

О. А. ГУРЕВИЧ, А. Т. МАРТИНЮК, Б. М. БАБЯК

МЕТОД ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТОНОВІДТВОРЕННЯ

Пропонований метод контролю якості тоновідтворення базується на використанні так званих рівноконтрастних шкал, де оптичний інтервал між сусідніми полями рівний фіксованому числу одиниць світлоти.

Ряд таких шкал описаний у роботах [1—3] та ін. Їх особливі властивості такі: а) пороги реакції зору на зміну оптичних густин сусідніх полів шкали вибрані на основі експериментальних даних при деяких фіксованих зовнішніх умовах; б) значення порогового контрасту не залежить від геометричних розмірів (площ) полів, які візуально порівнюють; в) тестова шкала охоплює весь інтервал яскравостей оригіналів, які відтворюються даним типом репродукційної системи.

Основні недоліки названих шкал:

1. Різниця, на яку потрібно збільшити (зменшити) оптичну щільність сусіднього поля, щоб одержати найменший за перепадом контур, придатний до розпізнання зоровою системою, повинна визначатися характеристиками так званого середнього

спостерігача. Останній виступає звичайно як міжнародний експерт, оскільки його характеристики відповідають рекомендаціям Міжнародної комісії з освітлення (МКО).

2. Пороговий контраст вказаних шкал не залежить від геометричних розмірів порівнюваних сусідніх полів, що суперечить відомим дослідним даним (великі за площею деталі зображення краще розпізнаються, ніж малі).

3. Критерієм якості відтворення при використанні названих шкал є показник скорочення так званої Контурної місткості репродукованого оригіналу, тобто кількість контурів, що зникли на відбитку порівняно з оригіналом. Але цей показник не дає інформації про те, зникнення яких саме контурів допустиме, що примушує диференціювати його для кожної ланки інтервалу яскравостей оригіналу. Крім цього, математична формула для визначення даного показника не враховує систематичних і випадкових похибок конкретної системи відтворення, тобто допустимих спотворень параметрів зображення.

Описаний нижче метод контролю якості тоновідтворення і основана на ньому шкала саме і спрямовані на усунення цих недоліків.

Основна ідея методу полягає в тому, що втрата будь-якого контуру на репродукції (відбитку) шкали є ознакою браку і свідчить про те, що систематичні і випадкові похибки в тракті відтворення перевищують допустиму норму. В зв'язку з цим контурні перепади оптичної щільності, які перевищують поріг зорового розпізнання, при оптимальному репродукційному процесі повинні бути одержані саме на відбитку, а не тільки на оригіналі. Ця ідея диктує таку процедуру розрахунків і формування контрольної шкали:

1) виходячи з залежностей, рекомендованих МКО і відомих з літературних джерел даних про характеристики середнього спостерігача, розраховують мінімальні перепади щільності між сусідніми полями на відбитку шкали, що будуть відтворюватися зоровим апаратом як контури, причому мінімальна і максимальна оптичні щільності шкали визначаються типом застосованих друкарського паперу і фарби;

2) за допомогою середньої кривої відтворення, яка характеризує систематичні похибки даної репродукційної системи, одержані при розрахунках оптичної щільності полів відбитка шкали перераховують у відповідні значення на шкалі оригіналу;

3) з урахуванням випадкової похибки, яка вноситься даною репродукційною системою, і визначених раніше перепадів оптичної щільності між сусідніми полями шкали обчислюють геометричні розміри кожного поля шкали.

Перша задача розв'язується на базі формули метричної світлоти, рекомендованої МКО у 1976 р. для середніх умов спостереження:

$$L_* = 116 (B \parallel B_0)^{1/3} - 16, \quad (1)$$

де B — яскравість досліджуваного об'єкту; B_0 — яскравість білого стимулу, в ролі якого найчастіше виступає один із стандартних випромінювачів МКО, причому $B/B_0 \geq 0,01$, що відповідає умові $L^* > 0$.

Виразивши яскравість через одиниці оптичної щільності D і переходячи до прирощення відповідних параметрів, після ряду перетворень одержимо, що зміщення між сусідніми полями рівноконтрастної шкали за оптичною щільністю становить

$$\Delta D = \Delta L^* / 116 \cdot 10^{D,3}, \quad (2)$$

Таблиця 1

Оптичні щільності рівноконтрастної тестової шкали

Номер поля	D_p	D_{op}	Номер поля	D_p	D_{op}
1	1,550	2,40	11	0,753	1,01
2	1,445	2,17	12	0,694	0,93
3	1,348	1,98	13	0,638	0,85
4	1,257	1,80	14	0,584	0,77
5	1,172	1,64	15	0,532	0,70
6	1,092	1,51	16	0,482	0,64
7	1,017	1,40	17	0,434	0,58
8	0,946	1,30	18	0,388	0,52
9	0,878	1,20	19	0,343	0,46
10	0,814	1,10	20	0,300	0,40

де умові $L^* > 0$ відповідає вимога $D \leq 20$, що, як правило, виконується для друкарських відбитків.

