

СВІЛОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ФОТОРЕПРОДУКЦІЙНОГО АПАРАТА ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОГО КОЛЬОРОКОРЕКТУВАННЯ

Одним із видів пристроїв з автоматичним кольорокоректуванням є електронний кольороподільувач-кольорокоректор, оснований на принципі фотографування при освітленні оригіналу рухомою світловою плямою. Ефекту корекції тут добиваються або шляхом зміни інтенсивності світлового потоку, що падає на оригінал, або шляхом модуляції світлового потоку в об'єктиві фоторепродукційного апарата. За таким принципом діють англійський кольороподільувач-кольорокоректор «Аугоскен» фірми Хантер—Пенроуз [1] та вітчизняний кольороподільувач-кольорокоректор УНДІПП [2].

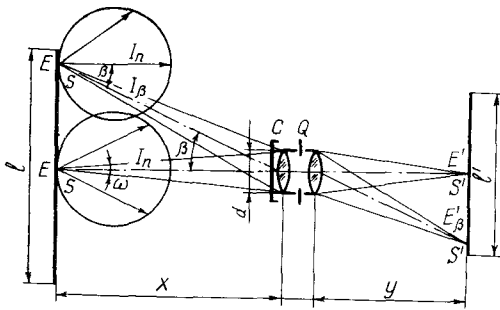


Рис. 1. Схема проходження світлового потоку, відбитого від розгортального елемента на оригіналі, через оптичну систему фоторепродукційного апарата.

До позитивних якостей таких систем слід віднести: можливість плавної зміни масштабу в широких межах; високу роздільну здатність (тому що основна частина інформації про оригінал передається способом фотографування); можливість широкого виготовлення цих систем, для чого необхідно додатково оснастити серійно

виготовлювані або встановлені на підприємствах фоторепродукційні апарати механічною розгортальною системою і електронно-обчислювальним пристроєм.

Великим недоліком таких систем є їх низька продуктивність порівняно з кольорокоректуючими пристроями інших видів. Це пояснюється великими світловими втратами в оптичній системі фоторепродукційного апарата, а також внаслідок можливості тільки послідовного виготовлення кольороподілених скоректованих негативів.

Даний світлотехнічний аналіз проводився з метою виявлення резервів підвищення продуктивності кольороподільувача-кольорокоректора шляхом зменшення світлових втрат.

На рис. 1 показана схема проходження відбитого від оригіналу світлового потоку через об'єктив фоторепродукційного апарата. Для спрощення схеми оптична вісь вертикального апарата ФВ, на базі якого

створюється кольороподілювач-кольорокоректор, випрямлена. На схемі прийняті такі позначення:

- l — розмір сторони оригіналу;
- l' — розмір відповідної сторони зображення;
- x — віддаль від площини оригіналу до передньої головної оптичної площини об'єктива;
- y — віддаль від задньої головної оптичної площини об'єктива до площини зображення;
- E і S — освітленість та площа розгортального елемента на оригіналі;
- S' — площа розгортального елемента на фотоплівці;
- E' і E'_β — освітленість на фотоплівці розгортального елемента, розташованого на оптичній осі об'єктива і на деякій віддалі від неї;
- ω — просторовий кут, вершиною якого є розгортальний елемент, а основою — площа перерізу вхідного отвору об'єктива;
- d — діаметр діючого отвору об'єктива;
- C — кольороподілювальний світлофільтр;
- Q — заслінки модулятора світла.

Співвідношення між x , y , фокусною віддаллю об'єктива f та масштабом зйомки M описується відомими формулами геометричної оптики:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f}, \quad (1)$$

$$x = f \left(1 + \frac{1}{M} \right), \quad (2)$$

$$y = f(1 + M), \quad (3)$$

$$M = \frac{y}{x}. \quad (4)$$

Прийmemo, що площадка S , яка рівна розгортальному елементові на оригіналі, відбиває світло за законом Ламберта, тобто її яскравість однакова в усіх напрямках, що характерне для дифузно-розсіювальної поверхні. При цьому сила світла в будь-якому напрямку, згідно з [3], дорівнює

$$I_\beta = I_n \cdot \cos \beta, \quad (5)$$

де I_n — сила відбитого світла у нормальному до поверхні оригіналу напрямі;

I_β — сила відбитого світла в напрямі, який утворює кут β з нормаллю до поверхні оригіналу.

