

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

*Бондар І. О.*

# **ТЕОРІЯ КОЛЬОРУ**

**Навчальний посібник**

**Харків**  
**ХНЕУ ім. С. Кузнеця**  
**2016**

УДК 655.3(075)

ББК 37.8я7

Б 81

Рецензенти: д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інформаційних комп'ютерних і поліграфічних технологій Української інженерно-педагогічної академії *А. С. Гордєєв*; канд. техн. наук, доцент кафедри медіасистем і технологій Харківського національного університету радіоелектроніки *А. В. Бізюк*.

**Рекомендовано до видання рішенням вченої ради Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця.**

Протокол № 9 від 25.04.2016 р.

**Бондар І. О.**

Б 81 Теорія кольору : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.051501 "Видавничо-поліграфічна справа" / І. О. Бондар. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. – 164 с.

ISBN 978-966-676-630-7

Наведено матеріал, що допомагає засвоїти всі лекційні теми навчальної дисципліни. Подано велику кількість ілюстративного матеріалу у вигляді відповідних діалогових вікон, рисунків і прикладів; більшу частину рисунків наведено в графічному вигляді, що істотно полегшує розуміння досліджуваних питань з побудови гармонійних колірних сполучень, використання колірних моделей, налаштування системи керування кольором, застосування колірних профілів, виконання кольорокорекції та кольороподілу тощо. Наведено приклади, спрямовані на підвищення ефективності процесу здійснення комп'ютерного та друкарського кольоровідтворення.

Рекомендовано для студентів напряму підготовки 6.051501 "Видавничо-поліграфічна справа".

**УДК 655.3(075)**

**ББК 37.8я7**

© І. О. Бондар, 2016

© Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, 2016

ISBN 978-966-676-630-7

## Вступ

В умовах інтенсифікації розвитку процесів поліграфічного та мультимедійного виробництва гостро постає питання створення такого колірної рішення продукції (етикеток, обкладинок книг і журналів, зображень на їх сторінках, оболонок та окремих сторінок, елементів керування та навігації у мультимедійних виданнях навчального, дидактичного, розважального спрямувань тощо), що дозволить не тільки акцентувати на собі увагу споживачів, але й впливати на їх рішення про придбання даної продукції. Однак для формування грамотного та доцільного колірної рішення продукції необхідно використовувати спеціалізовані знання щодо формування гармонійних колірних сполучень, специфіки настроювання та застосування системи керування кольором, формування колірних політик і профілів, використання технологій кольорокорекції, кольороподілу, кольоровідтворення й ін.

Усе зазначене є предметом вивчення навчальної дисципліни "Теорія кольору", що і визначає її важливість та актуальність для підготовки фахівців напряму підготовки "Видавничо-поліграфічна справа".

**Метою вивчення навчальної дисципліни** є формування у студентів системи теоретичних знань, прикладних умінь та практичних навичок щодо використання базових принципів, підходів і методів роботи із кольором для забезпечення організації й підтримки якості представлення та відображення видавничо-поліграфічної продукції у рамках технологічного процесу її виробництва.

**Завданням навчальної дисципліни** є оволодіння навичками з побудови власних або застосування наявних колірних схем; набуття навичок із керування кольором у ході створення друкованих та електронних видань; оволодіння навичками цифрового опрацювання зображень (кольороподіл, кольорокорекція, кольоровідтворення тощо); здобуття навичок з вимірювання точності кольоровідтворення зображення відповідно до його цифрового вигляду.

**Об'єктом вивчення дисципліни** є колір як явище. Колір у контексті дисципліни розглянуто як систему, побудова якої базується на теоретичних принципах, підходах і загальноприйнятих закономірностях, а реалізація відбувається на основі цифрового опрацювання оригіналів таким чином, щоб кольоровідтворення на паперовому носії відповідало їх цифровому представленню.

**Предметом вивчення дисципліни** є процес керування кольором.

**Інструментальною базою вивчення дисципліни** є технічні пристрої спеціального призначення, сучасне програмне забезпечення для цифрового опрацювання зображень та калібрування робочого обладнання.

Навчальний посібник розроблений на основі узагальнення та систематизації даних, наведених у спеціалізованій літературі.

Структурно посібник складається з двох змістовних модулів, кожен із яких містить відповідні тематичні розділи. Архітектура всіх розділів має єдине подання та містить такі елементи: основна ідея, цілі вивчення, вступ і текст розділу, висновки й узагальнення, теоретичні запитання.

У рамках першого модуля "Теоретичні основи організації та представлення кольору" викладено основні питання, що стосуються властивостей кольору, особливостей його формування та сприйняття, побудови гармонійних колірних сполучень. Докладно розглянуто системи цифрового представлення кольору, розкрито змістовне навантаження процесу математичного перетворення. Розгляд питання, що стосується структури основних форматів файлів, надає можливість для прийняття рішення стосовно найбільш оптимального формату зображення з позиції знайдення компромісу між розміром зображення та його колірною якістю.

Другий модуль "Цифрове опрацювання зображень та синтез кольору в процесах друкарського кольоровідтворення" присвячений питанням, пов'язаним зі специфікою управління кольором. Підкреслено важливість процесу настроювання системи управління кольором у рамках програмного продукту *Photoshop*. Зосереджено увагу на процесах калібрування, створення колірних профілів пристроїв та взятті кольоропроби. Розгляд питання, що стосується комп'ютерного кольоровідтворення, надає можливість здійснення корекції тонових одноколірних і кольорових оригіналів із метою отримання потрібного кольору. У цьому процесі помічено наявність проблеми відтворення відтінків та запропоновано способи її усунення. Розгляд особливостей здійснення процесу друкарського кольоровідтворення надає можливість для контролювання кольору під час друку.

Автор висловлює глибоку вдячність рецензентам – доктору технічних наук, професору А. С. Гордєєву та кандидату технічних наук, доценту А. В. Бізюку за велику увагу до навчального посібника та надані рекомендації і поради стосовно його змістовного наповнення.

# Розділ 1. Теоретичні основи організації та представлення кольору

## 1. Основні поняття теорії кольору

### Основна ідея

Наведено аналіз багатогранності трактування поняття "колір", визначено змістовне наповнення його властивостей, розглянуто історичні передумови виникнення колірних моделей, проаналізовано особливості сприйняття кольору.

**Ключові поняття:** колір, теорія кольору, властивості кольору, сприйняття кольору, колірний спектр.

### Основні питання

- 1.1. Колір та його основні властивості.
- 1.2. Колірні моделі та схеми.
- 1.3. Особливості сприйняття кольору.

### Цілі вивчення

**Метою** є аналіз змісту поняття "колір" та визначення його властивостей, дослідження феномена кольору з позиції еволюції колірних моделей та розгляд фізіології і фізичних шляхів утворення кольору.

Інформація, подана далі, надає студентіві можливість сформулювати такі **компетентності**:

#### **знання:**

змістовного навантаження поняття "колір" та розділів теорії кольору;  
основних властивостей кольору;  
характеристик кольору;  
історії розвитку моделей представлення кольору;  
особливості візуального сприйняття кольору;  
фізіології й фізичних шляхів утворення кольору;  
основ вимірювання кольору;

**вміння:**

оперувати властивостями кольору;

використовувати невластні характеристики кольору;

встановлювати зв'язок між кольором та формою об'єкта;

досліджувати характер колірної сприйняття та деталізувати (за елементним складом) процес виникнення зорового колірної відчуття;

**комунікації:**

консультації працівників додрукарського відділу поліграфічного підприємства стосовно доцільності застосування ефекту колірних оптичних ілюзій у процесі розроблення колірної рішення поліграфічної продукції;

надання допомоги у встановленні зв'язку між кольором та формою об'єкта;

**автономність і відповідальність:**

самостійний вибір доцільної групи невластних характеристик кольору;

ухвалення рішення про доцільність застосування колірних ілюзій;

професійна підготовка осіб, що беруть участь у процесі підвищення якості сприйняття кольору.

## Вступ

У процесі розроблення колірної рішення поліграфічної та мультимедійної продукції треба оперувати багатьма властивостями кольору. Для цього необхідно знати природу формування кольору та склад його властивостей, у якості яких виступають тон, хроматичність, насиченість, яскравість, контрастність, відтінок та ін. Бути обізнаним у питаннях еволюційних змін визначення кольору в рамках колірних моделей. Знати, яким чином відбувається утворення кольору та які особливості притаманні процесу візуального сприйняття кольору. Наведені знання є важливими для розуміння природи кольору та того, що вивчають такі розділи дисципліни "Теорія кольору", як фізіологія, фізика, психологія та метрологія кольору.

### 1.1. Колір та його основні властивості

Колір є складним явищем, що має таке змістовне навантаження:

а) **колір** – це форма світлової енергії, переданої у вигляді хвиль;

б) **колір** – це властивість спектрального складу випромінювань, що не розрізняються візуально;

в) око людини, як правило, є винятковим інструментом порівняння кольорів. Дія на органи зору випромінювань, довжини хвиль яких перебувають у певному діапазоні, приводить до виникнення зорових відчуттів. Ці відчуття розрізняються кількісно та якісно. Їх кількісна характеристика називається **світлотою**, якісна – **кольоровістю**. Початкове представлення про світлоту й кольоровість можна проілюструвати, помістивши пофарбовану поверхню частково на пряме сонячне світло, а частково – у тінь. Обидві частини її мають однакову кольоровість, але різну світлоту. Сукупність цих характеристик і позначається терміном "**колір**";

г) коли люди думають про колір, вони схильні під час цього уявляти фізичні об'єкти, такі, як зелена трава, чорний мерседес, блакитне небо й ін. Те, що люди розуміють як колір, у дійсності, є наслідком поглинання й відбиття хвиль, які впливають на "датчики" всередині ока, і в результаті цього впливу в мозку виникають певні асоціації. Наприклад:

червоний – асоціюється з почуттями, які є енергійними, з почуттями хвилювання, любові. Більшість кольорів несуть і позитивні, і негативні значення. Зворотна сторона червоного викликає агресивні почуття, гнів;

жовтий – колір радості, сонячного світла. Цей колір оптимістичний, сучасний, наприклад, жовтий соняшник може підсилити святковість, радісність і теплоту сайту тропічного курорту, однак цей же колір може негативно вплинути на репутацію сайту юридичної фірми, оскільки ще одне значення жовтого – невпевненість;

зелений – у позитивному значенні він означає натуральні, природні стани (рослинний світ, ліси), життя, стабільність, спокій, природність. З іншого боку, зелений у деяких своїх відтінках або в деякому нетрадиційному контексті (типу зеленої шкіри у коміксах) може асоціюватися з токсичністю, штучністю тощо.

Таким чином, під **кольором** розуміють відчуття, що виникає у свідомості людини, під час впливу на її зоровий апарат електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі в діапазоні від 380 до 760 нм (770 нм). Ці відчуття можуть бути викликані такими причинами, як знання, досвід, життєвий випадок, хвороба, удар, галюцинації й ін.

Інакше кажучи, **колір** – це оптичне явище, почуттєве відчуття, створене оком і мозком. Колір не є фізичною змінною й, отже, не має фізичних одиниць вимірювання. Власне предмети не є кольоровими: відчуття кольоровості виникає як результат впливу світлових випроміню-

вань (рис. 1.1). Видиме сонячне світло, що сприймається як біле, висвітлює предмет і частково відбивається. Отже, об'єкт, що перебуває в червоній зоні видимого спектра, сприймається пофарбованим у червоний колір. Об'єкт, що повністю відбиває випромінювання всього видимого спектрального діапазону, як правило, здається білим, а об'єкт, що повністю поглинає випромінювання, – чорним.

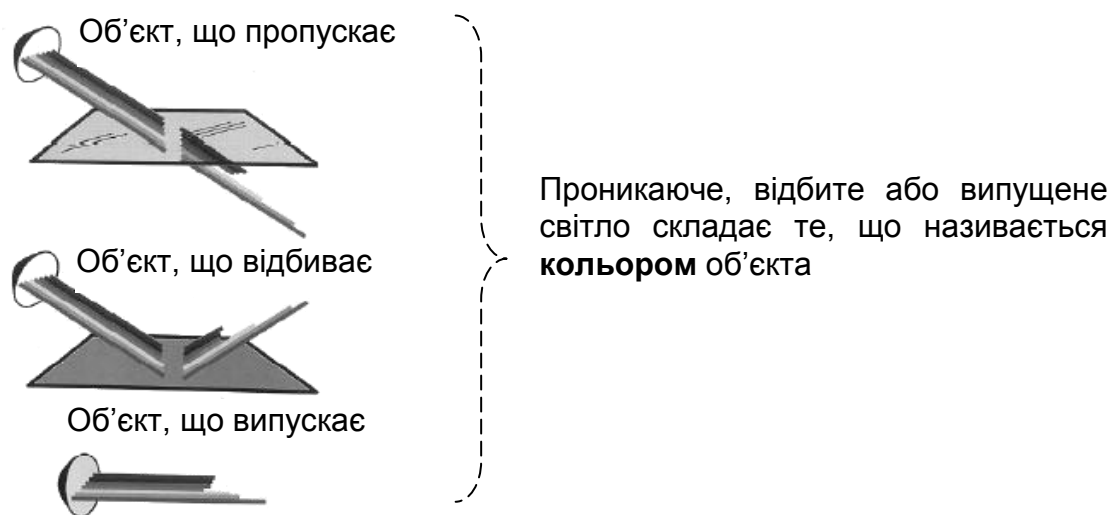


Рис. 1.1. Поняття кольору об'єкта

У зв'язку з роллю колірних відчуттів у житті й діяльності людини виникла наука про колір – **теорія кольору** або **кольороведення**. Вона вивчає коло питань, пов'язаних з оптикою й фізіологією зору, психологією сприйняття кольорів, а також теоретичні основи й техніку вимірювання і відтворення кольорів. Теорія кольору як наука містить ряд розділів (рис. 1.2).

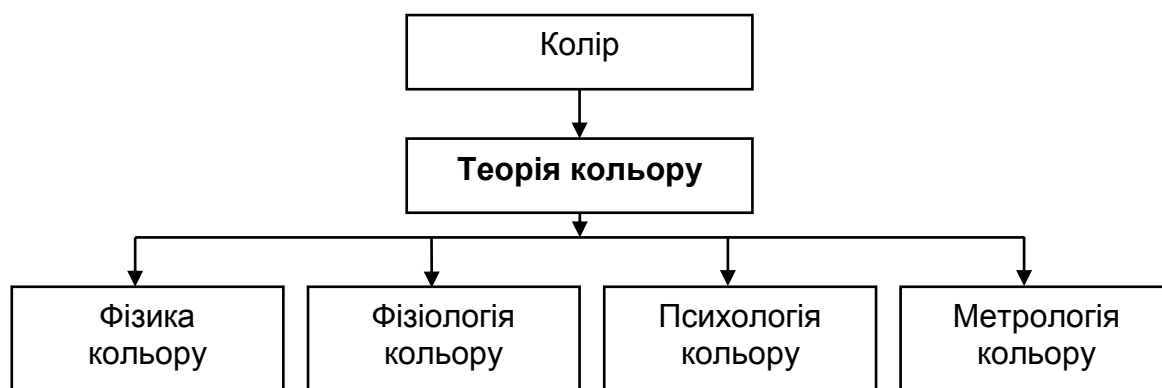


Рис. 1.2. Розділи науки "Теорія кольору"



Слід розглянути змістовне навантаження кожного розділу.

**Фізика кольору** розглядає властивості світла, в основному – розподіл світлового потоку за спектрами випущення й відбиття, а також способи одержання цих спектрів, апаратуру й приймачі випромінювання.

На зовнішній вигляд конкретного кольору впливають *три фізичних фактори*:

- джерело світла;
- інформація про навколишні предмети;
- зоровий апарат людини.

Дія випромінювань на око, причини виникнення зорового відчуття, зоровий апарат і його робота – зміст частини, яка називається **фізіологією кольору**.

Співвідношення між фізичними характеристиками випромінювання й відчуттями, які викликаються діями випромінювань, становлять предмет **психології кольору**.

**Метрологія кольору** (або **колориметрія**) – це розділ теорії кольору, що вивчає методи вимірювання кольору. Метрологія встановлює способи чисельного вираження кольорів, основи їх класифікації, методи встановлення колірних допусків. Колориметрія використовує *два способи кількісного опису кольорів*:

1) визначення їхніх колірних координат, тобто суворих чисельних характеристик, за якими їх можна не тільки описати, але й відтворити. Системи вимірювання кольору називаються **колориметричними**;

2) знаходження у деякому наборі еталонних кольорів зразка, тотожного даному. Сукупність зразків становить систему, яка називається **системою специфікації**.

Закономірності, знайдені фізикою, фізіологією, психологією й метрологією кольору використовуються в **теорії відтворення кольорового об'єкта**. Вона є основою техніки одержання кольорових зображень у поліграфії, кінематографії й телебаченні.

Теорія кольору є самостійною наукою, що застосовує досягнення інших наук, переносячи їх у свою предметну область.

### **Властивості кольору**

Існуючі в природі кольори за колірними властивостями можна розподілити на *дві групи*:

- ахроматичні (безколірні);
- хроматичні (кольорові).

Білий, чорний і цілий ряд проміжних сірих тонів належать до **ахроматичних**. Різниця в зорових відчуттях під час дії на око ахроматичних випромінювань залежить тільки від рівня подразнення рецепторів. Тому ахроматичні кольори можуть бути задані однією психологічною величиною – світлотою.

Чим більше світла відбиває предмет, тим він здається білішим, і чим більшу кількість світла предмет поглинає, тим він здається чорнішим. Між найяскравішим (білим) і найтемнішим (чорним) існує безліч відтінків сірого кольору. Людське око розрізняє близько 300 ахроматичних відтінків.

Якщо рецептори різних типів роздратовані неоднаково, то виникає відчуття хроматичного кольору. **Хроматичні кольори** – це кольори та їх відтінки, які людина розрізняє в спектрі. Група хроматичних колірних тонів складається із червоних, жовтогарячих, зелених, фіолетових тощо та безлічі проміжних тонів. Для їх опису потрібні вже дві величини: світлота й кольоровість.

Хроматичні кольори володіють *трьома основними властивостями*: колірним тоном, світлотою (або яскравістю) та насиченістю.

**Колірним тоном** називають таку властивість кольору, що дозволяє оку людини сприймати й визначати червоний, жовтий, синій та інший спектральний кольори. Він необхідний для розподілу за зображенням світлих і темних значень. Колірний тон означає окремий колір, наприклад, червоний.

**Колірний тон кольору** – це та його властивість, що мають на увазі в повсякденному житті, коли називають колір предмета. Незважаючи на очевидність поняття, загальноновизнаної дефініції колірному тону немає. Одна з них дається, наприклад, в такій формі: **колірний тон** – це характеристика кольору, що визначає його подібність до відомого кольору (неба, зелені, піску тощо), що виражається словами синій, зелений, жовтий і т. д.

Якщо колірне відчуття формується в результаті однакового подразнення рецепторів двох типів у разі меншого внеску третього, то виникає колір проміжного тону. Так, блакитний колір відчувається за умови однакових реакцій зеленочуттєвих і синьочуттєвих оболонки.

Колір описують у термінах **тональності**, що означає світлоту кольору або частку білого чи чорного. Білий колір, що додається наростаючими частками до кожного з 12 кольорів спектра, створює світлі поєднання, що називають **тонами**, наприклад, рожевий колір є тоном червоного кольору. Додавання чорного або сірого до кожного з базових кольорів приводить

до появи колірних поєднань, які називають **відтінками**, наприклад, відтінком червоного буде колір каштана.