Аналіз літературних даних показує, що для різних груп якості видань поріг розпізнання по світлоті ΔL^* коливається в діапазоні 2-3 одиниць світлоти. При $\Delta L^* = 3$ результати розрахунку за формулою (2) достатньо близькі, наприклад, до результатів розрахунку за регресивною формулою Є. Н. Євтеєвої і Ю. М. Штефана. Однак сформована при цьому шкала має дуже велику кількість полів, які технічно важко реалізувати. Тому для наведеного нижче прикладу визнано за доцільне прийняти $\Delta L^* = 4$, що відповідає середній групі якості, до якої відноситься більшість поліграфічних видань. Одержані оптичні щільності шкали на репродукції (відбитку) D_p наведені в табл. 1, причому максимальні і мінімальні оптичні щільності взято для випадку глибокого друку чорною фарбою 3313-01 на папері № 1 марки «А» з урахуванням виключення ефектів перетискування фарби і непродукованості.

Друга задача розв'язується на базі усередненої кривої відтворення оригіналів-відбитків для конкретної системи репродукування, що використовується на даному поліграфічному підприємстві. Як один із варіантів можна використати рекомендовану Д. Юлом і Н. А. Аватковою криву, основану на лінійній передачі на репродукції світлот оригіналу. Зразок такої кривої для випадку репродукування чорно-білих діапози-

тивів на папері для глибокого друку № 1 марки «А» наведено на рис. 1. За допомогою цієї кривої перераховано оптичні щільності полів шкали на репродукції по відношенню до оптичних щільностей оригіналу (див. графу D_{op} табл. 1).

Розглянуту методику визначення оптичних параметрів контрольної шкали можна використати і для формування полів нейтрально-сірої шкали, призначеної для контролю якості тоновідтворення багатокольорової ілюстрації.

Розв'язання третьої задачі, потребує, насамперед, урахування шумових характеристик конкретної системи репродукування, тобто внесених нею випадкових похибок. Останні зумовлені впливом різних випадкових факторів: коливаннями оптичних, фізико-хімічних і механічних властивостей репродукційних матеріалів, параметрів обладнання і технологічних режимів, умов зовнішнього середовища тощо. Безперечно, що з точки зору тоновідтворення нас, зрештою, цікавлять значення коливань, або флуктуації, яскравості ділянок репродукції, які можуть призвести до спотворення оптичних щільностей і зникнення малоконструктивних контурів на відбитку.

У зв'язку з великою кількістю причин випадкових спотворень оптичних характеристик оригіналу в тракці відтворення можливо відповідно до граничної теореми ймовірностей вважати, що випадкові складові вихідного сигналу яскравості являють собою аддитивну, некорельовану з кожним сигналом перешкоду, або білий шум. Тоді яскравість деталі репродукції буде:

$$B_p = G(B_{op}) + B_{ш}, \quad (3)$$

де $G(B_{op})$ — функція відтворення яскравостей оригіналу (крива відтворення); $B_{ш}$ — флуктуація яскравості (шум).

Для такого випадку Н. Н. Красильниковим одержане рівняння для визначення допустимої градації яскравостей на виході системи репродукування [4]. Розв'язуючи його відносно площі поля S_{pi} і переходячи до одиниць оптичної щільності, після ряду спрощень, пов'язаних з фактичними значеннями параметрів, безпосередньо до нашої конкретної задачі одержимо таку формулу для розрахунку геометричних розмірів i -го поля контрольної шкали:

$$S_{pi} = K^2 I_{\min}^2 \cdot \Delta i^2, \quad (4)$$

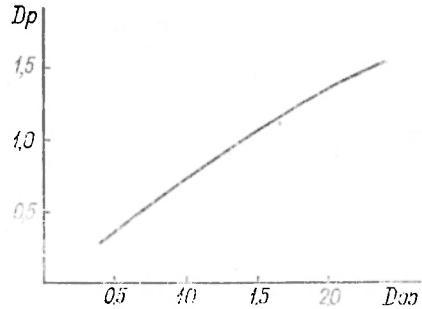


Рис. 1. Залежність відтворення оптичних щільностей оригіналу на репродукції, рекомендована Д. Юлом і Н. А. Аватковсю.