Фотометричне тіло сили світла в цьому випадку являє собою кулю, дотичну до площини оригіналу в розглядуваній точці, і світловий потік, який відбивається у півсферу, дорівнює

$$F = \pi I_n. \quad (6)$$

Сила світла, що відбивається у нормальному до поверхні оригіналу напрямі, дорівнює

$$I_n = \frac{1}{\pi} F \cdot \rho, \quad (7)$$

де ρ — коефіцієнт відбиття даної точки оригіналу.

З другого боку,

$$F = ES. \quad (8)$$

Тоді

$$I_n = \frac{1}{\pi} ES\rho. \quad (9)$$

Із загального світлового потоку, який відбивається у півсферу, в об'єктив потрапляє лише його частина, що знаходиться у межах просторового кута ω :

$$F = I_n \cdot \omega. \quad (10)$$

Спочатку визначимо співвідношення між освітленістю розгортального елемента на оригіналі та освітленістю відповідної ділянки на фотоплівці для випадку, коли розгортальний елемент знаходиться на оптичній осі об'єктива.

В цьому випадку тілесний кут ω при малій величині кута можна з достатньою точністю визначити за формулою

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4x^2}. \quad (11)$$

Тоді світловий потік, який входить в об'єктив фотоапарата, можна записати як

$$F = \frac{1}{4} ES\rho \left(\frac{d}{x}\right)^2, \quad (12)$$

а світловий потік, що пройшов через об'єктив і падає на фотоплівку, буде дорівнювати

$$F' = \frac{ES\rho}{4K_M K_\phi} \left(\frac{d}{x}\right)^2 qT, \quad (13)$$

де K_M — коефіцієнт глибини модуляції світлового потоку в об'єктиві фотоапарата, виражений через відношення освітленості на фотоплівці при максимально відкритому отворі заслінок модулятора до освітленості при мінімальному отворі заслінок;

K_ϕ — коефіцієнт кратності кольороподілювального світлофільтра;

T — коефіцієнт світлопропускання оптичної системи фотоапарата (об'єктива і дзеркала);

q — коефіцієнт, що виражається відношенням площі отвору максимально відкритих заслінок модулятора до площі отвору об'єктива в тому ж перерізі.

Освітленість на фотоплівці дорівнюватиме

$$E' = \frac{F'}{S'} = \frac{Eq\rho T}{4K_M K_\phi} \frac{S}{S'} \left(\frac{d}{x}\right)^2. \quad (14)$$

Враховуючи, що $\frac{S}{S'} = \frac{1}{M^2}$ і $x = f\left(1 + \frac{1}{M}\right)$, одержимо:

$$E' = \frac{Eq\rho T}{4K_M K_\phi} \left(\frac{d}{f}\right)^2 \frac{1}{(1+M)^2}. \quad (15)$$

Для точки фотоплівки, яка лежить поза оптичною віссю об'єктива, освітленість пропорційна четвертому степеню косинуса кута падіння світлового потоку [4, 5].

Тоді остаточний вираз для освітленості, яку створює розгортальний елемент у будь-якій точці на фотоплівці, можна записати таким чином.

$$E'_\beta = \frac{Eq\rho T}{4K_M K_\phi} \left(\frac{d}{f}\right)^2 \frac{1}{(1+M)^2} \cos^4 \beta. \quad (16)$$

З одержаного виразу видно, що величина освітленості фотоплівки залежить як від змінних факторів (технологічних), так і від сталих, зумовлених самою конструкцією фоторепродукційного апарата.

При зменшенні масштабу зйомки освітленість на фотоплівці зростає, $E'_\beta \rightarrow E'_{\beta\max}$ при $M \rightarrow 0$. Очевидно, в цьому випадку

$$E'_{\beta\max} = \frac{Eq\rho T}{4K_n K_\phi} \left(\frac{d}{f}\right)^2 \cdot \cos^4 \beta. \quad (17)$$

Тоді нормовану характеристику залежності освітленості фотоплівки від масштабу зйомки можна записати таким чином:

$$\frac{E'_\beta}{E'_{\beta\max}} = \frac{1}{(1+M)^2}. \quad (18)$$

Ця залежність зображена на рис. 2.