**Світлота** – це властивість кольорової поверхні відбивати більшу або меншу кількість падаючих променів світла. У разі більшого відбиття світла людина сприймає колір поверхні як світлий, у разі меншого – як темний. Це загальна властивість для хроматичних і ахроматичних кольорів, тому за світлотою можна порівнювати будь-які їх тони.

**Насиченістю** хроматичного кольору називають ступінь відмінності цього кольору від ахроматичного сірого, рівного йому за світлотою. Наприклад, якщо до жовтого додати небагато сірого, рівного йому за світлотою, то отриманий жовтий колір буде помітно відрізнятися від початкового – він посіріє, стане менш жовтим, але світлота колірного тону не зміниться. Насиченість означає інтенсивність кольору.

Зниження насиченості колірних тонів досягається додаванням не тільки сірого тону, але й будь-якого ахроматичного – від чорного до білого. У разі додавання чорного одержують темно-зелені, темно-сині, а білого – блідо-зелені, рожеві тони.

За умови поступового додавання білого одночасно зі зменшенням насиченості зростає світлота.

Колірний тон, світлота й насиченість кольору залежать не тільки від спектрального складу випромінювання, але й від умов спостереження, стану спостерігача, кольору фону об'єкта й інших факторів. Найменша зміна однієї із цих величин спричиняє зміну кольору.

Хроматичні кольори, які в оптичному змішуванні дають ахроматичний колір називаються **взаємодоповнювальними**.

*Додатковими властивостями* хроматичних кольорів є: колірна яскравість, освітленість та контрастність.

**Колірна яскравість** – це інтенсивність кольору або наскільки світлим чи темним він виглядає. У разі менших значень яскравості колір затемнюється, створюючи те, що нами сприймається як темний відтінок.

**Освітленість** – це наскільки колір є яскравим.

**Контрастність** – це взаємовідношення між світлою й темною інформацією. Чим більша різниця між двома тонами, тим вища контрастність. Розрізняють загальну й спеціальну контрастність (між сусідніми пофарбованими областями). Наприклад, світлий тон, що перебуває поруч із темним, здається ще світлішим, а темний, що перебуває поруч зі світлим – ще темнішим.

Розрізняють *два види колірною контрасту*:

світлотний;

хроматичний.

**Світлотним контрастом** (контрастом за світлотою) називається зміна світлоти під дією сусідніх кольорів. Одночасний світлотний контраст виникає за наявності між двома кольорами тональної різниці. Коли дані кольори існують у парі, то вони підвищують яскравість один одного. Наприклад, якщо три сірих квадратики однакової світлоти помістити один на чорний, інший на білий, а третій на сірий фон, то можна побачити, що всі три сірих квадратики будуть виглядати неоднаково, будуть мати різну світлоту, а саме: сірий квадратик на чорному фоні буде виглядати світліше, ніж на білому, а на сірому – не зміниться (рис. 1.3).

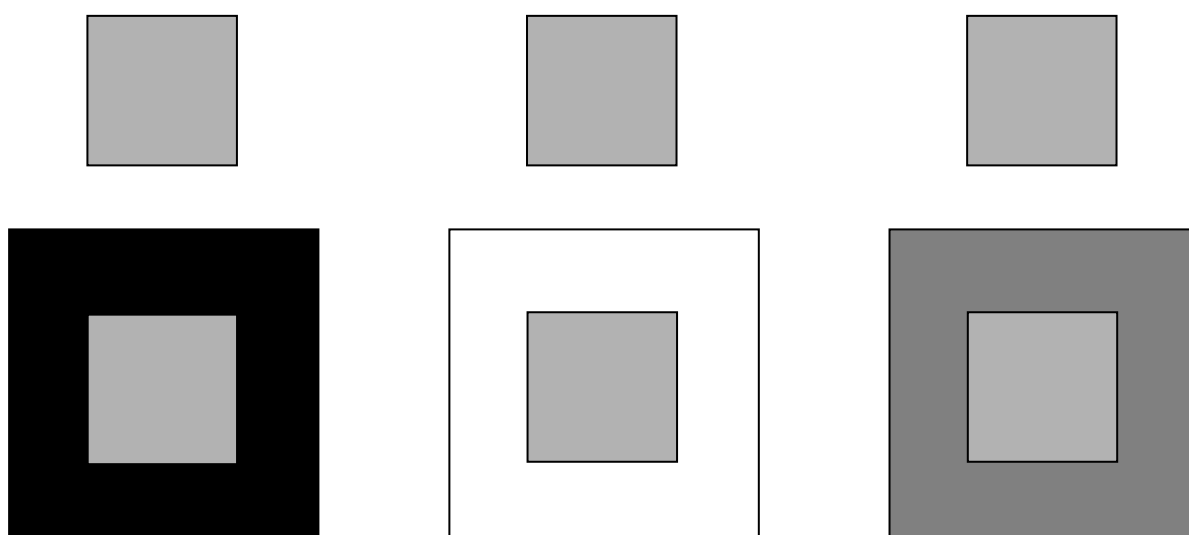


Рис. 1.3. **Світлотний контраст**

Таким чином, суть одночасного світлового контрасту (ахроматичного) полягає у тому, що світлий об'єкт на темному фоні здається світлішим, ніж є насправді, а темний на світлому – темнішим (чим він менший, тим темнішим здається). Зміну лінійних розмірів фону й об'єкта, поміщеного на даний фон, називають **ірадацією**. Наприклад, чим менший об'єкт, тим він здається темнішим і навпаки.

**Хроматичним контрастом** називають зміну колірною тону або насиченості кольору під дією сусідніх хроматичних кольорів. Наприклад, якщо однакові квадратики сірого паперу покласти на різні хроматичні фони, то на червоному фоні сірий тон буде здаватися зеленуватим, на жовтому –

синюватим, на синьому – жовтуватим, на зеленому – рожевим. Таким чином, відбувається зміна тону сірих квадратиків під впливом різного фарбування фону й сірий тон здобуває відтінок додаткового кольору стосовно фону (рис. 1.4).

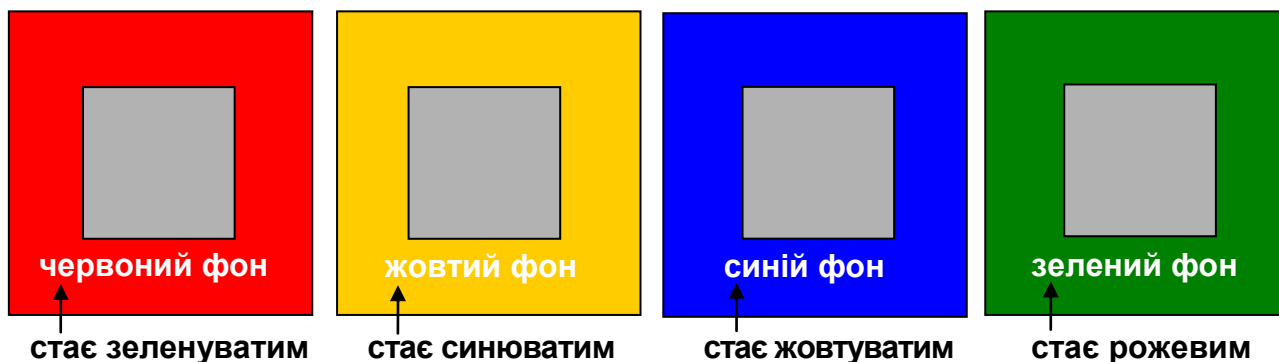


Рис. 1.4. Хроматичний контраст

*Наслідки хроматичного контрасту:*

1) якщо кольорова фігура оточена хроматичним фоном, то її колір змінюється ближче до кольору, додаткового до кольору фону;

2) якщо фігури й фон пофарбовані в додаткові кольори (наприклад, фігура пофарбована в зелений колір, а фон – у червоний, то зелений колір фігури не змінює свого колірного тону, а навпаки, здається ще більш зеленим, тобто стає насиченішим). Отже, колір, перебуваючи на фоні свого додаткового кольору, зберігає свій колірний тон, здобуваючи більшу насиченість;

3) будь-який колір, перебуваючи на фоні однакового з ним колірного тону, але більшої насиченості, втрачає частину своєї насиченості.

Колірний контраст за насиченістю особливо помітний під час зіставлення ахроматичних кольорів із хроматичними (на чорному фоні будь-який колір знижує свою насиченість, а на білому або світло-сірому – підвищує). Даний ефект використовують, коли потрібно підсилити чистоту певного кольору.

### **Особливості кольору**

Виділяють категорію **невласних характеристик кольору**, які виникають внаслідок емоційної реакції під час його сприйняття. Так, кольори бувають виступаючі й відступаючі, гарячі й холодні, світлі й темні тощо – ці характеристики важливі поліграфістові для коректного формування

та представлення вигляду поліграфічної продукції з метою передбачення й управління реакцією реальних (або латентних) споживачів даної продукції.

Серед ахроматичних тонів світлі сприймаються як такі, що *наближаються*, а темні – як такі, що *віддаляються*.

Теплі кольори здаються більш близькими (*виступаючими*), а холодні – більш далекими (*відступаючими*). З насичених кольорів хроматичного ряду найбільшою здатністю наближати поверхню володіють жовтогарячий і жовтий кольори, а найбільшою здатністю віддаляти поверхню – синій колір і, в дещо меншому ступені, бірюзовий. Так, жовтогарячий із білим здається більш близьким, ніж насичений жовтогарячий, синій із білим – менш віддаленим, ніж насичений синій.

Основними *групами невластних характеристик кольору* є:

гарячі/холодні кольори;

теплі/прохолодні кольори;

світлі/темні кольори;

приглушені/яскраві кольори.

*Гарячі кольори* здаються такими, що виступають за площину зображення, їх часто використовують у графічних зображеннях і дизайні. Гарячі кольори сприяють підвищенню кров'яного тиску й стимулюють нервову систему. До таких кольорів належить червоний. До *холодних кольорів* належить насичено синій. Він дає відчуття сили, заспокоює. Розміщені поруч один із одним гарячий і холодний кольори створюють ефект вібрування поверхні зображення. Під час зіставлення холодних кольорів контраст сильніший, ніж у разі зіставлення гарячих.

Усі гами, які містять червоний, створюють відчуття тепла. У разі зіставлення жовтого із червоним виявляється відмінність теплих кольорів від гарячих. До *тепліх кольорів* належать: червоно-жовтогарячий, жовтогарячий і жовто-жовтогарячий. Вони комфортні, імпульсивні й привітні. В основі *прохолодних кольорів* лежить блакитний. Додаванням у прохолодні кольори жовтого утворюються жовто-зелені, зелені й зелено-блакитні кольори. Існують прохолодні кольори, такі, як блакитний туркіс або зелений вердан. Прохолодні кольори дають відчуття відновлення, глибини й комфорту.

Умовно прийнято вважати частини спектра від зеленого до червоного – теплими, від блакитного до пурпурного – прохолодними, але пурпурний колір є проміжним. Теплі та прохолодні кольори пов'язані з моделюванням форми та трактуванням простору.

Група *світлих кольорів* базується на палевих пастельних тонах. Колір ледь позначений, відтінки здаються повітряними й легкими. Світлі кольори викликають відчуття заспокійливості, розслаблення й спокою. До *темних кольорів* належать ті колірні комбінації, в композиції яких міститься чорний колір. Вони, ніби закривають простір і роблять його меншим. Ці кольори позначають серйозність і концентрацію.

Група *приглушених кольорів* містить колірні комбінації, в композиції яких наявно приблизно 65 % білого кольору. Вони мають приглушений характер, завдяки цьому ці кольори називають м'якими, романтичними. До приглушених кольорів належать: колір слонової кістки, світло-блакитний, рожевий й ін.

Кількість чистого кольору в гамі вимірюють його яскравістю. Світлість *яскравих кольорів* досягається за рахунок відсутності сірих і чорних фарб. Блакитні, червоні, жовті й жовтогарячі – це інтенсивні кольори. Яскраві кольори привертають увагу, вони підходять для використання в упакуваннях і рекламі.

Кожен колір має особливу властивість – **щільність (вагу)**. Темні кольори, звичайно, важче світлих. Так, лабораторні дослідження, що проводилися ще в 1907 році, показали, що люди сходяться на думці щодо умовної ваги кольорів. Червоний був визнаний найважчим, за ним ішли рівні за вагою жовтогарячий, синій і зелений, потім – жовтий і останнім – білий. Колір змінює уявлення про дійсні *розміри предметів*, причому кольори, що здаються важкими, зменшують ці розміри.

## 1.2. Колірні моделі та схеми

У цілому колірні схеми можна розподілити на *два типи*: схеми представлення кольору від випромінюваного й відбитого світла. Усі об'єкти видимі для людини, оскільки вони самі є джерелом світла, або світять відбитим світлом. Базуючись на запропонованих схемах, було проведено ряд наукових і прикладних досліджень та сформовано відповідні моделі колірного представлення.

Історія розвитку моделей представлення кольору починається з XVI ст. На рис. 1.5 запропоновано найбільш вагомі (з позиції еволюційного впливу на сьогоденне розуміння кольору) моделі.

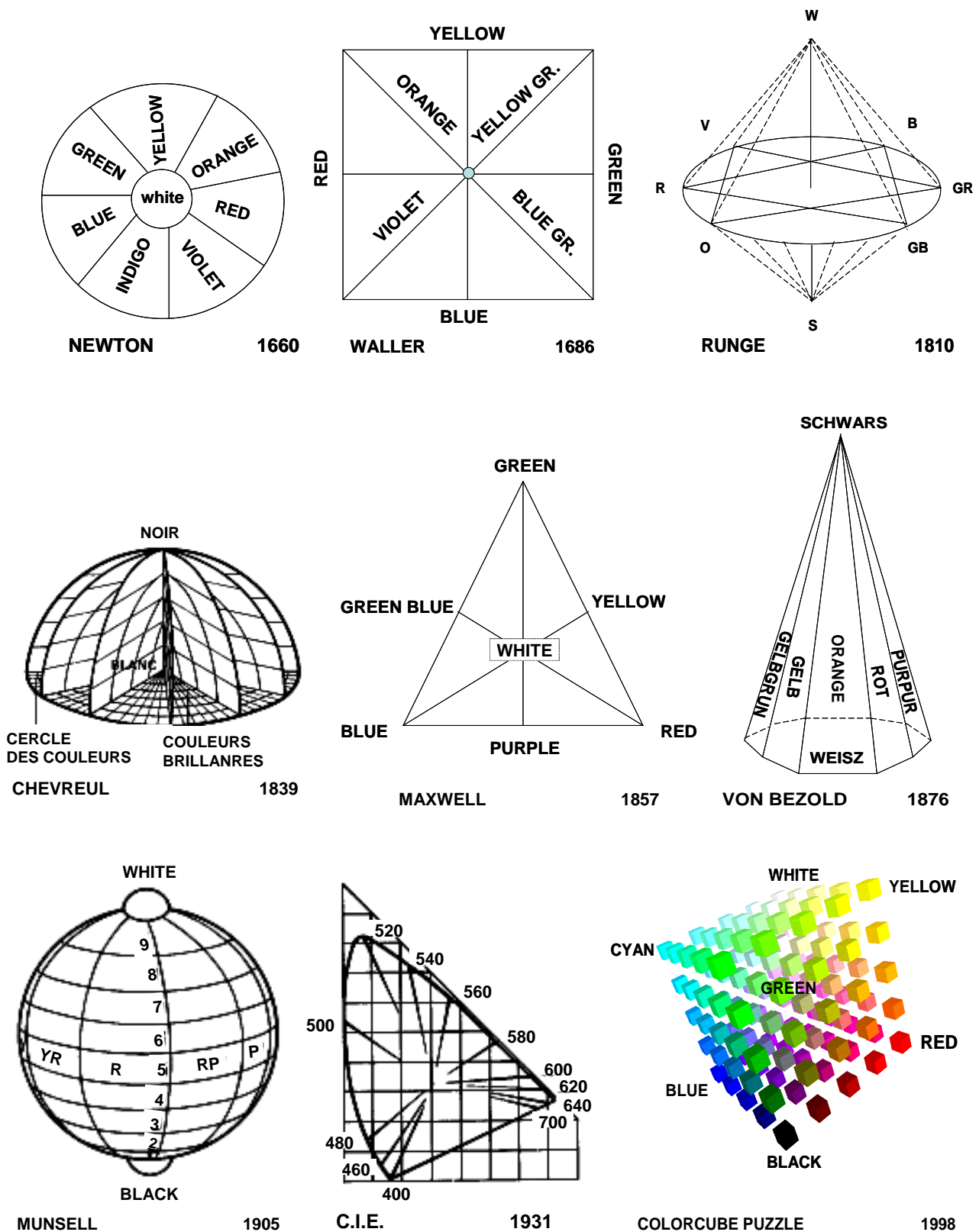


Рис. 1.5. Найбільш інформативні моделі зображення кольору

Колірні моделі були задумані й удосконалені протягом сторіч такими вченими, як Ісаак Ньютон, організаціями такими, як Міжнародна комісія з освітлення (CIE – *Commission Internationale de l'Eclairage*), Національним



комітетом з телевізійних стандартів, фірмами-виробниками програмного забезпечення й ін.

Більшість цих моделей прив'язувало колірну гаму до основних геометричних фігур. Кола, які пізніше стали сферами, були найбільш популярними. Також досить часто зустрічалися трикутники, які потім перетворилися в конуси й піраміди. Однак згодом для відображення видимих кольорів у теорії стали все частіше використовувати квадратні й кубічні моделі.

Першим систематизував кольори І. Ньютон, коли, пропускаючи сонячний промінь через тригранну призму, спостерігав утворення спектральної смужки, що складається з гами різних кольорів (рис. 1.6).

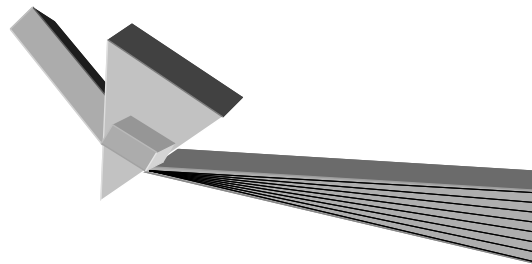


Рис. 1.6. Поділ білого кольору на складові компоненти

Замкнувши її, він отримав коло із семи кольорів (рис. 1.7).

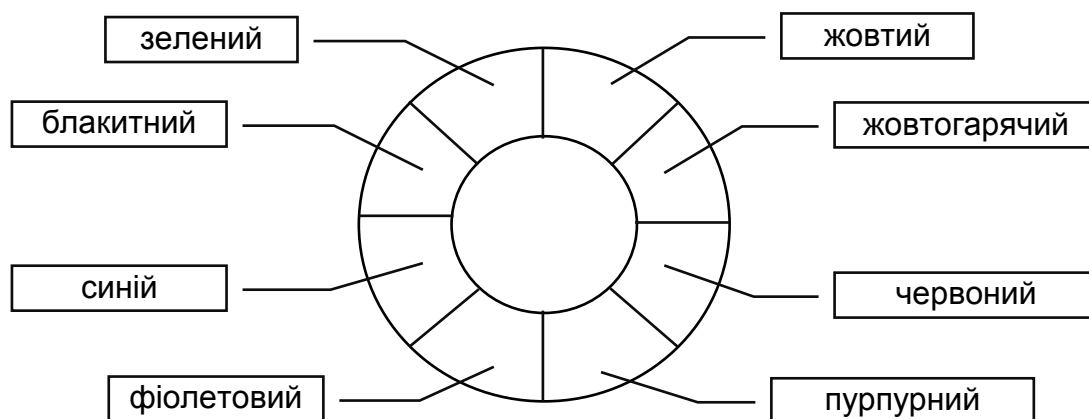


Рис. 1.7. Колірне восьмисекторне коло І. Ньютона

На стику червоного кольору з фіолетовим кольором утворюється восьмий (неспектральний) колір – пурпурний.