де l_{\min} — мінімальна довжина поля шкали; σ_{D_i} — середньоквадратичне відхилення оптичної щільності i -го поля на репродукції;

ΔD_i — зміщення по оптичній густині між сусідніми (i та $i+1$) полями шкали на репродукції; $K = \Phi^{-1}(0,5 P_0)$; Φ^{-1} — функція, зворотня табличному інтегралу ймовірності; P_0 — ймовірність правильного розрізнення градацій яскравостей (по-

Таблиця 2

Рекомендовані значення коефіцієнта K з формули (4)

Номер видання групи	Тип видання	P_0	K
1	Малотиражні неперіодичні дорогі видання (вищокохудожні і наукові видання)	0,99	2,58
2	Загатовитражні неперіодичні і періодичні недорогі видання (збірники творів і окремі твори, плакати, листівки, масові книжково-журнальні видання тощо)	0,95	1,96
3	Оперативна поліграфія	0,9	1,65

лів шкали), яка характеризує задану якість репродукування (групу видань).

Рекомендовані значення коефіцієнта K для різних груп видань наведені в табл. 2.

Таблиця 3

Геометричні розміри рівноконтрастної тестової шкали

Номер поля	Площа поля, мм ²	Номер поля	Площа поля, мм ²
1	163	11	172
2	166	12	169
3	169	13	166
4	172	14	163
5	175	15	156
6	179	16	149
7	181	17	143
8	179	18	143
9	177	19	139
10	175	20	135

Таким чином, як і слід було чекати, площа поля виявилася прямо пропорційною значенню флуктуацій оптичної щільності σ_D і обернено пропорційною зміщенню оптичної щільності між сусідніми полями шкали ΔD .

В табл. 3 наведений приклад розрахунку геометричних розмірів (площі) полів шкали, оптичні характеристики якої дані в табл. 1. При цьому для σ_D нами взяті значення, усереднені по ряду підприємств глибокого друку, $P_0 = 0,95$; а $l_{\min} = 5$ мм.

що приблизно відповідає оптимальним умовам спестереження, рекомедованим МКО.

Як видно з табл. 3, зміна площі різних полів досягає 35%, причому максимального значення вона досягає для середньої ланки інтервалу оптичних щільностей ($D_p \cong 1,0$). Слід, однак, підкреслити, що для візуального порогового контрасту не менш важливі абсолютні значення площ порівнюваних полів рівного тону.

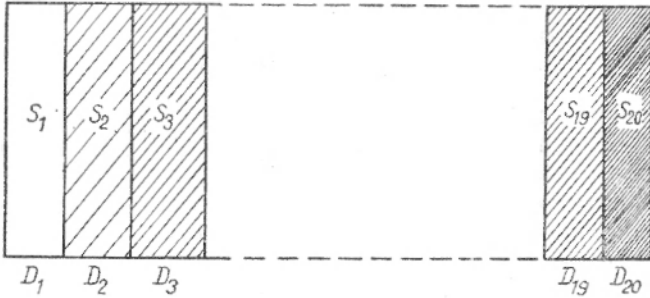


Рис. 2. Структурна схема шкали для контролю якості відтворення зображення оригіналу

Структурна схема такої шкали показана на рис. 2. Шкалу встановлюють разом з оригіналом (або групою оригіналів) на екрані фотоапарата і тим самим пропускають через послідовні ланки тракту відтворення. Контроль якості відтворення може проводитись як на заключній стадії процесу (відбиток), так і на проміжних стадіях, якщо при розрахунку параметрів шкали за формулами (2) і (4) використовують відповідні характеристики лише тих ланок системи, які передують стадії контролю.

Запропонована шкала і метод її розрахунку для кожної репродукційної системи розроблені і апробовані в межах циклу робіт по забезпеченню одержання продукції глибокого друку високої якості, однак вони можуть бути використані для будь-якого способу друку. Головні їх переваги — відсутність необхідності використання будь-яких дорогих інструментальних засобів і чіткий критерій якості репродукування, що не допускає суб'єктивних трактувань результатів контролю.

1. Аваткова Н. А. Метод определения градационной характеристики репродукции с учетом особенностей зрительного восприятия // Тр. ВНИИполиграфии. 1971. Т. 22. Вып. 1. 2. Джадд Д., Выщецки Г. Цвет в науке и технике. М., 1978. 3. Евтева Е. Н., Штефан Ю. М. К вопросу различимости контуров полутоновых и растровых черно-белых изображений // Тр. ВНИИполиграфмаш. 1980. 4. Красильников Н. Н. Статистическая теория передачи изображений. М., 1976.

Стаття надійшла до редколегії 26.04.88