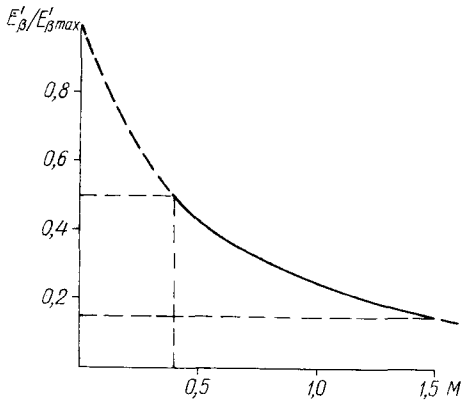


Рис. 2. Нормована характеристика залежності освітленості розгортального елемента на фотоплівці від масштабу зйомки.

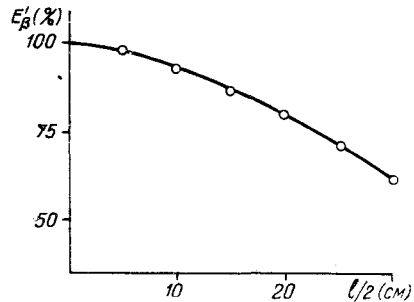


Рис. 3. Характер зміни освітленості на фотоплівці залежно від віддалі розгортального елемента від центра зображення.

З рівняння (16) видно, що освітленість на фотоплівці зменшується при збільшенні кута падіння β світлового потоку або, інакше кажучи, при віддаленні розгортального елемента від центра оригіналу до його країв. Найбільш віддалене положення від оптичної осі об'єктива розгортальний елемент займає при критичному масштабі ($M = 0,67$), коли площі оригіналотримача і касети використовуються повністю. У фоторепродукційному апараті ФВ, на базі якого створюється кольороподільвач-кольорокоректор, максимальний формат зображення дорівнює 40×40 см.

Отже, найменшу освітленість має точка, яка лежить на віддалі приблизно 28 см від оптичної осі, тобто на віддалі, що дорівнює половині діагоналі формату зображення. На рис. 3 показаний характер зміни освітленості на фотоплівці в залежності від віддалі розгортального елемента від центра зображення.

Знаючи величини факторів, які впливають на величину освітленості фотоплівки, можна оцінити світлові втрати при даному технологічному процесі. Тоді (16) можна записати у вигляді

$$E'_\beta = \frac{E}{K_n} \cos^4 \beta, \quad (19)$$

де

$$K_n = \frac{4 K_m K_\phi (1 + M)^2}{q \rho T} \left(\frac{f}{d}\right)^2 \quad (20)$$

коефіцієнт світлових втрат при кольороподілювальній зйомці.

На рис. 4 зображена залежність коефіцієнта світлових втрат від масштабу зйомки для вертикального репродукційного фотоапарата ФВ з об'єктивом «Індустар ІМ» при кольороподілювальній зйомці через зелений світлофільтр (найбільш несприятливий випадок, тому що коефіцієнт кратності для зеленого світлофільтра є максимальний і дорівнює $K_\phi = 30$).

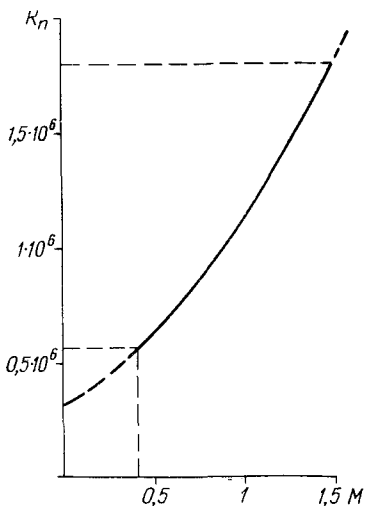


Рис. 4. Залежність коефіцієнта втрат K_n від масштабу зйомки при $K_m=10$; $K_\phi=30$; $q=0,64$; $\rho=0,7$; $T=0,76$; $\frac{d}{f}=1:9$.