Відкриття, зроблене І. Ньютоном, полягає у такому: забарвлення будь-якого об'єкта залежить від того, яке світло йде від нього до ока спостерігача. Це, у свою чергу, залежить як від характеру світла, яке падає на об'єкт, так і від поверхні об'єкта, що відбиває, поглинає та пропускає окремі

промені спектра. Якщо у світлі, що падає на поверхню, відсутні деякі кольори, їх не буде й у світлі, відбитому від цієї поверхні. Білий колір синтезується, коли збирна лінза возз'єднує промені спектра. Однак якщо перегородити шлях частині спектра, суміш зафарбується в додатковий колір. Наприклад, коли шлях перегороджено зеленому променю, то одержуване світло має забарвлення пурпурного кольору, що є додатковим до зеленого.

Серед інших колірних моделей, на яких варто зупинитися, виділяється сфера *Munsell-a* (*Munsell Spheres*) (див. рис. 1.5), яка є одним із тих стандартів, за якими зараз вимірюються кольори. Колірна сфера (або, як її ще називають, колірне коло) *Munsell-a* призначена для показу колірного охопту поліграфічним способом відтворення.

Художник-практик Альберт Манселл урахував, що кольори, і тим паче реальні фарби, для систематизації яких він і запропонував відповідне колірне коло, не можуть бути однакової градації світлоти у разі максимальної насиченості. Тому найбільш насичені кольори повинні лежати на різних рівнях, а на екваторі розташовані кольори однієї світлоти. У цьому разі кількість світлотних градацій для кожного кольору неоднакова, вектори світлоти мають різну довжину. У результаті колірне коло *Munsell-a* має складну, несиметричну форму. На рис. 1.8 показано вид колірного кола та його колірний (екваторіальний) розріз.

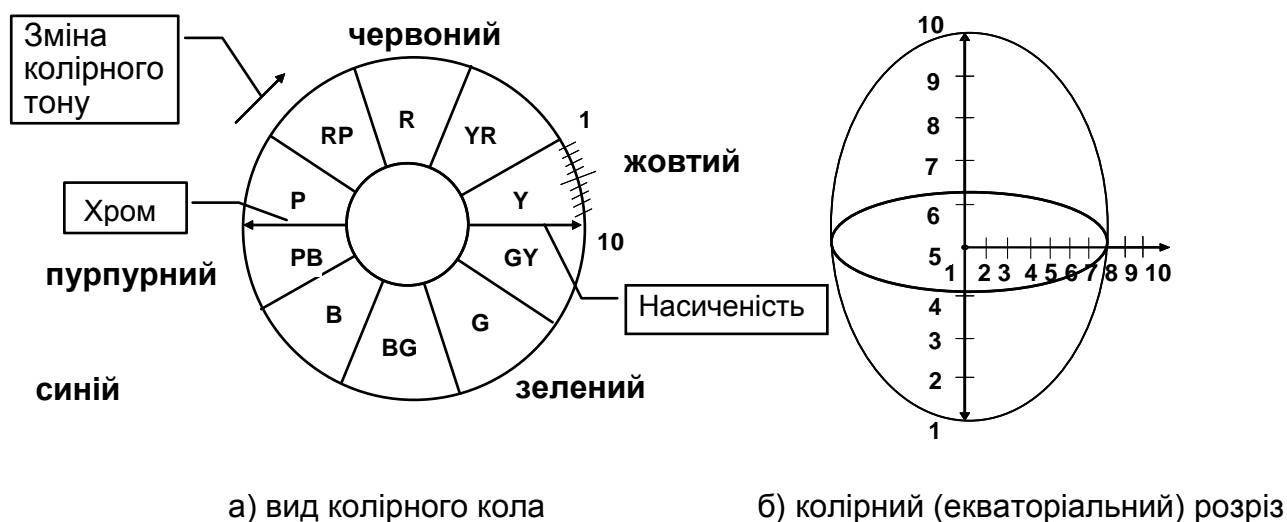


Рис. 1.8. Колірне тіло *Munsell-a*

Базуючись на представленні колірних моделей з позиції еволюції їх вигляду (див. рис. 1.5), можна дати таке визначення сучасного поняття "колірна модель".

**Колірна модель** – це математичне визначення колірного простору.

**Колірна модель** визначає діапазон кольорів, які в зображенні можна показати на екрані або одержати під час кінцевого друку.

У цьому просторі кожне значення є певною точкою – кожен колір існує у вигляді набору числових координат. Цей метод дозволяє передавати колірну інформацію між комп'ютером, спеціальними програмами й периферійними пристроями.

На сьогоднішній день для створення та оброблення повно-кольорових зображень використовуються такі колірні моделі: RGB, CMY, HSB, Lab та ін. Зміст та особливості використання даних моделей докладно будуть розглянуті далі.

### 1.3. Особливості сприйняття кольору

**Сприйняття кольору** прийнято визначати як почуттєве відчуття, ініційоване кольором у свідомості людини.

Через те, що оптичний кут чіткого зору ока вкрай малий (усього 1,5 градуса), око перебуває в постійному русі, систематично обстежуючи окремі деталі об'єкта спостереження, з метою відтворення загального, цілісного образу.

Особливість візуального сприйняття полягає в тому, що сприймаюча система (зоровий аналізатор) має тенденцію групувати зорові елементи в прості поняття. Людина підсвідомо групує сенсорні дані в готові об'єкти, шукає й відкриває закономірність у випадковому. Широко відомі експерименти із чорнильними плямами, які прочитувалися випробуваними людьми як силуети знайомих предметів. Кожна людина проводила підсвідомо над собою такий же експеримент, розглядаючи, наприклад, малюнок на шпалерах або відшуковуючи у формі літніх хмар силуети знайомих предметів, профілі людей і тварин? На рис. 1.9 (оптичні ілюзії на прикладі використання ахроматичних кольорів) зображені фігури, які залежно від психологічної установки людини на сприйняття можуть сприйматися по-різному:

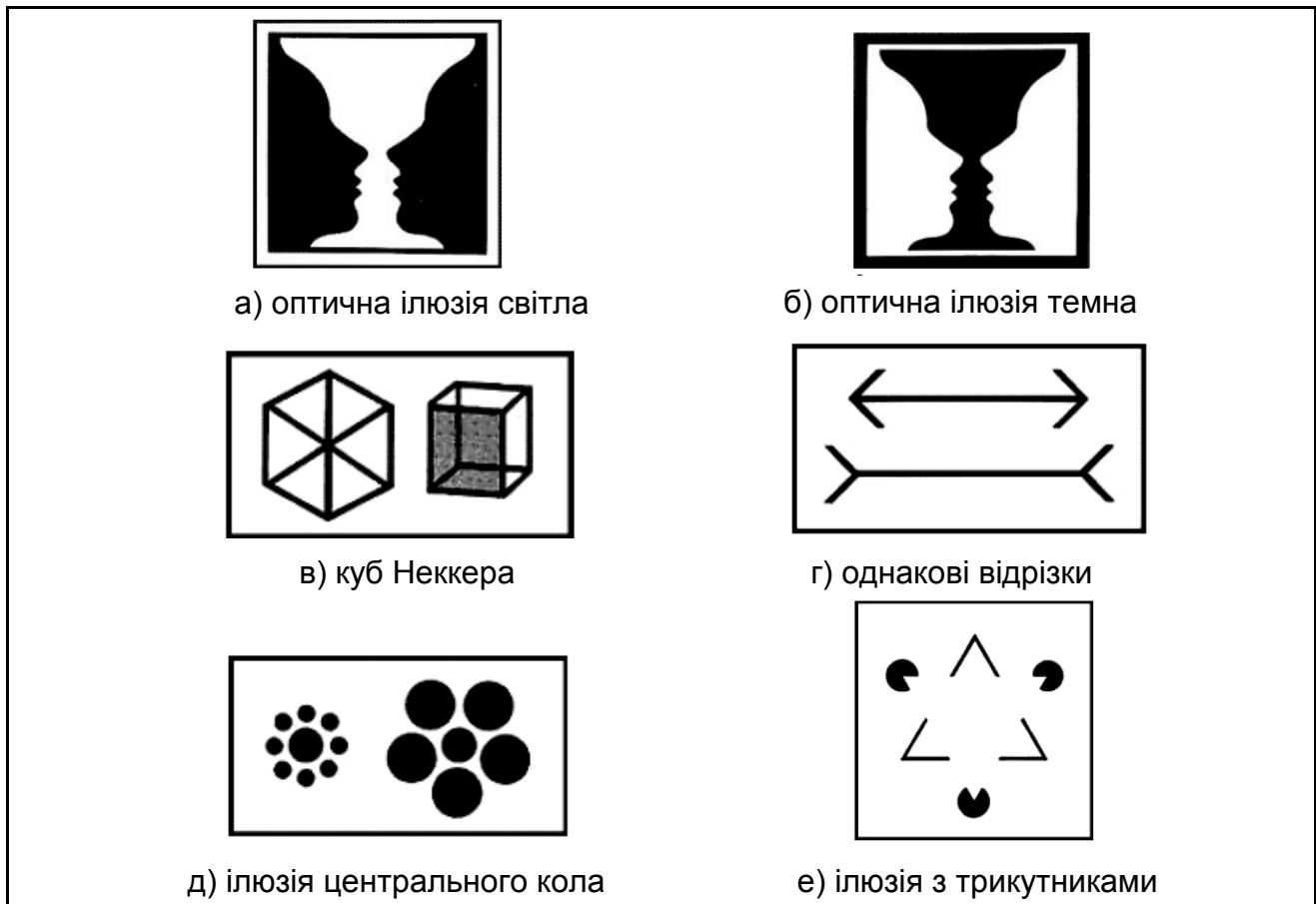
а) залежно від того, що усвідомлюється людиною як фігура, а що – як фон (світле або темне), можна бачити або вазу, або два профілі (рис. 1.9 а, б);

б) глядачеві незрозуміло, у якому ракурсі сприймати малюнок прозорого куба (так званого куба Неккера) (рис. 1.9 в). Заштрихована поверхня прозорого куба залишає тільки два варіанти сприйняття ракурсу: якщо заштрихована поверхня сприймається як ближня, то куб видний ледве зверху, а якщо як далека, то знизу;

в) незважаючи на те, що обидва відрізки мають однакову довжину, верхній здається коротше, ніж нижній (рис. 1.9 г);

г) на рисунку ліворуч центральне коло здається більше, ніж на рисунку праворуч, хоча в дійсності вони однакові (рис. 1.9 д);

д) можна чітко розрізнити два трикутники. Завдяки повному або достатньому контрасту між білим трикутником і чорними кружечками, відчувається, що білий трикутник перебуває зверху, тобто ближче до нас, ніж трикутник, змальований темною лінією (рис. 1.9 е).



**Рис. 1.9. Оптичні ілюзії на прикладі використання ахроматичних кольорів**

Різне розуміння цих малюнків – ілюстрація того, що сприйняття не визначається тільки сукупністю силуетів, швидше це динамічний пошук найкращої інтерпретації одержуваних сенсорних даних. Зорова система людини влаштована таким чином, що вона може побачити те, що хочемо побачити, а не те, що потрапляє в поле зору. Сприйняття кольору обумовлене не тільки стимуляцією ока певною довжиною хвилі й величиною інтенсивності світла. Необхідно розуміти, чи зображує сукупність колірних

плям на сітківці який-небудь пізнаваний предмет, і тоді вступають у дію вищі рівні мозкових процесів. Свідомість людини добудовує простір, глибину й форму.

Зв'язок кольору й форми був доведений експериментально – на основі виникнення й дослідження так званого *ефекту Макколлоу*. Даний ефект показує, що на якому-небудь етапі оброблення мозком зорових сигналів існує зв'язок між формою й кольором. Виходячи з ефекту Макколлоу, припускають, що колір і форма аналізуються одночасно якою-небудь частиною зорової системи.

*Зміст ефекту Макколлоу:* у процесі адаптації до кольорового візерунка кожна точка сітківки піддається подразненню червоними й зеленими променями рівною мірою. Виходить, можна допустити, що в людському мозку існують нервові клітини, що реагують на смуги тільки певного кольору й певного напрямку. Уявлюваний колір похилої смуги залежить від відносної активності клітин, налаштованих на даний напрям, таких клітин, що розрізняються за сприйняттям кольору, який викликає у них реакцію. Поки спостерігач дивиться на кольоровий візерунок, клітини, що сприймають, наприклад, зелені смуги, нахилені під кутом  $45^\circ$  вправо (й інші, що сприймають червоні смуги, нахилені під кутом  $45^\circ$ ), стомлюються. Після цього частина чорно-білого візерунка, нахилена під кутом  $45^\circ$  вправо, виглядає рожевою, тому що стомлені клітини посилають сигнал меншої сили. Кольори "прив'язані" до смуг і не йдуть за поглядом. Більше того, якщо повернути чорно-білий візерунок на  $90^\circ$ , то смуги в даній частині візерунка змінять уявлюване фарбування відповідно до зміни нахилу. Це показує, насамперед, що має значення не розміщення смуг, а центрування їх за осями. Таким чином, експериментально було доведено взаємозв'язок кольору й форми.

Базуючись на тому, що колір – це почуттєве відчуття, необхідно розглянути, від чого ж залежить характер колірного сприйняття.

**Характер колірного сприйняття** пов'язаний зі спектральним складом діючого на око світла й з властивостями зорового апарата людини.

Кольори, які людина бачить під час розщеплення сонячного світла за допомогою призми, називають **спектральними кольорами**. Це червоний, жовтогарячий, жовтий, зелений, блакитний, синій і фіолетовий. Цю комбінацію часто зводять до трьох кольорів: червоний, зелений і синьо-фіолетовий, які є основними кольорами адитивної системи кольорів.

Базуючись на тому, що колір – це форма світлової енергії, переданої у вигляді хвиль (визначення – а) та колір – властивість спектрального

складу випромінювань, що не розрізняються візуально (визначення – б), доцільно говорити про вплив спектрального складу на результуючий колір (рис. 1.10 – кольори випромінювань зіставлені із займаними ними спектральними інтервалами).

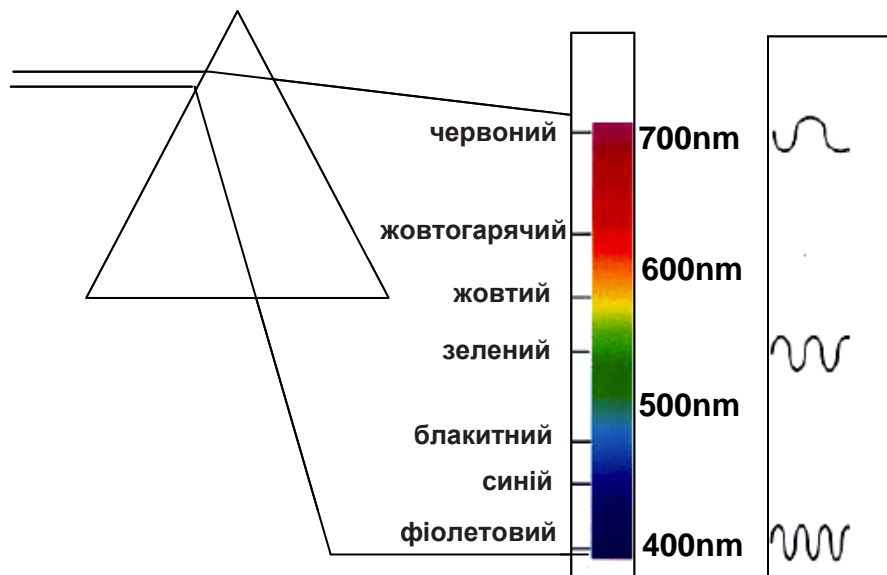


Рис. 1.10. Спектральні інтервали

Деякі хвилі не можна побачити людським оком, наприклад, в інфрачервоного світла довжини хвиль занадто великі, а в рентгенівських променів – занадто малі. Між ними й перебуває видимий спектр.

За інтервалом, займаним випромінюванням, колір можна вказати цілком однозначно: якщо тіло випромінює або відбиває в межах 565 – 580 нм, то колір його завжди жовтий. Однак зворотний висновок буде не завжди правильним: за відомим кольором випромінювання неможливо впевнено вказати його спектральний склад або довжину хвилі. Наприклад, якщо випромінювання жовте, це не означає, що воно займає названий інтервал або його частину, тому що жовтою виглядає й суміш монохроматичних випромінювань, що перебувають поза цим інтервалом: зеленого ( $\lambda_1 = 546 \text{ нм}$ ) із червоним ( $\lambda_2 = 700 \text{ нм}$ ) у разі певних співвідношень їх потужностей.

Теорія колірного зору пояснює, чому ділянка спектра, що перебуває в межах 400 – 700 нм, робить світлову дію й з якої причини людина бачить випромінювання в діапазоні 400 – 450 нм фіолетовим, 450 – 480 – синім і т. д. *Сутність теорії* полягає в тому, що світлочутливі нервові закінчення, що перебувають в одній з оболонок ока й мають назву фоторецептори, реагують тільки на випромінювання видимої частини спектра. Око містить

три групи рецепторів, з яких одна найбільш чутлива до інтервалу 400 – 500 нм, інша – 500 – 600 нм, третя – 600 – 700 нм. Рецептори реагують на випромінювання відповідно до їх спектральної чутливості, і відчуття всіх кольорів виникають у результаті комбінації трьох реакцій.

У мозку людини видимий спектр розподіляється на три домінуючі області: червону, зелену й синю, а за цими кольорами потім обчислюється *сукупна колірна інформація* (рис. 1.11).

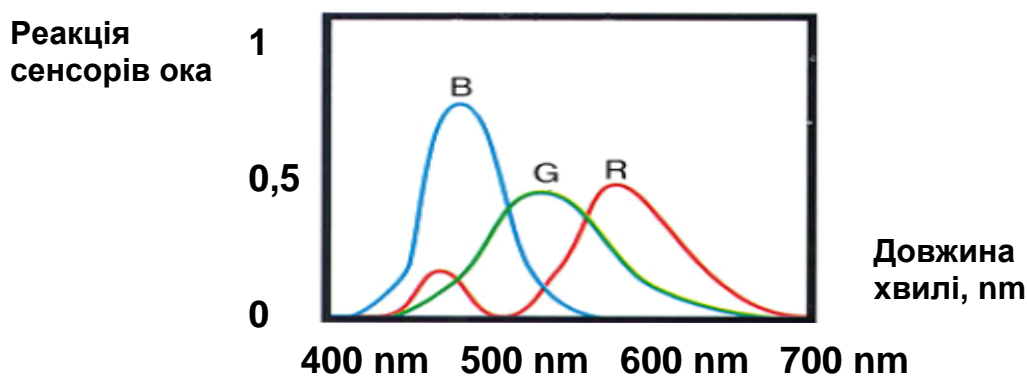


Рис. 1.11. Функція реакції людського зору на три основні колірні області (R, G, B)

Білий колір є комбінацію всіх довжин хвиль видимого спектра. Коли світло потрапляє на несвітловий об'єкт (такий, як папір або фарба), хвилі деяких довжин поглинаються матеріалом, а інші – відбиваються від нього, і поглинені хвилі створюють *видимість кольору*. Проходячи через прозорий матеріал (наприклад, фотоплівку) світло швидше фільтрується, ніж поглинається. Довжини хвиль видимого світла певним чином змінюються і в людини виникає враження створення нового кольору.

