків на аркушах при однофарбовому  $R_{нф-о}$  та багатофарбовому друці  $R_{нф-б}$ .

Похибки параметрів, що утворюються на нижчих рівнях моделі є складовими похибок вищих рівнів і оцінюються в однакових одиницях вимірювання, що спрощує математичний аналіз якості книжкових видань.

Розрахунок результуючих похибок виготовлення зошитів, при класичній технології виготовлення книжкових видань та нехтуванні похибками виготовлення друкарських форм, визначаємо за формулою

$$\Delta_{зош} = \left| \overline{\Delta'}_{зош} \right| + t_{\Sigma} \sqrt{\sigma_{др.ом}^2 + \sigma_{др.мф}^2 + \sigma_{зшт}^2 + \sigma_{нп}^2 + \sigma_{різ}^2 + \sigma_{нф}^2 + \sigma_{ф}^2}, \quad (6)$$

де  $\left| \overline{\Delta'}_{зош} \right|$  – модуль систематичних складових похибок;  $t_{\Sigma}$  – квантильний множник; середнє квадратичне відхилення похибки:  $\sigma_{др.ом}$  – друку обрізних міток;  $\sigma_{др.мф}$  – друку міток фальцювання;  $\sigma_{зшт}$  – зіштовхування аркушів у стосі на вібрзштовхувачі (або ручного зіштовхування);  $\sigma_{нп}$  – ручного настроювання подавача на координату підрізання стосу на формат;  $\sigma_{різ}$  – різання стосу;  $\sigma_{нф}$  – ручного настроювання фальцювальної машини на формат;  $\sigma_{ф}$  – фальцювання аркушів.

Визначення результуючої похибки при класичній технології виготовлення книжкових видань є проблемним оскільки на аркушевих офсетних друкарських машинах (АОДМ) не проводиться контроль похибки друку обрізних міток й друку міток фальцювання за координатами аркуша та на вібрзштовхувачі не проводиться контроль похибки зіштовхування, що також, зокрема, ускладнює задачу узгодження (стикування) друкарських процесів з післядрукарськими за розмірними параметрами книжкових видань та напівфабрикатів комп'ютерно-інтегрованих виробництвах [4].

Тому основними методами підвищення продуктивності та точності виготовлення зошитів книжкових видань за розмірними параметрами на фальцювальних машинах (ФМ) в сучасних комп'ютерно-інтегрованих виробництвах слід вважати розроблення: на АОДМ системи контролю точності координат позиціонування [5] міток приведення, обрізних міток, фальцювальних міток з метою подальшої автоматизації процесів настроювання подавача на початкову координату на однонозових паперорізальних машинах та ФМ; системи

контролю точності зіштовхування аркушів у стосі на вібростітовхувачах. На сьогодні ці операції здійснюються машиністами вручну із значними похибками (з допомогою вимірювальних металевих лінійок) та збільшеними витратами виробничого часу.

Наявність запропонованих систем автоматичного контролю надає інформацію про параметри  $\sigma_{зшт}$ ,  $\sigma_{др.рн}$ ,  $\sigma_{др.мф}$ , а відтак створює можливість здійснення розрахунків та прогнозування результуючих значень похибок виготовлення зошитів книжкових видань вже на стадії проектування та вибору оптимальних рішень щодо їх зменшення.

Проведемо оцінку точності фальцювання задрукованих аркушів згідно інформаційної моделі вдосконаленого робочого потоку технологічних процесів при виготовленні зошитів наведеної на рис. 4.

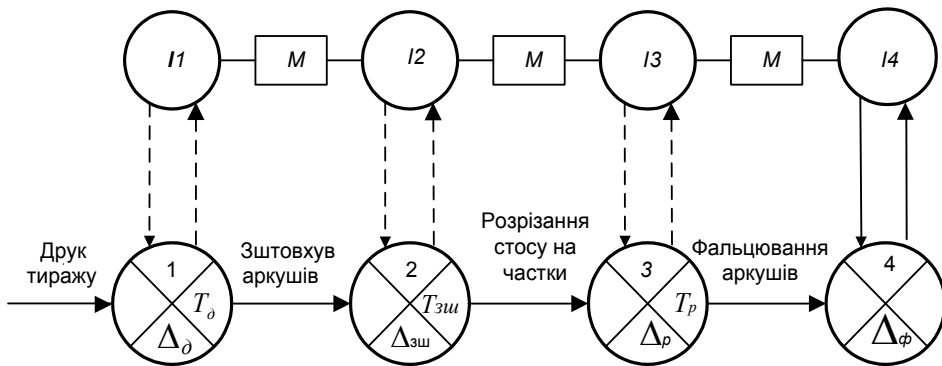


Рис. 4. Інформаційна модель вдосконаленого робочого потоку технологічних процесів при виготовленні зошитів: верхня лінія – інформаційна система підтримки робочого потоку; нижня лінія – матеріальний робочий потік: 1 – процеси друку; 2 – процеси зіштовхування аркушів у стосі; 3- процеси розрізання стосу на ОПРМ; 4- процеси фальцювання аркушів

Розрахунок результуючих похибок розташування фальцювальних міток, при вдосконаленій технології книжкових видань, визначаємо за формулами

$$\Delta'_{зшт} = \left| \overline{\Delta'_{зшт}} \right| + t_{\Sigma} \sqrt{\sigma_{др.рн}^2 + \sigma_{др.мф}^2 + \sigma_{зшт}^2 + \sigma_{різ}^2 + \sigma_{ф}^2}, \quad (7)$$

де  $\left| \overline{\Delta'_{зшт}} \right|$  - модулі систематичних складових зазначених похибок;  $t_{\Sigma}$  - квантильний множник; середнє квадратичне відхилення похибки:  $\sigma_{др.рн}$  - друку міток підрізання за координатами аркуша;  $\sigma_{др.мф}$  - друку міток фальцювання за координатами аркуша;  $\sigma_{зшт}$  - зіштовхування аркушів у стосі на вібростітовхувачі;  $\sigma_{різ}$  - різання стосу;  $\sigma_{ф}$  - фальцювання аркушів.