Коефіцієнт відбиття білого паперу ρ прийнято рівним 0,7. Коефіцієнт q для нашого випадку дорівнює відношенню площі квадрата (отвір заслонок модулятора в максимально відкритому положенні), вписаного в коло, до площі круга, обмеженого цим колом (площа отвору об'єктива в площині заслонок), тобто

$$q = \frac{2}{\pi} = 0,64.$$

Як видно з графіка (рис. 4), освітленість на фотоплівці становить всього $5,5 \cdot 10^{-5}\%$ (при $M=1,5$) і $18 \cdot 10^{-5}\%$ (при $M=0,4$) освітленості розгортального елемента на оригіналі. В результаті необхідний для нормального експонування фотоплівки час досягає 5—6 годин.

Аналіз формули коефіцієнта світлових втрат дозволяє зробити такі висновки:

1. На величину освітленості фотоплівки впливають змінні фактори, яких практично не можна зменшити або усунути, тому що вони визначаються технологічними умовами процесу кольороподілювальної зйомки. Ці фактори визначаються коефіцієнтами K_m , K_ϕ , ρ і M .
2. На величину освітленості фотоплівки впливають також постійні фактори, закладені в самій конструкції кольороподілювача-кольорокоректора. Ці фактори враховуються коефіцієнтами q і T . Слід зауважити, що коефіцієнт q може бути збільшений до 1, якщо відмовитись від принципу модуляції світлового потоку в об'єктиві фотоапарата і застосувати спосіб модуляції світлового потоку, що падає на оригінал. Освітленість розгортального елемента на фотошарі зростає при цьому приблизно на 36%.

3. Цілком очевидно, що освітленість на фотоплівці E' збільшиться, якщо збільшити освітленість E розгортального елемента на оригіналі. Практично це можна здійснити шляхом застосування більш яскравих джерел світла. Однак природно, що коефіцієнт світлових втрат при цьому залишиться високим.

4. Більш ефективним заходом підвищення освітленості фотоплівки може бути збільшення відносного отвору об'єктива фоторепродукційного апарата. Однак у зв'язку з тим, що поліграфічні репродукційні об'єктиви виготовляються з максимальним відносним отвором 1:9 (наведені вище розрахунки проводились при умові повного використання світлосили об'єктива), було б доцільно застосувати в кольорокоректуючому пристрої спеціальну розгортальну систему, в якій розгортальний

елемент знаходився б на оптичній осі протягом усього циклу коректування [6]. Такий принцип розгортки зображення не зв'язує параметрів оптики фоторепродукційного пристрою з розмірами оригіналу та фотоформи, що дозволяє застосувати короткофокусний об'єктив з більшим відносним отвором. В результаті цього освітленість фотоплівки збільшиться приблизно у 20—30 разів. Слід також додати, що при цьому забезпечується рівномірна освітленість на всьому полі фотошару, оскільки в цьому випадку $\cos^4 \beta = 1$ протягом всього процесу фотографування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматизация в полиграфии. Сборник под ред. А. Н. Чернышева. ИЛ, М., 1964.
2. М. Я. Игуменцев, Г. Г. Лебедь, Г. Г. Никитенко. Электронный цветоделитель-цветокорректор. Сб. научно-технической информации ЦИНТИАМ «Оборудование для полиграфической и бумагоделательной промышленности», № 2—3, 1963.
3. Е. Л. Орловский, А. М. Халфин и др. Теоретические основы электрической передачи изображений, т. I. М., 1962.
4. Д. С. Волосов, М. В. Цивкин. Теория и расчет светооптических систем. М., 1960.
5. А. А. Лапури. Фотографическая оптика. М., 1955.
6. В. А. Едемский, Г. Г. Лебедь. Выбор параметров развертывающей и оптической систем электронного цветоделителя-цветокорректора. Сб. «Полиграфия и издательское дело», № 1, 1964.

В. А. ЕДЕМСКИЙ

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФОТОРЕПРОДУКЦИОННОГО АППАРАТА ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ЦВЕТКОРРЕКТИРОВАНИЯ

Резюме

Исследуются причины низкой освещенности развертывающего элемента на фотослое в системе электронного цветоделителя-цветокорректора. Предлагаются пути значительного (в 20—30 раз) повышения освещенности.

W. A. EDEMSKY

AN ANALYSIS OF THE PROCESS CAMERA FOR ELECTRONIC COLOR-CORRECTION FROM LIGHTING ENGINEERING STANDPOINT

Summary

The causes of poor illumination of the scanning element on the photolayer in the electronic color-correction and-separation system are investigated. The ways of significant (20—30 times) increase of illumination are proposed.