Різні за якістю джерела світла, що відбивається від об'єкта, значно впливають на довжини хвиль, що вийшли в результаті відбиття, і, як наслідок, на сприйняття кольору. Наприклад, якщо махати тим самим предметом, що має певний колір, перед двома різними джерелами світла, створюється враження, що предмет у кожному випадку різного кольору.

Однак залишається не вирішеним питання, яким же чином відбувається процес формування колірної інформації у людини? На це питання дозволяє дати відповідь матеріал, що стосується фізичного шляху утворення кольору.

Під час розгляду питань сприйняття й опису кольору виокремлюють фізичні й фізіологічні аспекти. За допомогою колориметра можна визначити

фізичні характеристики кольору, але як їх інтерпретує мозок людини (сприйняття кольору) – можна тільки розрахувати. Багато науково-дослідних груп працювали над створенням моделей, що описують вимірювальний інструмент "око" і сприйняття кольору мозком. До останнього часу діють важливі для опису кольору постанови міжнародної комісії з освітлення (CIE), прийняті в 1931 р. Вони регламентують вимірювання кольору на основі введення еталонного спостерігача в колориметрію.

Через очі надходить 78 % всієї інформації, що людина сприймає з навколишнього світу, інші 22 % припадають на частку слуху, дотику, нюху й смакових відчуттів. Причому в процесі оптичного зору всі ці почуття постійно включаються в роботу, підсумовуючи інформацію, необхідну для запам'ятовування й класифікації зорових образів.

*Основний принцип виникнення зорового колірною відчуття:* коли світло падає на об'єкт, то частина світлового потоку поглинається пігментами об'єкта, а частина, відбиваючись, потрапляє в око, викликаючи відчуття кольору (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Процес виникнення зорового колірною відчуття

Колбочки сітківки, тобто фоторецептори людського ока, здатні розпізнавати не всі кольори, а в основному такі, як червоний, зелений і синій. А що стосується мозку, то **колір** – це відповідний сигнал нейрона, викликаний у результаті збудження колбочок світловим сигналом. Невеликі генетичні розходження в цих мікроскопічних комірках пояснюють, чому дві людини, дивлячись на той самий предмет за тих же самих умов, можуть бачити його по-різному (рис. 1.13).



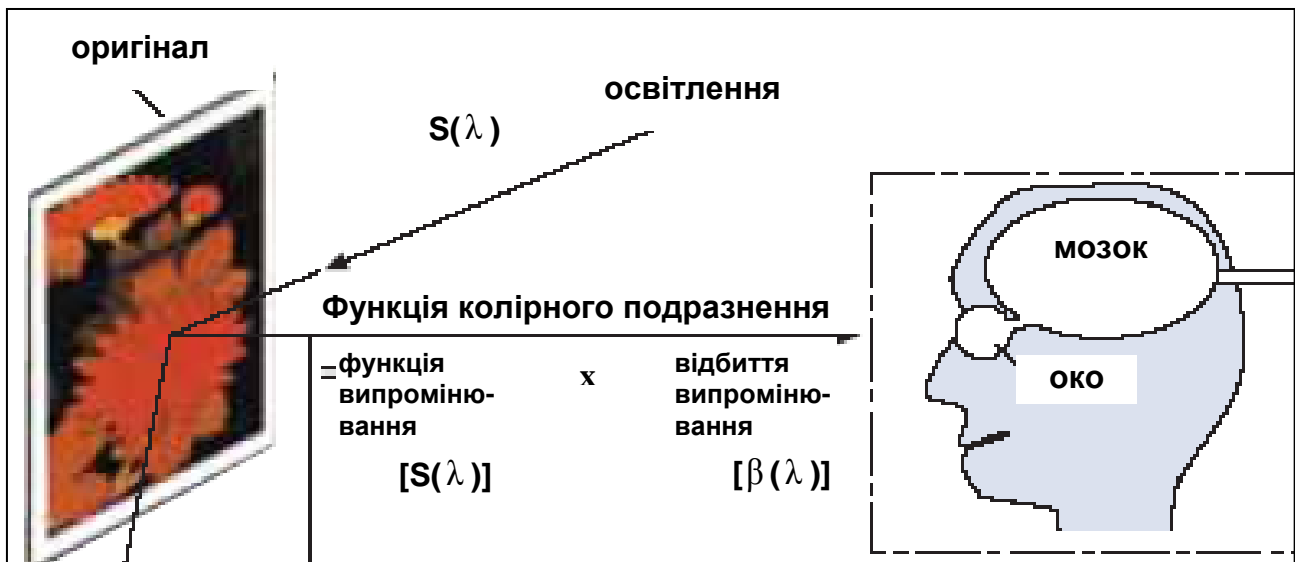


Рис. 1.13. Якісне сприйняття кольору (колірний тон, яскравість тощо)

Фізичною основою кольоросприйняття є наявність специфічних світлочутливих клітин у центральній ділянці сітківки ока (тобто паличок і колбочок) із максимумами спектральної чутливості в трьох різних спектральних ділянках: червоній, зеленій і синій. Велику роль у кольоросприйнятті відіграє процес перероблення сигналу, що надходить на сітківку ока, у корі головного мозку, у його потиличних долях.

**Процес сприйняття кольору:** очна лінза (кришталік) дає оптичне зображення спостережуваного предмета, що системою нервових закінчень, які перебувають в одній з оболонок ока, перетворюється в сигнали (їх частота збільшується із зростанням освітленості сітківки).

У сітківці три шари нервових клітин – нейронів, пов'язаних розгалуженнями – синапсами, що забезпечують передачу електричного сигналу від однієї клітини до іншої. Нейрони, найбільш вилучені від внутрішньої поверхні сітківки, закінчуються рецепторами. Вони бувають двох типів: довгі й тонкі – називаються паличками, товсті й короткі – колбочками. Палички забезпечують чорно-білий зір, колбочки – як чорно-білий, так і кольоровий.

Світлова чутливість паличок і колбочок різна. Палички працюють за умов низької освітленості й "вимикаються" за умов високої. Ці рецептори забезпечують так званий сутінковий зір, коли освітленість невелика. У напівтемряві не розрізняються кольори, погано видні деталі. Це пояснюється тим, що палички розташовуються на сітківці значно рідше, ніж колбочки, а розрізняльна здатність паличкового апарата набагато нижче, ніж колбочкового.

Колбочковий зір називається **денним**. За умов високої освітленості, коли починають діяти колбочки, око розрізняє кольори й дрібні об'єкти.

У результаті світлового збудження паличок або колбочок у мозок передаються електричні імпульси. Вони досягають потиличних долей головного мозку, де збуджують світлові відчуття, з яких складається зоровий образ об'єкта.

Таким чином, **зоровий образ об'єкта** складається зі світлових відчуттів, викликаних імпульсами, переданими в потиличні доли мозку.

Здатність ока реагувати на можливо малий потік випромінювання називається **світловою чутливістю**. Вона вимірюється як величина граничної яскравості. **Граничною** називається та найменша яскравість об'єкта, наприклад світлової плями, за якої воно може бути виявлено з достатньою ймовірністю на абсолютно чорному фоні.

Світлову чутливість ( $S_n$ ) визначають як величину, зворотну граничній яскравості ( $B_n$ ), за умови, що кут зору  $\alpha \geq 50^\circ$ :

$$S_n = (1 / B_n)_{\alpha \geq 50^\circ}. \quad (1.1)$$

Реакція ока, що виражається у виникненні світлового відчуття, залежить, по-перше, від потоку випромінювання ( $\Phi_\lambda$ ), що впало на сітківку, по-друге, від тієї частки потоку, яка впливає на рецептори. Ця частка є спектральною чутливістю ( $k_\lambda$ ). Іноді для позначення того ж поняття застосовують термін "**спектральна ефективність випромінювання**". Добуток  $k_\lambda \times \Phi_\lambda$  визначає характеристику потоку випромінювання, пов'язану з рівнем його світлової дії, яка називається **світловим потоком** ( $F_\lambda$ ):

$$F_\lambda = \Phi_\lambda \times k_\lambda. \quad (1.2)$$

Абсолютне значення спектральної чутливості визначають відношенням:

$$k_\lambda = F_\lambda / \Phi_\lambda. \quad (1.3)$$

### ***Вступ до питання вимірювання кольору***

Людина може, дивлячись на папір і монітор (або вихідний об'єкт), порівнювати свої відчуття, досягаючи їх ідентичності, однак комп'ютер працює тільки з числами. Це означає, що виникає безпосередня потреба у вимірюванні колірних відчуттів.

Фотографи, художники, дизайнери, поліграфісти зобов'язані яким-небудь чином оцінювати якість світла, щоб користуватися стандартними постійними значеннями. Це робиться *вимірюванням температури джерела*

*світла*, тобто його хроматичності. Фахівці з кольору використовують шкалу Кельвіна, що починається з абсолютного нуля. Щоб перевести кельвіни у величину, виражену за шкалою Цельсія – від першого числа віднімають 273 (отримують  $-273^{\circ}\text{K}$  – температурну точку, за якої припиняється будь-який рух молекул). Ідея використання шкали Кельвіна може здатися на перший погляд дивною. Можна розглянути для прикладу нагрівання сталевого дроту. У міру збільшення температури він розжарюється до червоного кольору, потім до білого й, нарешті, починає світитися блакитним кольором (тобто, якщо нагрівання відбувається до точки випарювання, а потім пар нагрівається до  $\sim 20\,000^{\circ}\text{K}$ , то пікове випромінювання буде ультрафіолетовим; оку колір пари здасться синім).

Як приклад, на рис. 1.14 наведено розподіл енергії випромінювання чорного тіла залежно від температури.

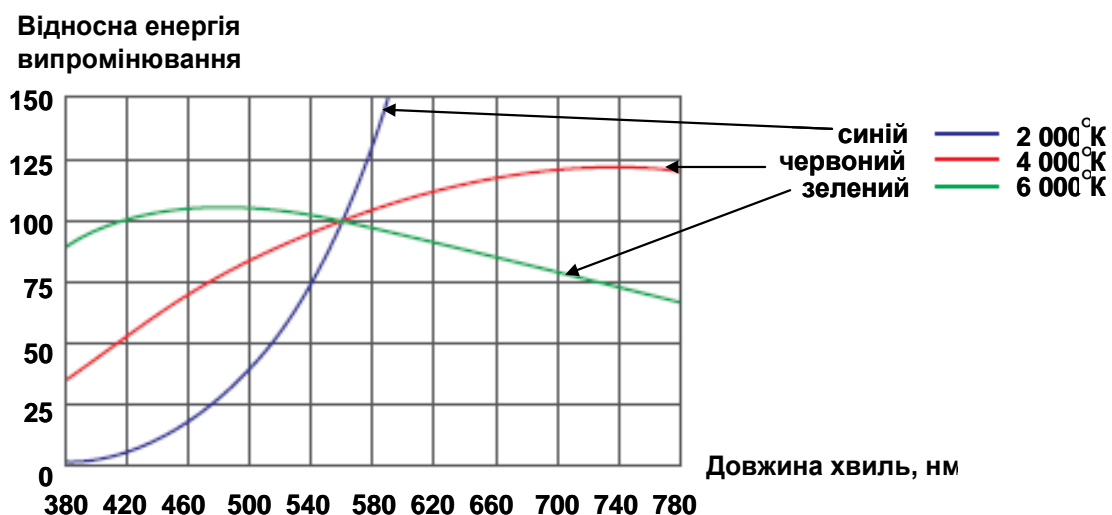


Рис. 1.14. Розподіл енергії випромінювання чорного тіла залежно від температури

Колірна температура – це зручний спосіб позначення кольоровості природного й штучного світла (однак її не треба плутати з тепловою температурою джерела світла). Під **колірною температурою** слід розуміти характеристику джерела світлового випромінювання, що визначає його спектральний склад.

Шкала колірної температури починається з величини  $1\,000^{\circ}\text{K}$  і не має верхньої межі (рис. 1.15). За кожної температури джерело випромінює потік різних за довжиною хвиль, але деякі з них домінують, що й визначає колір. Завдяки цьому колір випромінюваного світлового потоку в багатьох випадках можна виразити в одиницях колірної температури.

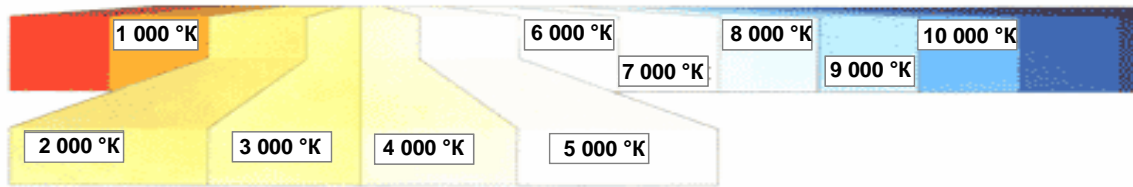


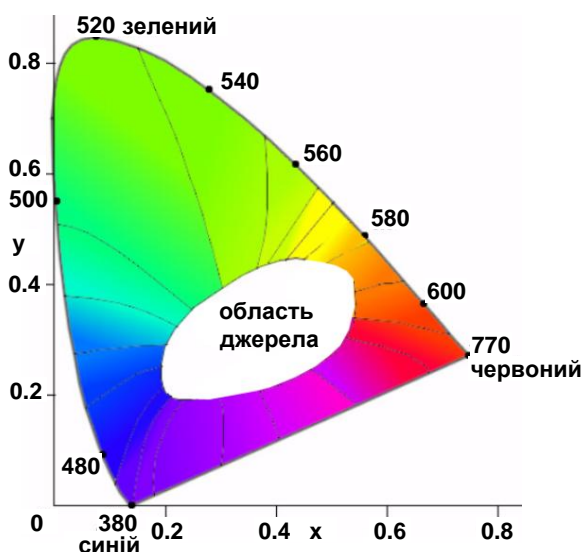
Рис. 1.15. Шкала колірної температури

Більшість приборів штучного освітлення мають колірну температуру від 2 000 °K до 6 000 °K. За більш високої температури в денному світлі переважають короткі хвилі, отже, блакитні тони.

У природі колір знаходиться в проміжку від 1 900 °K (для слабкого світла свічки) до 7 500 °K (для яскравого денного світла). Щоб спостерігати за кольором в умовах виробництва, як промисловий стандарт використовують температуру в 5 000 °K.

В ідеальному розумінні зазначене означає, що кожен, хто працює з кольором, повинен мати можливість оцінити матеріали (які підлягають опрацюванню) за однакових умов освітлення. Наприклад, коли в декількох середовищах однакове освітлення, то колірний коректор у сервісному бюро і дизайнер у дизайн-студії мають можливість робити ідентичні пробні відтиски.

Однак колірна температура не дає точного опису кольору. З метою усунення цього недоліку, було розроблено міжнародну систему CIEXYZ, побудовану на відомих еталонних (основних) кольорах. Вона надала можливість для математичного опису всіх видимих кольорів (рис. 1.16).



Джерело світлового випромінювання	Колірна температура	x	y
Лампа з вольфрамовою ниткою розжарювання	2 856 °K	0,448	0,408
Сонячне світло опівдні	5 600 °K	0,349	0,352
Полуденне освітлення за умови цілковитої хмарності	6 300 °K	0,310	0,316
Опорний білий стандарт для моніторів	6 500 °K	0,313	0,329

Рис. 1.16. Математичний опис видимих кольорів у системі CIEXYZ

Хоча система є тривимірною, але для зручності візуального сприйняття усі видимі кольори представляються усередині кривої на площині  $xy$ . На цій площині позначаються точки, що відповідають значенням координат кольоровості спектральних випромінювань від 380 нм до 770 нм. Крива отримала назву **локуса** (або **колірної діаграми**). Усередині локуса перебувають усі реальні кольори, зовні – нереальні кольори, більш насичені, ніж спектральні.

**Колірну діаграму** використовують, зазвичай, для зображення кольорового охопата ока (всі видимі кольори), а всередині неї – кольорні охопати різного устаткування.

Відповідно до експериментально установлених характеристик середньостатистичного спостерігача в 1931 р. СІЕ визначила криві додавання основних кольорів (рис. 1.17).

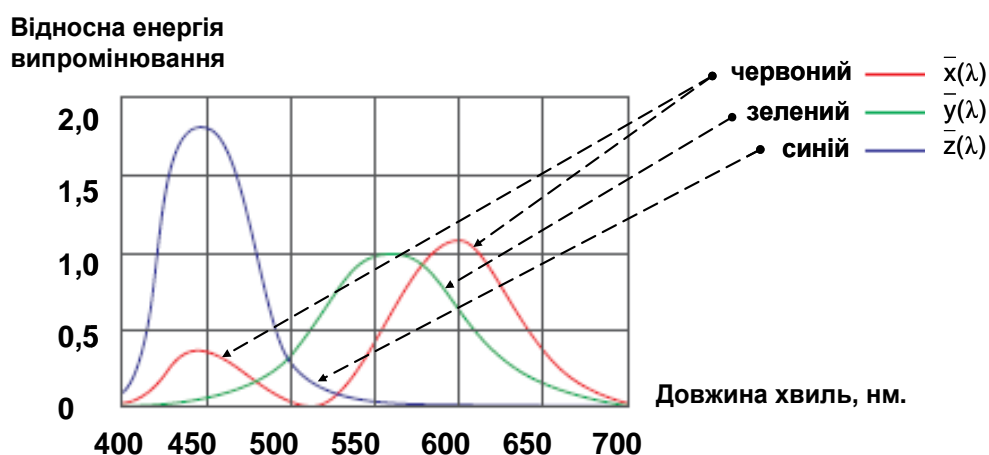


Рис. 1.17. Стандартні криві додавання кольорів

У цій системі певне співвідношення основних кольорів відповідає кожній з довжин хвиль видимого спектра.

Представленні подібним чином (на основі математичного опису) кольори вимірюються за допомогою залучення спеціального обладнання (денситометрів, колориметрів, спектрофотометрів та інших пристроїв) на основі використання денситометричних і колориметричних методів опрацювання кольорів.

### Висновки та узагальнення

Колір є багатогранним явищем, яке необхідно комплексно досліджувати з позицій фізики, фізіології, психології та метрології кольору.

У якості основних властивостей кольору необхідно розглядати: тон, відтінок, хроматичність, насиченість, яскравість, контрастність.

Першим систематизував кольори І. Ньютон, отримавши коло із семи спектральних кольорів: червоний, жовтогарячий, жовтий, зелений, голубий, синій, фіолетовий.

Характер колірною сприйняття пов'язаний зі спектральним складом діючого на око світла й з властивостями зорового апарату людини.

### Теоретичні запитання

1. Дайте визначення поняття "колір", урахувавши різнобічні аспекти його розгляду.

2. Розкрийте змістовне навантаження кожної з властивостей хроматичних кольорів.

3. Поясніть різницю між світлотним і хроматичним колірними контрастами та наведіть відповідні приклади.

4. Чим відрізняється тон від відтінку?