Для прикладу проведемо розрахунок точності розташування фальцювальних міток на корінцях зошитів при таких значеннях похибок її складових:  $t_{\Sigma}=3$  :  $\sigma_{др.мф} = \sigma_{др.рн} = 0,04$  мм;  $\sigma_{зшт} = 0,06$  мм;  $\sigma_{різ} = 0,05$  мм;  $\sigma_{ф} = 0,1$  мм. Отримуємо  $\Delta'_{зшт} = \pm 0,416$  мм, що менше допуску на точність фальцювання, який складає  $\pm 2,0$  мм.

**Висновки.** Багаторівнева ієрархічна система оцінки та керування точністю книжкових видань дозволяє оптимально розподілити складові результуючої похибки за окремими цехами (технологічними процесами), виявити слабкі місця виробництва, усунути конфліктні ситуації між працівників різних підрозділів друкарні. Кожному комплексу технологічного обладнання відповідає певний діапазон досягнення економічної точності виготовлення. Інформація про хід технологічних процесів повинна бути надана всім локальним підсистемам, а отже, необхідним є створення єдиного інформаційного поля, пов'язаного з інформаційно-вимірвальними комплексами окремих операцій та обладнання.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пашуля П.Л. Основи метрології, стандартизації і сертифікації. Якість у поліграфії: навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 288 с.
2. Казьмірович Р.В. Багаторівневе ієрархічне керування точністю макророзмірів аркушевих видань та напівфабрикатів. Наукові записки: наук.-техн. зб. - Львів: УАД, 2011. - №4 (37). – С. 204-211.
3. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: системный подход. – М.: Мир, 1981. – 456 с.
4. Казьмірович О.Р., Казьмірович Р.В. Деякі шляхи підвищення ефективності виробничої інформаційної технології CIP4/JDF для виробництв книжкових видань. «Автоматика/Automatics - 2017»: XXIV Міжнародна конференція з автоматичного управління: тези доп. – Вид-во «НУБіП». 2017. – С. 203-204.
5. Казьмірович Р.В., Казьмірович О.Р. Розробка математичних моделей для нового способу контролю точності суміщення та позиціонування фарбовідбитків на аркушах. Технологічні комплекси. Науковий журнал, 2014. - №1(9). С. 47-51.

### REFERENCES

1. Pashulya P.L. (1997). Osnovy metrologiyi, standartyzaciyi i sertyfikaciyi. Yakist u poligrafiyi: navch. posibnyk. K.: IZMM. – 288 s. (in Ukrainian)
2. Kazmirovych R.V. (2011). Bahatorivneve iyerarkhichne keruvannya tochnisty makrorozmiriv arkushevykh vydan ta napivfabrykativ. Naukovi zapysky: nauk.-tekhn. zb. - Lviv: UAD. - №4 (37). - p. 204-211. (in Ukrainian)
3. Ditrikh Ya. (1981). Proektirovaniye i konstruirovaniye: sistemnyy podkhod. - M.: Mir. - 456 s. (in Russian)
4. Kazmirovych O.R., Kazmirovych R.V. (2017). Deyaki shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti vyrobnychoyi informaciyanoi technologii CIP4/JDF dlya vyrobnytstv knyzkovykh vydan. «Avtomatyka/Automatics - 2017»: XXIV Mizhnarodna konferenciya z avtomatychnogo upravlinnya: tezy dop. - Vyd-vo «NUBiP». – p. 203-204. (in Ukrainian)
5. Kazmirovych R.V., Kazmirovych O.R. (2014). Rozrobka matematychnykh modeley dlya novogo sposobu kontrolyu tochnosti sumishchennya ta pozytsiyuvannya farbovidbytkiv na arkushakh. Tekhnologichni kompleksy. Naukovyy zurnal. - №1 (9). - p. 47-51. (in Ukrainian)

**MULTILEVEL HIERARCHICAL MODEL FOR ESTIMATION  
AND CONTROL THE QUALITY OF BOOK EDITIONS  
BY THE ACCURACY OF DIMENSIONAL PARAMETERS**

O.R. Kazmirovych

*Ukrainian Academy of Printing, 19, Pidholosko St., Lviv, 79020, Ukraine*  
*kazmoleh@gmail.com*

*The model of external structure of sheet and book editions defined in the geometric way has been described. A five-level hierarchical model for estimation and regulating the quality of book editions and semi-manufactured by the accuracy of dimensional parameters has been developed. The factors influencing the accuracy of book editions at each level of the hierarchy have been determined. The analytical dependencies have been suggested, which allow to predict the resulting error of the sheets folding and the main problems of their calculation have been determined with the classical technology of producing book editions. The methods of increasing the productivity and accuracy of the sheets folding by developing and implementation into production control systems of errors of the printing of edges and the printing and folding marks on the coordinates of the sheets and the errors of the jogging sheets on the jiggers, and hence the increase of the efficiency of computer-integrated printing production of book editions. The information model of the improved workflow of technological processes and the method of calculation of the resulting errors in the location on folding marks on the back signature by the manufacturing technology of book editions have been designed. The introduction of a multilevel hierarchical system of quality control of book editions and semi-manufactured in printing houses will allow to implement the agreed optimal solutions to increase it at different levels of management.*

**Keywords:** *quality, book editions, accuracy, errors, multilevel hierarchical control, models, folding processes.*

*Стаття надійшла до редакції 5.06.2018*

*Received 5.06.2018*