5. Охарактеризуйте такі категорії: "гарячі", "холодні", "теплі", "прохолодні", "світлі", "темні", "приглушені" кольори та специфіку їх використання за трьома напрямками – листівка, етикетка і плакат.

6. Що таке "густина кольору"? Розташуйте відповідно до збільшення густини кольору: зелений, білий, фіолетовий, червоний, синій, жовтий, жовтогарячий.

7. Опишіть еволюційні зміни представлення колірних моделей.

8. Дайте визначення поняття "колірна модель".

9. Охарактеризуйте найбільш відомі колірні моделі.

10. Що розуміють під сприйняттям кольору?

11. Наведіть приклади взаємозв'язку кольору та форми.

12. Які кольори є спектральними?

13. Від чого залежить характер колірною відчуття?

14. Поясніть сутність теорії колірною зору.

15. Опишіть процес фізіологічного утворення кольору, націленого на одержання зорового образу об'єкта.

16. Що розуміють під світловою чутливістю та світловим потоком? Наведіть відповідні формули.

17. Що таке колірною температура?

## 2. Гармонія колірних сполучень

### Основна ідея

Розглянуто теорії і класифікації організації колірних сполучень, вивчено методи сполучення кольорів, визначено фактори, що впливають на сприйняття кольору, а також досліджено психологічну складову кольору.

**Ключові поняття:** теорії, класифікації, колірні стилі, методи сполучення кольорів, колірні схеми, психологія кольору.

### Основні питання

- 2.1. Теоретичні основи організації колірних сполучень.
- 2.2. Колірні системи.
- 2.3. Психологія кольору.
- 2.4. Сполучення і шрифт.

### Цілі вивчення

**Метою** є дослідження сутності теорій й класифікацій, що є основою організації гармонійних колірних сполучень; вивчення колірних схем і методів сполучення кольорів; дослідження психології кольору через множину факторів, що впливають на його сприйняття.

Інформація, подана далі, надає студентові можливість сформулювати такі **компетентності**:

#### **знання:**

нормативних теорій і структурного представлення колірних сполучень;  
базових колірних комбінацій та напрямів колірного стилю;  
колірних систем, схем і методів сполучення кольорів;  
психології сприйняття кольору (об'єктивних і суб'єктивних факторів впливу);

особливостей сприйняття кольорів у різних країнах;

#### **уміння:**

створювати гармонійні сполучення кольорів за допомогою застосування нормативних теорій та класифікацій;

будувати гармонійні комбінації кольорів у певних колірних стилях;  
приймати рішення з вибору схеми та методу сполучення кольорів;  
застосовувати знання щодо психології кольору під час побудови гармонійних колірних сполучень;

***комунікації:***

надання допомоги в побудові колірної гармонії за допомогою використання геометричних фігур;

консультації представників підприємств щодо доцільності обрання для продукції певного колірною стилю та базової комбінації кольорів;

рекомендації співробітникам підприємств щодо формування особисто-орієнтованого колірною представлення і асоціацій;

***автономність і відповідальність:***

самостійний вибір найбільш доцільної нормативної теорії для побудови гармонійного сполучення кольорів;

підготовка декількох варіантів можливих колірною рішень у рамках різних стилів та базових комбінацій і вибір найбільш доцільного;

професійна підготовка осіб, що займаються побудовою гармонійних колірною сполучень.

## **Вступ**

У процесі побудови гармонійного колірною сполучення необхідно базуватися на відповідній теорії або класифікації, реалізуючи певний метод сполучення кольорів (метод використання прилеглих кольорів, метод використання протилежних кольорів, метод використання природних сполучень кольорів, метод використання кольору різного ступеня насиченості). Реалізація гармонійного колірною сполучення в конкретному колірною стилі надає змогу підвищити якість його візуальної прийнятності для певної продукції. Оперування же психологічними властивостями кольорів, які обираються для гармонійного колірною сполучення, підвищує особисто-орієнтоване спрямування колірною подання та колірною асоціацій на споживачів.

### **2.1. Теоретичні основи організації колірною сполучень**

Коли йдеться про колірною гармонію, то люди оцінюють враження від взаємодії двох або більше кольорів. Для задоволення оку потрібна ця



загальна колірна зв'язка, і тільки в цьому випадку сприйняття кольору досягає гармонічної рівноваги.

Серед нормативних теорій гармонійних сполучень кольорів найбільш цікавими є:

1. **Теорія Рудольфа Адамса.** У 1865 р. Р. Адамс винайшов хроматичний спектр, що складався із кола з 24 секторами, і містив шість ступенів світлоти.

Основні принципи колірної гармонії Р. Адамса:

а) у гармонії мають бути помітними принаймні первинні елементи різноманіття колірної області: червоний, жовтий і блакитний (синій);

б) різноманіття тонів повинне досягатися через різноманітність світлого і темного і через зміни в кольорі;

в) тони повинні знаходитися в рівновазі так, щоб жоден із них не виділявся. Цей момент охоплює якісні стосунки і складає колірний ритм;

г) у великих комбінаціях кольори повинні за порядком слідувати один за одним так, щоб природний зв'язок у міру їх спорідненості мав місце, як у спектрі або веселці. У дотриманні тонів виражається рух мелодії колірної єдності;

д) чисті фарби слід застосовувати економно через їх яскравість і лише в тих частинах, на які око в першу чергу має бути направлено.

2. **Теорія Альберта Манселла.** Багато теоретиків кольору намагалися виводити свої теорії й системи на базі яких-небудь моделей. Так А. Манселл винайшов колірне тіло (див. рис. 1.8), на основі якого він склав колірний атлас із 10 таблиць. А. Манселл визначив *три типи гармонійних сполучень*:

а) **однотонні гармонії**, що засновані на одному колірному тоні різної світлоти (наприклад, червоний з основного восьмисекторного колірного кола, розбілений червоний і червоний із затемненого колірного кола);

б) **гармонії родинних кольорів** колірного кола (наприклад, червоний і жовтогарячий);

в) **гармонії взаємодоповнюючих кольорів** (наприклад, жовтий і фіолетовий, жовтогарячий і синій).

3. **Теорія Вільгельма Освальда.** Теорія ґрунтувалась на допущенні, що всі кольори, які містять рівну домішку білого або чорного, є гармонічними, а з насичених гармонійні ті, що розташовані один від одного через рівну кількість інтервалів.

4. **Теорія В'ячеслава Максимовича Шугаєва.** Теорія базується на дослідженнях Манселла й Бецоляда. Вона заснована на колірному колі,

що будується на чотирьох основних кольорах – жовтому, червоному, синьому, зеленому. Автор пропонував *чотири види колірних сполучень*:

а) **сполучення споріднених кольорів** (наприклад, жовтий, оранжево-жовтий, жовтогарячий);

б) **сполучення споріднено-контрастних кольорів** (наприклад, від жовтого до фіолетового за спектром);

в) **сполучення контрастних (взаємодоповнювальних) кольорів** (наприклад, синій-жовтогарячий, червоний-зелений);

г) **сполучення нейтральних кольорів** щодо спорідненості й контрасту (наприклад, жовтий, червоний, синій).

Шугаєв виявив 120 можливих гармонійних сполучень для 16- часткового кола за умови трьох проміжних кольорів, тобто трьох інтервалів між головними кольорами. Він стверджував, що *гармонійне сполучення можна одержати*, якщо:

1) у кольорах, що гармонують, присутня рівна кількість головних кольорів (наприклад, жовто-жовтогарячий, жовто-зелений);

2) кольори однакові за світлотою, тобто в них присутня рівна кількість білого або чорного пігменту;

3) кольори однакові за насиченістю, вони мають однакову силу кольору відносно один одного (наприклад, жовтогарячий-синій).

**5. Класифікація колірних гармоній Брюкке.** Німецьким фізіологом Брюкке були запропоновані такі види гармоній:

**ізохромія** – композиція, виконана в одному колірному тоні (наприклад, на базі червоного кольору);

**хомеохромія** – композиція в межах малого колірного інтервалу (наприклад, жовтий, жовтогарячий і жовто-жовтогарячий);

**мерохромія** – композиція, де кольори підлеглі одному головному (наприклад, червоному, тоді це будуть жовтогарячий, пурпурний і фіолетовий);

**пойкілохромія** – композиція, заснована на методі повного дроблення колірних мас. Їй притаманна велика розмаїтість кольорів, у цьому разі всі кольори мають однакову значущість.

**6. Класифікація колірних гармоній за Б. М. Тепловим.** Автором були запропоновані такі види гармоній:

**однотонна** – побудована на одному головному кольорі або групі споріднених кольорів (наприклад, жовтий, оранжево-жовтий, жовтогарячий – у них у різних кількостях присутній жовтий колір);

**полярна** – побудована на взаємодоповнювальних кольорах (наприклад, червоний із зеленим, жовтогарячий із синім);

**триколірна** – побудована на протиставленні трьох основних кольорів (наприклад, жовтого, червоного, синього);

**багатобарвна** – у ній за умови великої розмаїтості кольорів не можна виділити головний (складна в застосуванні).

**7. Теорія гармонійних сполучень за системою В. Козлова.** В основі колірної системи лежать чотири основні кольори: жовтий, червоний, синій і зелений. Між ними існують проміжні кольори, які сприймаються як результат змішування основних кольорів спектра (рис. 2.1). Важливо зазначити, що частина сучасних учених, які займаються теорією кольору, будують колірне коло на основі чотирьох кольорів, мотивуючи це тим, що суміш синього й жовтого кольору не дає чистого зеленого кольору, тому зелений вони виводять в групу основних кольорів спектра.

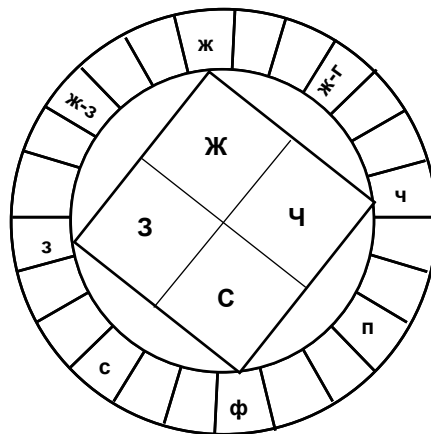


Рис. 2.1. Структурне представлення кольору за системою В. Козлова

Автор пропонував *чотири види колірних сполучень (гармоній)*:

- а) **однотонові гармонії**;
- б) **гармонії споріднених кольорів**;
- в) **гармонії споріднено-контрастних кольорів**;
- г) **гармонії взаємодоповнювальних кольорів**.

Варто розглянути кожен із видів гармоній більш докладно.

Основу гармонійних однотонових сполучень кольорів становить один колірний тон, що є присутнім у кожному з них і надає їм спокійний, урівноважений характер.

Гармонія споріднених кольорів ґрунтується на наявності в них домішок тих самих головних кольорів. До споріднених у колірному колі належать усі проміжні, між двома основними, кольори, включаючи тільки один з тих, що їх утворюють. Вони підрозділяються на *чотири групи*: жовто-червоні, жовто-зелені, синьо-червоні, синьо-зелені (рис. 2.2).

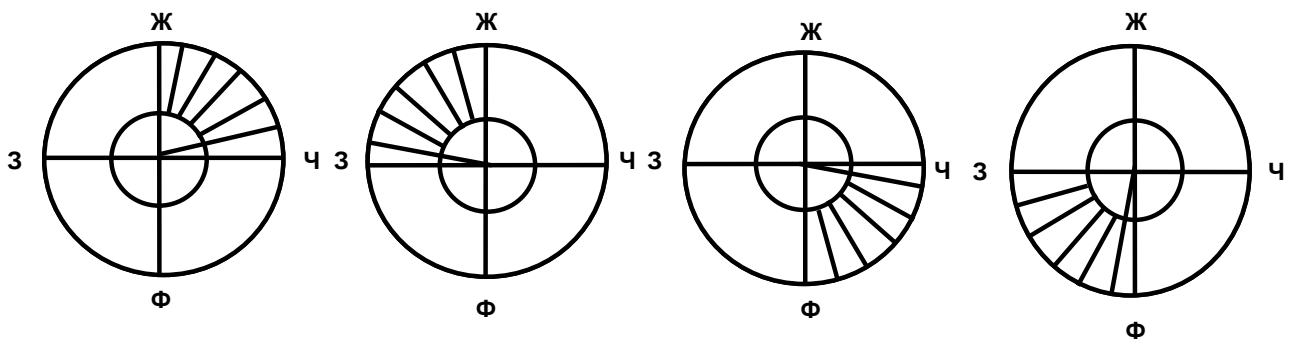


Рис. 2.2. Приклад створення колірних гармоній споріднених кольорів

У системі колірних кіл споріднено-контрастні кольори розташовуються в двох суміжних чвертях:

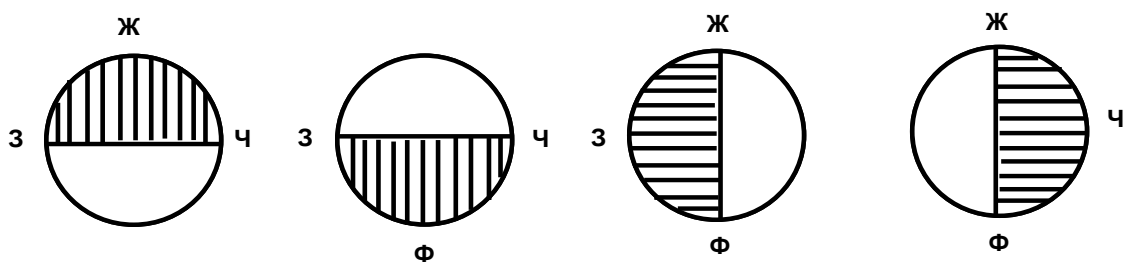
теплі: жовто-червоні й жовто-зелені (рис. 2.3 а);

холодні: синьо-зелені й синьо-червоні (рис. 2.3 б);

теплі: жовто-зелені й холодні: синьо-зелені (рис. 2.3 в) – змішана гармонія;

теплі: жовто-червоні й холодні: синьо-червоні (рис. 2.3 г) – змішана гармонія.

Пояснення до рис. 2.3 (на прикладі варіанта 2.3 а): оскільки є загальний жовтий колір одночасно в жовто-червоній і жовто-зеленій комбінаціях – вони споріднюються, але присутність чистого червоного й чистого зеленого робить комбінацію контрастною, тому вона й вважається споріднено-контрастною комбінацією.



З	З	Ж	Ж
Ж-З	Б	Ж-З	Ж-ЖГ
Ж	С	З	ЖГ
Ж-ЖГ	С-Ф	Б	Ч-ЖГ
ЖГ	Ф	С	Ч
Ч-ЖГ	П	С-Ф	П
Ч	Ч	Ф	Ф

а) теплі

б) холодні

в) змішана гармонія

г) змішана гармонія

Рис. 2.3. Приклад створення гармоній споріднено-контрастних кольорів

Більш гармонічні кольори, які розташовуються в колірному колі на кінцях вертикальних і горизонтальних хорд. Між такими парами існує подвійний зв'язок, вони складаються з однакової кількості об'єднувального головного кольору й однакових кількостей кольорів, що контрастують. Це жовто-зелений (Ж–З) і жовтогарячо-жовтий (ЖГ–Ж), жовтогарячо-червоний (ЖГ–Ч) і пурпурно-червоний (П–Ч).

Теорія – це фундамент, на основі якого відбувається побудова гармонійних сполучень кольорів. Як же цим користуватися практично?

Слід розглянути процес створення гармонійних колірних сполучень на прикладі групи гармоній споріднено-контрастних кольорів (тобто розглянути нову нормативну теорію гармонійних колірних сполучень, що ґрунтується на використанні образів-моделей геометричних фігур).

Можна одержувати колірні гармонії, вписуючи в колірне коло геометричні фігури: трикутники, прямокутники тощо (рис. 2.4 – 2.6).

*Процес побудови колірної гармонії за допомогою використання рівностороннього трикутника* (див. рис. 2.4): у колірне коло вписується рівносторонній трикутник, в якого одна зі сторін паралельна горизонтальному або вертикальному діаметру. У вершині, що протистоїть цій стороні, перебуває колір, взаємодоповнювальний головному, що входить до складу пари споріднено-контрастних кольорів. У колірному колі таких рівносторонніх трикутників чотири.

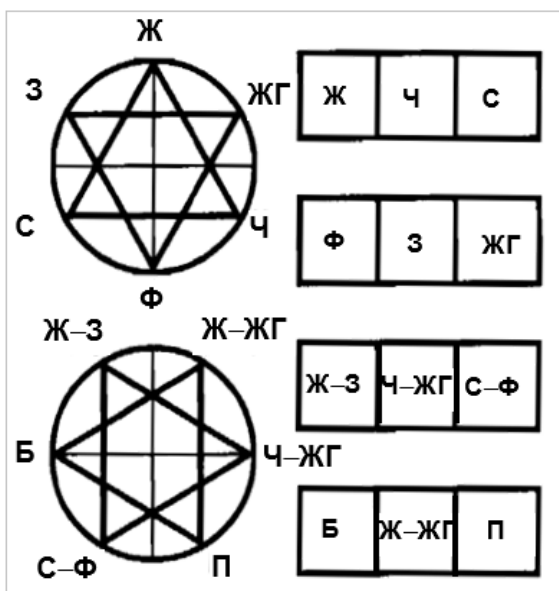


Рис. 2.4. Складання гармоній споріднено-контрастних кольорів за допомогою рівностороннього трикутника

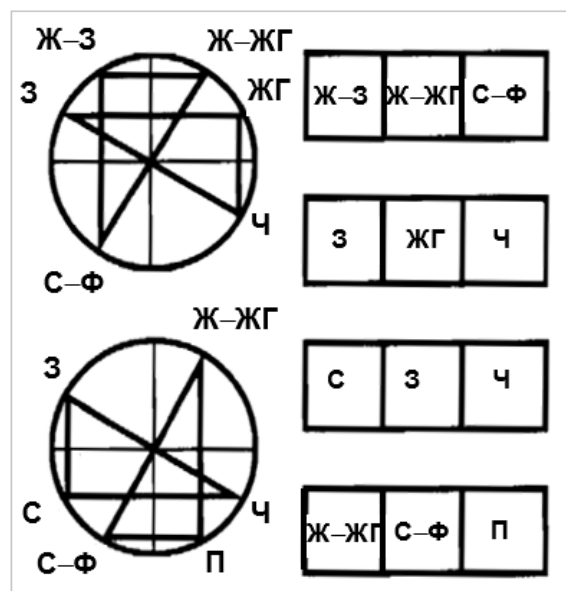
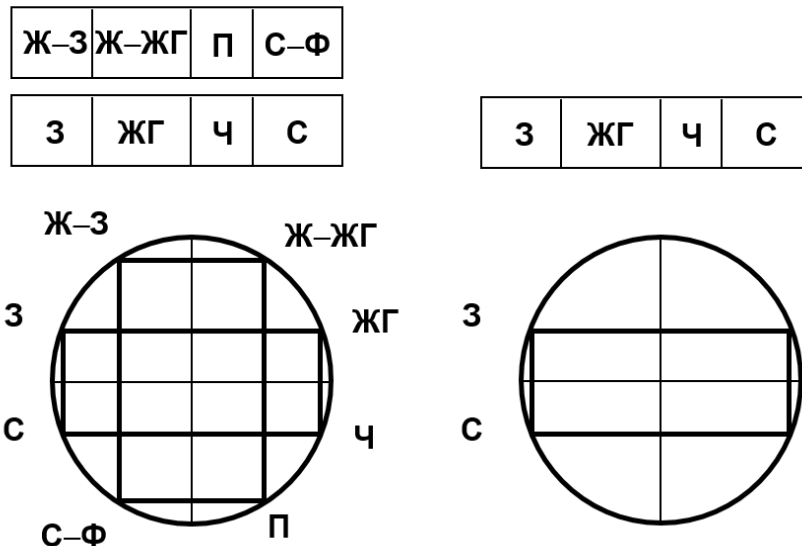


Рис. 2.5. Складання гармоній споріднено-контрастних кольорів за допомогою прямокутного трикутника



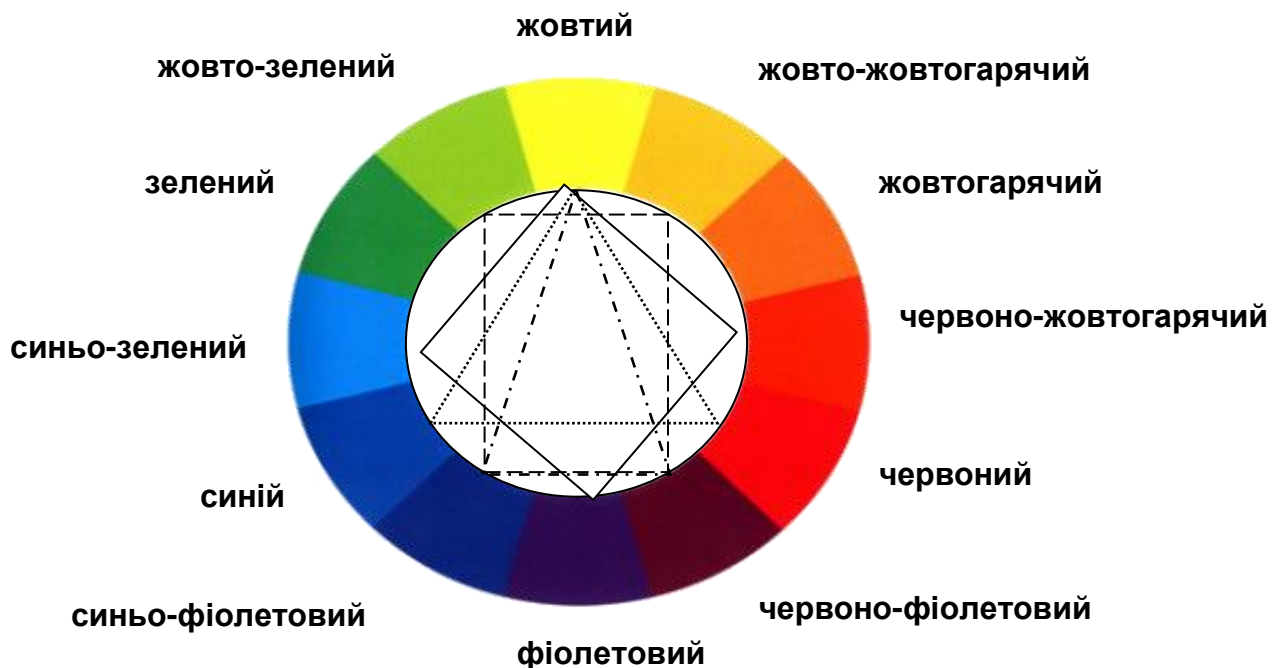
**Рис. 2.6. Складання гармоній споріднено-контрастних кольорів за допомогою чотирикутника**

*Процес побудови колірної гармонії за допомогою використання прямокутного трикутника* (див. рис. 2.5): у колірне коло вписується прямокутний трикутник, в якого сторони, що дають прямий кут, паралельні діаметрам (вертикальному й горизонтальному). У результаті гіпотенуза з'єднує пару взаємодоповнюючих кольорів, а колір у прямому куті буде споріднено-контрастним щодо до даної пари. У колі таких трикутників також чотири. Приклад гармонії: гармонія жовто-зеленого, жовто-жовто-гарячого й синьо-фіолетового; в ній гіпотенуза з'єднує пару контрастних кольорів: жовто-жовтогарячий і синьо-фіолетовий, а колір жовто-зелений, що перебуває в прямому куті трикутника буде споріднено-контрастним парі даних кольорів.

*Процес побудови колірної гармонії за допомогою використання чотирикутника* (див. рис. 2.6): у колірне коло вписується чотирикутник, сторони якого паралельні діаметрам кола. Це може бути прямокутник і квадрат. Сторони чотирикутника зв'язують двома споріднено-контрастними кольорами, а по діагоналях розташовуються взаємодоповнюючі кольори.

Останнім різновидом колірних гармоній у системі В. Козлова є *гармонія* взаємодоповнювальних кольорів. Для її побудови необхідно, взявши вихідний колір, за колірним колом визначити відповідний йому взаємодоповнювальними. Третій колір може бути визначений з тіньового ряду кожного із цих кольорів.

Як видно з теорії В. Козлова, назви груп гармонійних сполучень кольорів подібні тим, що запропонував В. М. Шугаєв, але кольори, що складають колірні гармонії, докорінно відрізняються. Підхід до побудови гармонійних колірних сполучень, що ґрунтується на використанні образів-моделей геометричних фігур є доцільним і для застосування в колірному колі з іншою кількістю секторів (рис. 2.7).



**Рис. 2.7. Побудова гармонічних сполучень у 12-секторному колірному колі на основі використання геометричних фігур**

Застосування підходу використання геометричних фігур для 12-секторного колірного кола дозволяє зробити такий висновок: усі пари додаткових кольорів, усі сполучення трьох кольорів у 12-секторному колірному колі, які пов'язані один з одним через рівносторонні або рівнобедрені трикутники, квадрати й прямокутники, є гармонічними. Жовто-червоно-синій утворюють тут основний гармонічний тризвук. Якщо ці кольори в системі 12-секторного колірного кола з'єднати між собою, то утворюється рівносторонній трикутник. Жовтий, червоно-фіолетовий і синьо-фіолетовий кольори поєднує фігура рівнобедреного трикутника. Гармонічне співзвуччя жовтого, червоно-жовтогарячого, фіолетового й синьо-зеленого об'єднані квадратом. Прямокутник же дає гармонізоване сполучення жовто-жовтогарячого, червоно-фіолетового, синьо-фіолетового й жовто-зеленого.

Зв'язка геометричних фігур, що складається з рівностороннього й рівнобедреного трикутника, квадрата й прямокутника, може бути розміщена в будь-якій точці колірного кола. Ці фігури можна обертати в межах кола, замінюючи, таким чином, трикутник, що складається з жовтого, червоного і синього, трикутником, що поєднує жовто-жовтогарячий, червоно-фіолетовий і синьо-зелений або червоно-жовтогарячий, синьо-фіолетовий і жовто-зелений.

Особливість саме 12-секторного кола полягає в тому, що воно дає повний **спектр** (послідовність кольорів в спектрі така ж, як у веселці або в природному спектрі). Створений за принципом порядкового зростання спектр дозволяє побачити колірний баланс і гармонію (рис. 2.8).

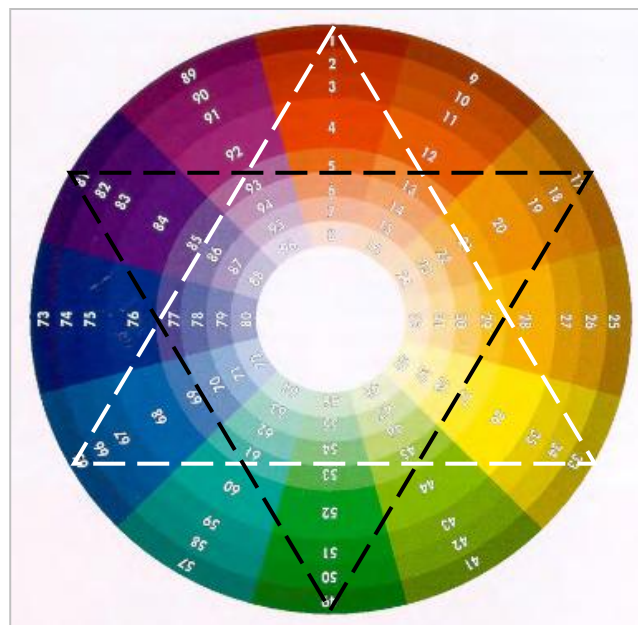


Рис. 2.8. Колірний спектр

Сегменти спектра підрозділяються на первинні, вторинні й третинні кольори, їх відтінки й тони. Коло фіксує три первинні кольори (червоний, жовтий і блакитний/синій), які вважаються чистими, тому що не містять інших кольорів. **Первинні (primary) кольори** утворюють рівнобедрений трикутник усередині кола. **Вторинні (secondary) кольори** одержують змішанням первинних між собою: жовтий і червоний дають жовтогарячий, червоний і синій – пурпурний/ліловий, а синій і жовтий – зелений. Отримані вторинні кольори (жовтогарячий, фіолетовий і зелений) розташовуються між кожним із первинних кольорів і також утворюють трикутник. **Третинні (tertiary) кольори** отримують шляхом комбінацій первинних



і вторинних кольорів. Відомо шість третинних кольорів: червоно-жовтогарячий, жовто-жовтогарячий, жовто-зелений, синьо-зелений, синьо-фіолетовий і червоно-фіолетовий.

Дані три групи кольорів у рамках субтрактивного синтезу ще називають основними, додатковими й похідними. Однак комбінація "червоний, жовтий, блакитний/синій" не є комбінацією основних кольорів.

Для зручнішого використання складових колірних спектра було запропоновано перетворити його до вигляду спеціальної таблиці – **таблиці кольорів**. Завдяки їй відкривається можливість вибору збалансованих й ефективних комбінацій гармонійних колірних сполучень.

**Таблиця кольорів** – це поданий у формі таблиці колірний спектр. Рядки утворені послідовністю тонів кожного з кольорів спектра. Кольори, тони й відтінки пронумеровані від 1 до 96. Кольори від 97 до 106 складають ахроматичний ряд від світло-сірого до чорного.

### ***Базові колірні комбінації й стилі***

Рано чи пізно перед проблемою вибору кольору постають усі. Якщо основний колір обраний, то як підібрати додаткові? Як створити гаму естетично привабливу й навантажену одночасно? Що за послання передає колір?

Для кращої орієнтації у виборі людям потрібна допомога експертів. Споживачам необхідне керівництво під час вибору колірних рішень, які будуть гармонійно сполучатися з їх мисленням, очікуваннями, способом життя. Хоча багато рішень щодо вибору того або іншого кольору відбуваються під впливом емоцій, що виникають у результаті миттєвого зорового сприйняття, все частіше стали вдаватися до використання продуманих колірних гам.

Існують **10 еталонних базових колірних комбінацій**:

ахроматична комбінація (використовуються білий, чорний і сірий кольори);

аналогова комбінація (використовуються будь-які з послідовних гам, будь-які її тони та відтінки);

контрастна комбінація (колір сполучається з гамою, розташованою праворуч або ліворуч від доповнення);

додаткова комбінація (використовуються діаметрально протилежні кольори спектра);

монохроматична комбінація (використовується одна гама в комбінації з одним або всіма її тонами та відтінками);

нейтральна комбінація (використовується гама, що була приглушена або нейтралізована додаванням її доповнення або чорного кольору);

роздільно-додаткова комбінація (складається з однієї гами та двох гам по обидві сторони її доповнення);

первинна комбінація (складається з чистих гам червоного, жовтого та блакитного);

вторинна комбінація (складається з жовтогарячого, фіолетового та зеленого);

третинна комбінація (складається з однієї із двох комбінацій: червоно-жовтогарячої, жовто-зеленої та синьо-фіолетової або синьо-зеленої, жовто-жовтогарячої та червоно-фіолетової).

Будувати конкретну комбінацію необхідно в рамках відтворення певного стилю поліграфічної продукції. Для показу стилю продукції підбирають певні колірні комбінації, використовуючи одно- дво- або триколірні гами.

Виокремлюють такі *напрями колірного стилю*: власний, багатий, романтичний, життєрадісний, природний, дружлюбний, м'який, привітний, динамічний, елегантний, тенденційний, свіжий, традиційний, освіжаючий, тропічний, класичний, надійний, спокійний, царствений, магічний, ностальгічний, енергійний, приглушений, професійний, чистий, графічний.

Слід розглянути, наприклад, тенденційний стиль: його колірні комбінації можуть приємно шокувати – такий підхід використовують для показу в дорогих модних журналах напрямів сучасної молодіжної моди. Підхід базується на використанні у якості домінуючого кольору – кольору лікеру (шартрез). Комбінації жовто-зеленого або шартрезу в парі з їх найкращим доповненням – червоно-ліловим кольором сприймаються як шикарні.

Кожному з названих стилів притаманна своя колірна специфіка. Їх цікаві колірні комбінації можуть змусити людину раптово зупинити погляд на конкретному об'єкті, поглянути на нього з нової, несподіваної точки зору. Підкреслити оригінальність стилю можна доповненням обраної комбінації *спеціальним ефектом*, що характеризується матовістю, відбиттям та сяйвом, світлонепроникністю й фосфорицентністю – новітні напрями в дослідженні кольору для впакування продукції.

На сьогодні спеціальні флуоресцентні й металеві ефекти можуть змінити прийняте сприйняття кольору. Ці мерехтливі колірні покриття захоплюють і відбивають колір, викликаючи хвилюючі відчуття (прикладом використання цього є вітальні листівки).

## 2.2. Колірні системи

### ***Особливості структурної побудови та використання системи розташування кольорів***

Для введення в систему колірною конструювання варто розглянути 12-секторне колірне коло, що дає систему розташування кольорів. Зібравши воєдино первинні, вторинні й третинні кольори, буде отримано колірне коло (див. рис. 2.7).

*Технологія побудови 12-секторного колірного кола:*

1) три основних кольори першого порядку розміщуються в рівносторонньому трикутнику так, щоб жовтий був вгорі, червоний праворуч унизу й синій – унизу ліворуч;

2) даний трикутник вписується в коло й на його основі вибудовується рівносторонній шестикутник. У рівнобедрені трикутники, що утворилися, поміщаються три змішані кольори, кожен з яких складається із двох основних кольорів, таким чином, утворюються кольори другого порядку:

жовтий + червоний = жовтогарячий;

жовтий + синій = зелений;

червоний + синій = фіолетовий.

Усі кольори другого порядку повинні бути змішані досить ретельно. Вони не повинні схилитися до жодного зі своїх компонентів;

3) потім на деякій відстані від першого кола окреслюється інше. Отримане між ними кільце ділиться на дванадцять рівних частин, розміщаючи основні й складові кольори за місцем їх розташування й залишаючи під час цього між кожними двома кольорами порожній сектор.

У ці порожні сектори вводяться кольори третього порядку, кожен із яких створюється завдяки змішанню кольорів першого й другого порядку таким чином:

жовтий + жовтогарячий = жовто-жовтогарячий;

червоний + жовтогарячий = червоно-жовтогарячий;

червоний + фіолетовий = червоно-фіолетовий;

синій + фіолетовий = синьо-фіолетовий;

синій + зелений = синьо-зелений;

жовтий + зелений = жовто-зелений.

Таким чином, виникає *правильне колірне коло із дванадцяти кольорів*, у якому кожен колір має своє незмінне місце, а їх послідовність має той же порядок, що й у природному спектрі.

Найпростіший спосіб *підбору кольорів* у колірному колі – уявити собі над колом рівнобедрений трикутник. Кольори, які виявляться під вершинами – потенційні кандидати на використання. Цей тип підбору кольорів називається **тріадною схемою**.

Трійка лінійно незалежних кольорів називається **тріадою**.

Існує чотири різних тріадних схеми, з якими можна працювати. У процесі цього ці кольори, працюючи разом, утворюють гармонійну комбінацію кольорів (рис. 2.9).

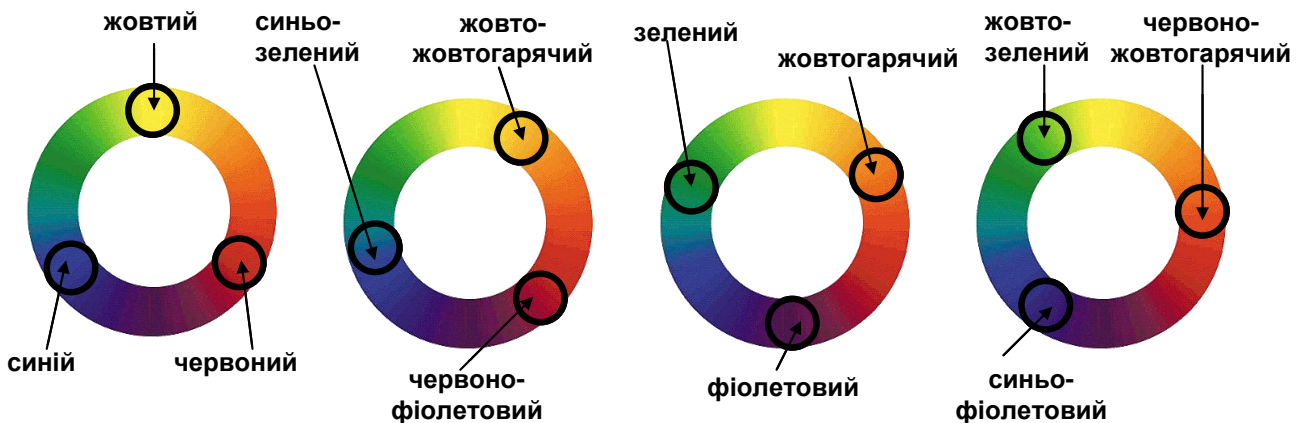


Рис. 2.9. Варіанти підбору кольорів за тріадною схемою

Але тріадами не варто обмежуватися. Можна вибрати й комплементарні кольори, тобто ті кольори, що розташовані в колі прямо навпроти один одного – наприклад, червоний і зелений. Вони називаються **комплементарними** або доповнювальними (рис. 2.10).

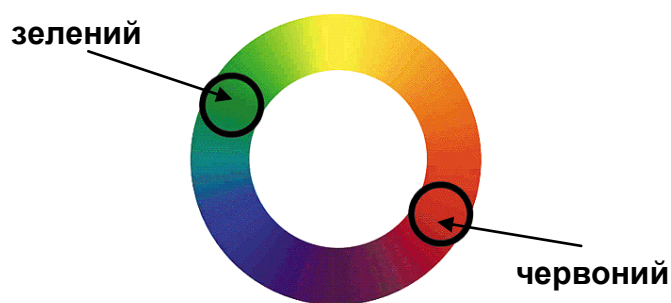


Рис. 2.10. Варіант підбору кольорів за комплементарною схемою

Унаслідок того, що розміщені поруч, вони роблять один одного яскравішими й жвавішими. Завдяки своїй специфічності (тепла гама) першим сприймається червоний, а потім – зелений. Таким чином вони ніби віддаляються один від одного. Глядач прагне скоригувати свої враження.

Око розрізняючи червоний і зелений формує відношення окремого ритму, провокуючи ефект руху. Ця робота ока сприймається людиною дискомфортна, тому застосовувати однаково домінуючі контрастні кольори потрібно обережно. Але рекомендується застосовувати окремі контрастні колірні плями для стимулювання уваги. Якщо все-таки потрібно сполучити комплементарні кольори, то рекомендується скористатися тоновими роздільниками (білим, сірим, чорним), застосувавши їх у вигляді підложки або контуру. Тонові роздільники сполучаються з усіма кольорами і є позитивним тоновим переходом між дисонуючими контрастними кольорами. Також можна застосувати колірні роздільники, використовуючи відтінки даних кольорів.

Існують і більш складні схеми:

1) можна взяти дві пари комплементарних кольорів – це називається **подвійний комплемент** (*double complement*). Прикладом такої комбінації є: жовтий і пурпурний/ліловий, та синій і жовтогарячий;

2) іншою схемою є **альтернативний комплемент** (*alternate complement*), коли комбінується тріада кольорів із кольором, комплементарним одному з кольорів тріади. Прикладом такої комбінації є: зелений, червоно-пурпурний, червоний і жовтогарячий;

3) також існує **розщеплений комплемент** (*split complement*), коли береться колір, його комплементарний колір і два прилягаючих до нього кольори;

4) останньою схемою є **тетрада**, коли беруться чотири кольори, що розташовані прямо навпроти один одного. Тобто обирають один первинний, один вторинний і два третинних кольори.

На рис. 2.11 показані приклади перерахованих вище схем.



Рис. 2.11. Варіанти підбору кольорів за схемами комплементу та тетради

Описані схеми використовують для підбору комбінацій кольорів, що контрастують. Однак існують два типи схем, де використовуються споріднені кольори, – **монохроматична** (*monochromatic*) та **подібнісна** (*analogous*). **Монохроматична** схема використовує один колір і всі його відтінки й варіації (рис. 2.12 а). У разі правильного використання ця схема дає зображенню, композиції акуратний, чистий вигляд. **Подібнісна** схема кольорів використовує кольори, які розташовані по сусідству один з одним на колірному колі (рис. 2.12 б).

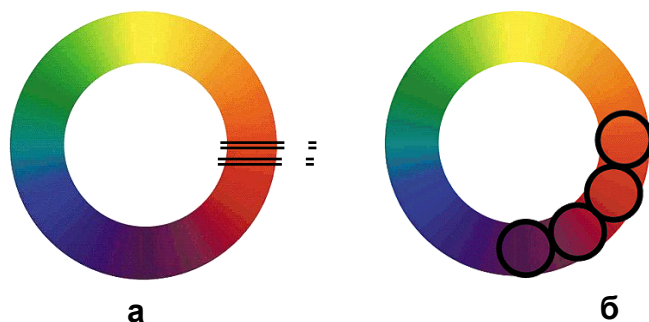


Рис. 2.12. Варіант підбору кольорів за монохроматичною та подібнісною схемами

### ***Методи сполучення кольорів***

Можливі такі методи сполучення кольорів:

метод використання прилеглих кольорів;

метод використання протилежних кольорів (метод контрастності);

метод використання природних сполучень кольорів;

метод використання кольору різного ступеня насиченості.

*Метод використання прилеглих кольорів:* маються на увазі прилеглі кольори на колірному колі. Метод базується на використанні подібнісної колірної схеми.

*Метод використання протилежних кольорів:* маються на увазі протилежні один одному кольори на колірному колі. Такий метод досить часто використовують дизайнери, наприклад, у рекламі для створення акцентів, оскільки протилежні кольори дуже контрастні щодо один одного. Метод базується на використанні комплементарної схеми, схем подвійного, альтернативного, розщепленого компліментів, тріадних схем і схеми тетради.

*Метод використання природних сполучень кольорів:* несподівані природні колірні рішення є основною (беруться за еталон), на якій базуються спеціалісти з кольору під час побудови подібних до природних колірних

комбінацій. Метод базується на використанні сполучення різних типів схем підбору кольорів.

*Метод використання кольору різного ступеня насиченості:* добре виглядають у сполученні кольори одного кольору, але різних відтінків. Подібний спосіб підкреслює важливі елементи й надає відчуття легкості зображенню. Метод базується на використанні монохроматичної схеми.

Таким чином, підбір колірної рішення є одним із важливих компонентів у поліграфії, дизайні, формуванні фірмового стилю, логотипа, етикетки, обкладинки, зображення на сторінці, на іншому задрукованому матеріалі тощо. Головне в цьому складному питанні – це те, що колірна гама не повинна стомлювати або акцентувати на собі занадто багато уваги. Інакше під час побудови гармонійних колірних сполучень обмежуються знаннями, вміннями, навичками, здатностями, фантазією, смаком розроблювача, дизайнера й напрацьованим досвідом роботи.

### 2.3. Психологія кольору

Фактори, що впливають на сприйняття кольору, можна розподілити на об'єктивні та суб'єктивні.

До *об'єктивних факторів* належать такі:

**характеристика джерела світла.** Ураховують такі складові, як спектральний склад, співвідношення червоної, зеленої й синьої складових; інтенсивність або яскравість джерела;

**характеристика передавального середовища:** скла, повітря, води тощо (з позиції ступеня поглинання/пропущення/відбиття світла);

**характеристика самого об'єкта або суб'єкта,** тобто з якого матеріалу виготовлений, темного або світлого тону, поглинає або відбиває світло визначеної довжини хвилі;

**характеристика й структура приймача:** людських очей, фотоапарата, денситометра тощо;

**висвітлення,** що є ключовим фактором для правильного кольоро-відтворення;

**колір навколишніх об'єкт елементів, сусідні кольори;**

**перспектива сприйняття.**

Слід розглянути суб'єктивну сторону психологічного сприйняття кольору.

Колір впливає на фізіологічні процеси людини й на його психологічний стан. Знаючи особливості кожного кольору, можна сформувати певний образ, викликати певні емоції, асоціації.

Відтінків існує безліч, однак у кожної людини є улюблені, вибір яких пов'язаний, як стверджують психологи, з особливостями окремої особистості. Тому під час вибору колірної гами потрібно опиратися й на **передбачуваний психологічний портрет середньостатистичного глядача**, що є (або буде) споживачем продукції.

Колір треба підбирати *залежно від цільової групи*. Необхідно *враховувати психологію кольору*, що виникає в результаті емоційної реакції внаслідок переваг групи залежно від віку, статі, національності, місця проживання тощо.

Необхідно розглянути *суб'єктивні фактори*:

1) **стать**. Чоловіки сприймають кольори не так, як жінки. Вони, в основному, віддають перевагу монохроматизму, комбінаціям схожих кольорів. Серед хроматичних кольорів особливо популярні відтінки блакитного або природні відтінки, тоді як жінки віддають перевагу складним гамам;

2) **вік**. Чим старше покоління, тим більше їх приваблюють чисті тони (за твердженням експертів "Колор Маркетинг Груп" з віком зменшується здатність розрізняти відтінки), вони намагаються оточувати себе м'якими, спокійними тонами.

Так, наприклад, кваліфіковані дизайнери використовують під час розроблення дизайну сайту для молодшої аудиторії більш яскраві, помітні кольори, тоді як для старших/дорослих людей – повинні використовуватися більш помірні, спокійні й стримані кольори.

Дослідження довели, що досліджувані люди молодшого віку частіше обирали яскраві й світлі кольори, ніж літні люди. Це ж стосується, у цілому, чоловіків порівняно з жінками. Однак для випробуваних у віці від 45 до 54 років виявилася зворотна тенденція – жінки цього віку віддавали перевагу яскравим кольорам майже у два рази частіше, ніж чоловіки.

У процесі обґрунтування свого колірної вибору, наприклад, діти не спираються на предметні асоціації кольору, а виходять із враження від нього. Яскраві кольори їх радують й приваблюють, погляд дитини сам тягнеться за таким кольорами. Причому, слід зазначити, що вплив червоного, жовтого й інших яскравих кольорів не дратує дітей молодшого віку, а навіть заспокоює, дозволяє дитині почувати себе комфортно.



Наприклад, виконуючи завдання намалювати щось "гарне", "приємне" діти чотирьох років, як показано в роботі В. С. Мухіної (1981 р.), найчастіше використовували світлі, яскраві фарби – жовту, червону, жовтогарячу, блакитну, смарагдово-зелену. Колірне сприйняття гарного у дітей всіх країн подібне: кольори в більшості випадків теплі й обов'язково чисті – такий вибір кольору для зображення гарного у дітей;

3) **фізичний стан.** У стресовому стані у людини різко загострюється сприйняття кольорів, у той час як у разі загальної стомленості – навпаки, притупляється;

4) **час.** Кількість сприйнятих людиною відтінків кольору залежить від часу розгляду зображення. Чим довше людина вдивляється в зображення, тим більше відтінків кольору й деталей зображення вона здатна розрізнити (однак у разі довгого роздивляння зображення накопичується втома й погіршується загальний фізичний стан);

5) **характер.** Колір, якому людина віддає перевагу, багато може розповісти про її характер та емоційний склад. Одним із небагатьох використовуваних у психології понять, що відносяться до сфери характеру, є поняття "екстраверсії-інтроверсії", введене К. Юнгом (1924 р.). Кількість кольорів, яким віддають перевагу інтроверти, в два рази менша, ніж у екстравертів. Щодо кольорів, то червоний, жовтий, жовтогарячий – кольори екстраверсії (тобто імпульсу, поверненого назовні), а синій, фіолетовий, зелений – кольори інтроверсії (тобто імпульсу, поверненого всередину).

На підставі переваги того або іншого кольору можна зробити висновки про психологічні особливості людини:

**білий:** цьому кольору може віддати перевагу людина з будь-яким характером, він нікого не відштовхує;

**чорний:** колір непевності, що символізує похмуре сприйняття життя. Постійний вибір чорного свідчить про наявність якогось кризового стану й характеризує агресивне неприйняття світу або себе;

**сірий:** улюблений колір розважливих і недовірливих натур, які довго думають, перш ніж прийняти яке-небудь рішення. Це люди – спостерігачі, а не діячі. Вони стримані й не люблять приймати рішень, відкладають їх наскільки дозволять обставини. Це також нейтральний колір, що обирають ті, хто боїться занадто голосно заявити про себе. Якщо ж цей колір не подобається, то це показник імпульсивного, легковажного характеру;

**червоний:** якщо це улюблений колір, то така людина смілива, це вольовий, владний тип, запальний, динамічний і товариський. До того ж –

альтруїст. У людей, яких цей колір дратує – комплекс неповноцінності, страх перед сварками, схильність до самоти, стабільності у відносинах. Відраза, ігнорування червоного відображає органічну слабкість, фізичне або психічне виснаження. Червоний колір найбільше пасує підліткам;

**коричневий:** вибирають ті, хто твердо й упевнено став на ноги, любить друзів і відданий їм. Люди, які мають слабкість до нього, цінують традиції, родину. Для них чимале значення має почуття комфорту. Перевага коричневого відображає, насамперед, прагнення до простих інстинктивних переживань, примітивних почуттєвих радощів. Разом із тим вибір цього кольору як основного вказує на певне фізичне виснаження. У нормі, поряд із чорним, коричневий колір відкидається найбільш часто;

**жовтий:** символізує спокій, невимушеність у відносинах із людьми, інтелігентність. Коли він є улюбленим, це означає товариську, цікавість, сміливість, легку пристосовність і одержання задоволення від можливості подібатися. Ці люди життєрадісні й повні оптимізму; якщо в них щось не виходить – намагаються змінити своє життя. Вони непередбачені й мають безмежну допитливість. Коли ж колір неприємний, то йдеться про людину зосереджену, песимістично налаштовану, з якою важко зав'язати знайомство;

**синій:** колір спокою та розслаблення. Якщо він подобається, то це говорить про скромність і меланхолію; такій людині часто потрібно відпочивати, вона швидко утомлюється, їй надто важливі почуття впевненості, доброзичливості навколишніх. Байдужність до цього кольору говорить про легкодумство у сфері почуттів, хоча й прихованих під маскою ввічливості. Вибір синього кольору як основного відображає фізіологічну й психологічну потребу людини в спокої, а заперечення його означає, що людина уникає розслаблення. Під час захворювання або перевтоми потреба в синьому кольорі збільшується;

**зелений:** той, хто віддає йому перевагу, любить почувати себе в безпеці; він марнує час і сили на інших, а в суперечках аргументовано відстоює свою точку зору. Такі люди бояться чужого впливу, шукають спосіб самоствердження, тому що для них це життєво важливо. Той, хто його не любить, боїться життєвих проблем, взагалі всіх труднощів. Зелений колір містить приховану потенційну енергію, відображає ступінь вольової напруги, тому люди, що віддають перевагу зеленому кольору, прагнуть до самовпевненості й упевненості взагалі. Люди ж ексцентричні, що досягають поставлених завдань не цілеспрямованою вольовою активністю, а за допомогою емоцій, відкидають зелений колір як "несимпатичний". Зелений

колір відкидають і люди, що перебувають на межі психічного й фізичного виснаження;

**жовтогарячий:** улюблений колір людей, що володіють гарною інтуїцією, мрійних натур. Той, хто віддає йому перевагу, полюбляє спілкування й багатолюддя, відрізняється життєрадісністю та імпульсивністю;

**рожевий:** колір говорить про необхідність любити й бути добріше. Ті, кому він подобається, можуть розхвилюватися із найнезначнішого приводу. Ці люди чутливі, милі й доброзичливі й не проти повернутися до пори романтичної юності, мріють про любов. У людей же найбільш прагматичних цей колір викликає роздратування;

**фіолетовий:** колір символізує властиві людині інфантильність і сугестивність, потребу в підтримці, опорі. Вибір або заперечення даного кольору є своєрідним індикатором психічної зрілості. Ці люди недовірливі, а тому полюбляють напускати на себе загадковість;

б) **переваги.** Колірні переваги можуть свідчити (з певним ступенем ймовірності) про характер людини, їх особисті та ділові якості. Істотним тут є "аура" особистості.

Наприклад, можуть існувати такі колірні переваги:

світловолосі, блакитноокі люди з рожевою шкірою обличчя, як правило, працюють з дуже чистими кольорами та великою кількістю чітко помітних тонів; їх колірна гама може бути більш блідою або більш яскравою;

люди із чорним волоссям, темною шкірою й темно-коричневими очами головну роль у сполученнях відводять чорному кольору, а чисті кольори дають у супроводі чорного;

люди з рудими волоссям і рожевою шкірою воліють працювати інтенсивними кольорами (жовтий, червоний і синій).

Як правило, люди, яких відносять до інтелектуальної еліти, уникають у повсякденному житті особливо яскравих відтінків, віддаючи перевагу спокійним, пастельним тонам;

7) **мислення.** Йдеться не про інформаційний, а про енергетичний бік колірного впливу, і тим самим не про зміст розумового процесу, а про його динамічні характеристики. У різних колірних середовищах людині "думається" по-різному: колірний вплив може або перешкоджати, або сприяти вирішенню завдання, ухваленню покупцем рішення щодо придбання певної продукції. Слід розглянути на прикладі друкованої літератури: для шкільної, студентської аудиторії не рекомендується фарбування

темними, "холодними" тонами. Подібні кольори викликають гальмування й знижують ефективність розумової діяльності. Навпаки, кольори "активної сторони" поліпшують розумову діяльність, підвищують її продуктивність;

8) **емоції**. Коли говорять: "почорнів від горя"; "почервонів від гніву", "позеленів від злості", "посірів від страху", то не сприймають ці вирази буквально, а інтуїтивно позв'язують емоційні переживання людини зі здатним виразити їх кольором. Психічно здорова людина як доросла, так і дитина, починаючи з чотирьох років, може "закріплювати" за певним кольором певні емоції. Наприклад, жовтий (подив), зелений (подив та зацікавленість), сірий (стомленість, смуток), червоний (гнів, радість) та ін.

У 1947–1948 рр. була виявлена помітна зміна колірної чутливості (порогів кольоророзрізнення) залежно від емоційного стану людини. Позитивні емоції, наприклад радість, виявилися пов'язаними з підвищенням чутливості до червоного та жовтого й зі зниженням – до синього і зеленого. У разі переживань негативних емоцій спостерігалася зворотна картина: чутливість до синього та зеленого зростала, а до жовтого й червоного знижувалася. Зазначені зміни колірної чутливості відзначалися не тільки під час актуальних переживань емоцій, але й під час спогадів про приємну або неприємну події. Дослідження підтвердило зв'язок між емоційними відчуттями і кольором.

Ще однією цікавою з позиції наявності даного взаємозв'язку є робота В. Н. Ворсобіна (1980 р.). У ній вивчалася динаміка колірних переваг дошкільників залежно від пережитих ними емоцій. У випадках переживання дітьми емоцій радості значно збільшувалася перевага червоного, жовтого і жовтогарячого кольорів і зменшувалася – зеленого і блакитного (аналіз проводився за колірними сполученнями). Під час переживання емоції страху діти рідше віддавали перевагу сполученню червоний – синій – фіолетовий, а частіше – зелений – блакитний. Автор роботи прийшов до висновку, що ставлення в дітей даного віку до червоного кольору досить специфічно для диференціації емоцій радості й страху, а сам метод вибору колірних сполучень несе більшу інформацію про емоційний стан дітей, ніж вибір окремих кольорів.

Одним із факторів, що впливають на емоційне переживання людини, є *форма предмета* або плями, що несе даний колір. Враження, що вироблене кольором, тісно пов'язане із предметною структурою об'єктів (рис. 2.13).

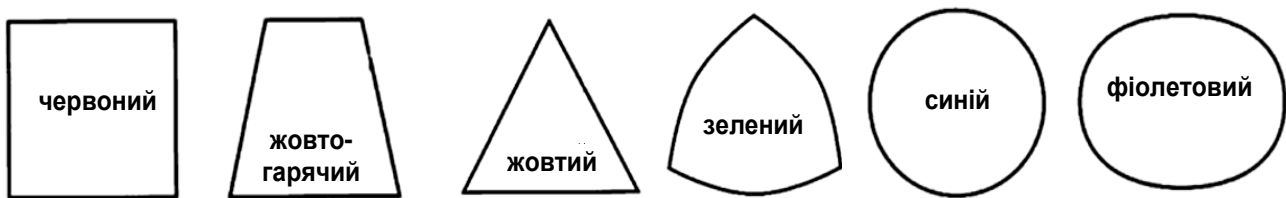


Рис. 2.13. Підпорядкованість кольору формі

*Форма й колір повинні підтримувати один одного.*

***Там, де колір і форма погоджені у своїй виразності, їх вплив на глядача подвоюється.***

Продукція, вплив якої визначається головним чином кольором, повинна підкоряти форму в її композиції кольору. Як для трьох основних кольорів, так і для трьох основних форм (квадрата, трикутника й кола) повинні бути знайдені властиві їм виразні характеристики:

*квадрат:* йому відповідає червоний колір як колір матерії. Вага й непрозорість червоного кольору погоджуються зі статикою й важкою формою квадрата;

*трикутник:* до трикутників відносять усі форми діагонального характеру, як наприклад, ромби, трапеції, зигзаги і їх похідні. Трикутник – символ думки і його невагомий характер дозволяє порівнювати його в області кольору з ясно-жовтим;

*коло:* символ постійно рухливої духовності. У древньому Китаї планування храмів будувалося на основі кола, у той час як палац земного імператора зводився на основі квадратних форм. До кола зараховуються всі вигнуті форми колоподібного характеру, такі, як еліпс, овал, хвилеподібні форми параболи і їх похідні. Безперервному руху кола в області кольору відповідає синій колір.

Якщо для кольорів другого порядку підшукати відповідні їм форми, то для жовтогарячого – це буде трапеція, для зеленого – сферичний трикутник і для фіолетового – еліпс.

Таким чином, існує підпорядкованість певного кольору відповідної йому формі.

***Особисто-орієнтоване спрямування колірною поданням й колірні асоціації***

Одержання особисто-орієнтованого подання забезпечується за рахунок здійснення цілеспрямованого процесу формування певних (потрібних) асоціацій у споживачів продукції.

Правильно підібрані кольори можуть як привернути увагу до зображення, так і відштовхнути від нього. Можна викликати радість, інтерес, тугу, страх, нудьгу всього лише зміною тону. Шляхом використання колірної комбінації можна зробити графічний дизайн притягучим, а звичайний постер – спогадом про минуле.

Явище колірних асоціацій полягає в тому, що колір збуджує ті або інші емоції, відчуття, тобто впливом кольору збуджуються інші органи почуттів, а також уява, пам'ять про бачене або пережите.

Колірні асоціації можна *класифікувати* в такий спосіб:

вагові (легкі, важкі, повітряні, невагомі...);

температурні (гарячі, теплі, холодні, полум'яніючі, льодові...);

дотикальні (м'які, тверді, колючі, ніжні...);

просторові (виступаючі, відступаючі, близькі, далекі...);

акустичні (тихі, голосні, дзвінкі, музичні, свистячі, гавкаючі...);

смакові (солодкі, смачні, гіркі, сухі...);

вікові (дитячі, молодіжні, старечі...);

сезонні (весняні, літні, зимові, осінні...);

етичні (мужні, сентиментальні, сміливі...);

емоційні (веселі, сумні, нудні, спокійні, драматичні, трагічні...);

культурні (які нагадують колорит яких-небудь явищ культури – від живопису знаменитих художників до виробів кулінарного мистецтва).

Під час психологічного впливу кольору йдеться про почуття переживання, які людина випробовує під впливом конкретного кольору. Так, наприклад, червоний і жовтогарячий викликають прилив енергії, фіолетовий та темно-сірий – пригнічують, зелений та блакитний – загальмовують тощо.

Неважко побачити, що майже будь-який прикметник українською мови може характеризувати колір. Так, наприклад, "жовтий" – персиковий, золотавий, пісковий, солом'яний, лимонний, вершковий, слонової кістки, тілесний, кремовий, палевий, чайної троянди, виноградний, банановий.

Різні кольори можуть асоціюватися з особистісними характеристиками людей; іншими словами, людина приписує кольору властивості, якими він (за визначенням) не володіє:

*синій* – чесний, справедливий, незворушний, сумлінний, добрий, спокійний;

*зелений* – черствий, самостійний, незворушний;

*червоний* – чуйний, рішучий, енергійний, напружений, метушливий, дружелюбний, упевнений, товариський, дратівливий, сильний, чарівний, діяльний;

*жовтий* – говіркий, безвідповідальний, відкритий, товариський, енергійний, напружений;

*фіолетовий* – несправедливий, нещирий, егоїстичний, самостійний;

*коричневий* – поступливий, залежний, спокійний, сумлінний, розслаблений;

*чорний* – непривабливий, мовчазний, упертий, замкнутий, егоїстичний, незалежний, ворожий, відлюдний;

*сірий* – пасивний, млявий, невпевнений, несамотійний, слабкий.

Багато діячів мистецтва відчували "звучання" кольору або "фарбування" звуку. Серед них – композитори Скрябін, Римський-Корсаков, Дебюссі, поети й письменники Рене Гіль, В. Набоков, В. Хлебніков й ін.

Так, наприклад, Римському-Корсакову здавалося, що у свій особливий колір пофарбовані різні музичні тональності:

до мажор -- у білий, ре мажор – у жовтий, мі мажор – у синій, фа мажор – у зелений.

У Рене Гіля букви (звучання букв) отримали таке фарбування:

"у" – від чорного до рудого, "о" – червоний, "а" – рожевий, "е" – від рожевого до блідо-золотого, "ю" – золотий, "и" – блакитний.

Людина несвідомо асоціює деякі предмети, об'єкти, поняття з певними кольорами.

Будь-які асоціації нерідко досить прості (червоний – вогонь, кров; жовтий – сонце й т. д.). Складність полягає у тому, що тому самому абстрактному поняттю відповідають різні кольори. Так, поняття "любов": любов матеріальна (білий), до Бога (синій), до себе (жовтий), до коханого (червоний), до друга (зелений).

Варіювання насиченістю змінює асоціацію кольору: червоний – любов, а отриманий з додаванням білого рожевий – ніжність; з додаванням чорного отриманий бордовий – аморальність.

Колірна гама може вражати, заспокоювати або зачаровувати.

Вплив кольору можна розподілити на **фізіологічний** (терапевтичний), **психологічний та естетичний**. Цими факторами обумовлені колірні асоціації й символіка кольору. Прикладом *фізіологічного та терапевтичного впливу* кольорів є те, що вони застосовуються для лікування захворювань. Наприклад, синій колір застосовується для лікування ендокринної сфери, нирок, легенів, верхніх дихальних шляхів, захворювань ока; ефективний для лікування дитячих інфекцій, коклюшу, жовтяниці; особливо значний вплив цього кольору на нервову систему. Синім світлом лікують безсоння, шизофренію, істерію, маніакально-депресивний психоз, епілепсію.

Таким чином, під час розроблення колірної рішення оформлення продукції (вигляду її етикетки, упаковки тощо), наприклад, що буде спрямована на лікування конкретного захворювання, необхідно використовувати призначені для цього кольори, щоб розташувати споживача на покупку й не завдати шкоди рекламній кампанії товару.

З позиції психологічного впливу кольори мають таке змістовне навантаження (слід розглянути, як приклад, деякі з них):

а) **червоний** колір підходить для підкреслення агресивності, активності; для вираження пристрасті, бажання, жорстокості (колір крові); для підкреслення розкоші, багатства (особливо в сполученні із чорним).

Даний колір найкраще використовувати для виділення невеликих деталей оголошення/каталогу, це відразу привертає до себе увагу, у той час як надмірне його використання здатне викликати у споживача агресивність і навіть роздратування предметом реклами;

б) **жовтий** колір підходить для передачі радісного настрою, оптимізму. Це колір золота, тому у багатьох він асоціюється з успіхом, багатством і розкішшю.

Даний колір найкраще використовувати для реклами товарів типу "хай-тек"; колір буде вдалий у рекламі дитячих товарів, послуг туристичних компаній, а також рекламних і PR-агентств;

в) **жовтогарячий** колір підходить, якщо необхідно підкреслити сучасність, динамічність і оптимізм. Багато компаній, які обирають основною рисою свого бренду сучасність, вибирають жовтогарячий як "фірмовий" колір. Особливо поширено це серед операторів стільникового зв'язку. Для створення яскравого плаката жовтогарячий фон – банальний, однак, практично ідеальний варіант. Жовтогарячий дуже добре виглядає в сполученні із блакитним. Даний колір найкраще використовувати в рекламі медикаментів, дитячих товарів, а також послуг у сфері охорони здоров'я й освіти;

г) **зелений** колір підходить для передачі життя в усіх її біологічних проявах і зв'язку із природою. Даний колір найкраще використовувати в рекламі медикаментів, водоочисних систем, стоматологічних клінік і аптек, ветеринарних лікарень, центрів здоров'я й охорони навколишнього середовища. Він може бути як теплим, так і холодним. Це найприродніший і "найживіший" колір. У цьому й полягає його основне призначення в дизайні, поліграфії – передавати зв'язок об'єкта, предмета, явища із природою;



д) **блакитний** колір заспокоює й прохолоджує. Подібний ефект пояснюється асоціаціями з холодною водою й льодом. Однак він інколи викликає почуття відчуженості. Колір символізує спокій та благополуччя, викликає повагу, довіру, надію та створює відчуття цілісності;

е) **синій** використовується, щоб підкреслити спокій і чистоту. Так, майже всі якісні засоби, що чистять, мають або синій, або блакитний колір і це не випадково. Вчені довели, що саме ці кольори асоціюються в більшості людей із чистотою. Даний колір найкраще використовувати для деталей у каталозі або рекламному проспекті – відразу привертає до себе увагу й, на відміну від червоного, ніколи не викличе негативних емоцій. Варіювання насиченості та яскравості чисто синього кольору дає більшу гаму відтінків (але, через особливості СМҮК системи саме синій гірше за все відображається під час друку);

є) **рожевий** є кольором апетиту. Він дуже інтенсивно використовується в харчовій промисловості. Діапазон використання цього кольору може бути найширшим: від реклами парфумерної продукції, товарів для жінок і дітей до послуг шлюбних агентств і сімейних центрів;

ж) **фіолетовий** колір підходить для створення містичного настрою, підкреслення загадковості, зосередженості. Колір рекомендується використовувати, якщо рекламується товар, за допомогою якого підкреслюється його креативність. Він здатний створювати відчуття тісноти, обмеженості простору, а також дуже швидко стомлює й призводить до зниження активності. Це дуже важкий для сприйняття колір, у природі він (у чистому вигляді) практично не зустрічається;

з) **чорний** колір належить до "класики", створюючи певний стиль. Цей колір тією чи іншою мірою може сполучатися з усіма іншими кольорами. Це колір розкоші, особливо в сполученні із червоним. У наших традиціях прийнято відносити його до жалобного кольору. Він сприяє самозануренню, допомагає від усього відгородитися, замкнутися й сконцентруватися. У чорному приходять відчуття самотності й ізоляції від навколишнього світу. Саме тому даний колір у поліграфічній рекламі краще не використовувати. Ця рекомендація, зрозуміло, не поширюється на шрифти й таблиці, саме у відношенні до них, за рідкісним винятком, краще не експериментувати;

и) **білий** колір завдяки асоціації із прозорим повітрям викликає почуття легкості, волі; символізує чистоту, добро, істину, ясність. Часто використовується під час створення фону. Сам по собі білий колір не несе ніякої інформації, але з усіма іншими кольорами добре komponується,

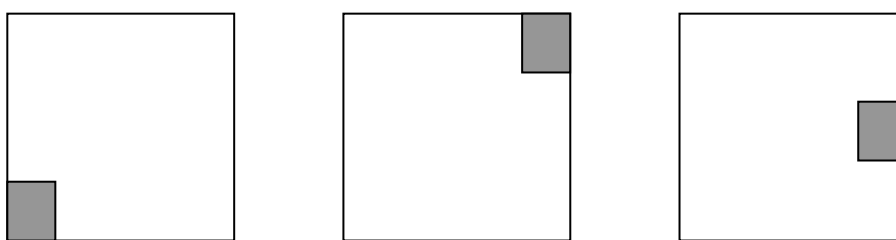
створюючи світліші тони. Використання даного кольору в друкованій рекламі здатне створити нейтральний ефект – коли споживачеві реклами просто повідомляється інформація про товар, без установлення яких-небудь акцентів і пріоритетів.

### ***Психологія сприйняття кольору***

Психологічний вплив на людину надають не тільки окремі кольори, але й колірні сполучення. За ступенем погіршення сприйняття вони розташовуються таким чином:

синій на білому;  
чорний на жовтому;  
зелений на білому;  
чорний на білому;  
зелений на червоному;  
червоний на жовтому;  
червоний на білому;  
жовтогарячий на чорному;  
чорний на пурпурному;  
жовтогарячий на білому;  
червоний на зеленому.

Психофізіологічний вплив колірних сполучень залежить від більшої або меншої насиченості кольорів, розміру колірних плям, відстаней і напрямків, звідки впливають кольори. Так, колір розташований по вертикалі, сприймається легким, по діагоналі – динамічним, по горизонталі – стійким. Якщо напруга кольору внизу – композиція природна й стійка; вгорі – неприродна, така, що тисне; з будь-якого краю – нестійка (рис. 2.14).



**Рис. 2.14. Вплив напруги кольору**

Певні кольори володіють більшою ("активні") або меншою ("пасивні") силою емоційного впливу. Концентрація активного кольору в правому верхньому куті активізує композицію, все збільшує у розмірі. У лівому нижньому куті – створює ілюзію пасивності й зорового стиснення, руху назад.

### ***Порівняльний аналіз сприйняття кольорів у різних країнах***

Люди різних культур сприймають колір по-різному внаслідок національних традицій, культурних особливостей та ін. Погляди на колір навіть близьких людей не збігаються.

Не тільки різні люди реагують на той самий колір по-різному, але й цілі народи. Це пов'язано із традиціями, у яких виховувалася нація. Наприклад, у європейських країнах білий – це колір чистоти й невинності, а в деяких східних народів даний колір є кольором жалоби.

Відношення до кольору в кожній країні своє, існує навіть своя національно-культурна специфіка, яку необхідно враховувати, займаючись розробленням колірних рішень, наприклад, для рекламної продукції для представника тієї або іншої країни.

У цілому, чим ближче до Сходу, тим більше значення надається символіці кольору. Так, у Китаї червоний колір означає доброту й відвагу, чорний – чесність, а білий, на відміну від загальноприйнятого європейцями символу чистоти й святості, асоціюється з підлістю й облудністю. В Азії до білого кольору ставляться з більшою повагою, ніж на Заході. Жовтий колір, більш ніж де-небудь, шанують у Таїланді – причини цього криються в релігії. А в країнах із посушливим кліматом зелений колір вважають кольором сили.

Один із найхарактерніших способів осмисленого підходу до використання кольору можна простежити в основі символізму – геральдиці й вексилології (науки про прапори). Герби й прапори зобов'язані бути наочними, пізнаваними й нести закодовану інформацію. За частотою використання у сучасних прапорах застосовуються: червоний, білий, синій, жовтий, чорний. Аналогічна ситуація виникає під час розроблення фірмового стилю й торговельних марок підприємств. Обране колірне рішення повинне символізувати пріоритети даної компанії або продукції. У разі правильного вибору кольорів і їх сприятливого подання у споживачів активізується бажання придбати рекламований товар.

*Дизайнери й поліграфісти, використовуючи свої знання способів впливу різних кольорів, впливають на споживацький контингент. Вони допомагають виробникам за допомогою кольорів переконати споживачів купити певний товар.*

Слід розглянути приклади *суперечливого значення кольорів*:

**червоний колір:** парадний, святковий колір краси й здоров'я (для України, Росії); знак попередження й стоп-сигнал (в усьому світі); колір доброти й відваги (для США, Китаю);

**жовтий колір:** тепло, веселощі (для України), знак смерті (для Сирії), ознака розпачу (для Бразилії), влада (для Китаю), колір боягузів, негідників і єретиків (у міфології), процвітання (для США);

**блакитний колір:** вірність (для США), жалоба (для Китаю);

**зелений колір:** надія (для США), найбільш популярний (для Австрії), колір смерті (для Єгипту), колір процвітання і благополуччя (для Індії);

**чорний колір:** символізує складність й надзвичайність ситуації (для США), жалоба (для західних країн), колір веселощів (для Японії), чесність (для Китаю);

**білий колір:** підлість, облудність (для Китаю), жалоба (для Японії);

**фіолетовий колір:** жалоба (для Китаю), сум (для Індії).

Колірне рішення повинно викликати конкретні (позитивні) емоції, тому не слід забувати про специфіку колірною сприйняття людей, що обумовлена національно-культурним фактором.

## 2.4. Сполучення і шрифт

Текст обов'язково повинен бути читабельним, але необов'язково чорним. Досить, щоб він був у контексті з іншими кольорами й не затьмарювався ними.

Під **кольором шрифту** (*type color*) у поліграфії розуміють загальний відтінок блоку тексту. У світлих шрифтів типу *Helvetica Light* світлий колір, оскільки наноситься дуже мало фарби; насичені ж шрифти типу *Cooper* або *Arial Black* виглядають набагато темніше, тому що фарби наноситься більше. Але колір шрифту залежить не тільки від гарнітури, на сприйняття впливають й інші фактори: міжбуквенний інтервал (кернінг) і міжрядковий інтервал (інтерліньяж).

Крім контрастності, для зорового сприйняття шрифту важливий ще колір, яким друкуються літери. Не рекомендується зловживати багатокольоровістю під час вибору шрифтів. Бувають, звичайно, випадки, коли наявність великої кількості кольорів виправдана (наприклад, на сайтах, призначених для дітей). Але, звичайно, надлишок кольорів свідчить про непрофесіоналізм.

### **Основні фактори**

Під час здійснення вибору того або іншого колірною рішення розроблювач вирішує *два завдання*:

- 1) завдання вибору кольору об'єкта (тексту або малюнка);
- 2) завдання вибору кольору фону.

У рамках кожного із завдань, силу впливу кольору визначають *два фактори*: яскравість та розмір колірної площини.

Яскраві кольори можуть викликати стомлення очей, тому що для точного фокусування хвиль різних кольорів на сітківці кришталік повинен змінювати свою форму. Переведення погляду з об'єкта одного кольору на об'єкт іншого кольору викликає необхідність зміни форми кришталіка, що здійснюється спеціальними м'язами. Насичені кольори змушують ці м'язи працювати інтенсивніше, що й приводить до втоми.

Використання насичених кольорів може викликати помилкове сприйняття глибини різних об'єктів. Це пов'язано з тим, що об'єкти, пофарбовані в різні насичені кольори, перебуваючи на однаковій відстані від спостерігача, сприймаються ним як такі, що перебувають на різних відстанях. Використання насичених кольорів викликає асоціацію "плавання" пофарбованих різним чином об'єктів, перед площиною, наприклад, екрана, або за нею. Іншою причиною використання яскравих, насичених кольорів є те, що вони відволікають увагу від інших об'єктів.

Цікавою особливістю зору є те, що у разі зменшення площі, що займає певний колір, кількість відтінків, які око здатне розрізнити, зменшується, і більшість кольорів починають виглядати тьмяними й темними.

За традицією рекомендується вибирати висококонтрастні кольори для фону й переднього плану, наприклад, чорний текст на білому фоні або навпаки. Передбачається, що поряд з іншими прийомами це підвищує легкість для читання. Особливості розміщення:

1) темні кольори завжди "придушують" світлі. Якщо напис білого кольору розмістити на чорному фоні, то він буде здаватися "тонше" за тих же самих параметрів шрифту;

2) сильні колірні ефекти можливі лише у великих і жирних шрифтах. Дрібні й світлі шрифти нівелюють колірний ефект (червоний блякне до рожевого, жовтий розчиняється у білому й т. д.).

Вибір конкретного сполучення кольорів тексту й фону визначається такими *факторами*:

особливостями сприйняття окремих кольорів і комбінацій користувачем;

колірними перевагами користувачів;

колірними очікуваннями користувачів.

Важливим є й питання, що стосується колірних очікувань. Традиційно червоний колір слугує для залучення уваги до деяких критичних моментів, зелений – для індикації успішно виконаних дій і процесів, які перебува-

ють у стані виконання. Таким чином, використання цих кольорів у книгах повинне відповідати їх традиційному використанню в інших сферах. Наприклад, виділення червоним кольором може попереджати про помилковий вибір деякої дії.

Використання темних символів на світлому фоні значно зменшує час рішення завдань. Серед кращих комбінацій можна зазначити такі: чорні символи на червоному, жовтому, блакитному й білому фонах. У групу "поганих" сполучень включений зелений текст на жовтому або білому фонах, жовтий на чорному або білому, синій на зеленому або жовтому, блакитний на білому й білий на блакитному. У ході використання суцільного чорного фону може виникнути ілюзія різної відстані до символів різних кольорів, які перебувають на даному фоні.

*Рекомендації до використання колірних рішень під час оформлення поліграфічної продукції:*

зі збільшенням кількості об'єктів на сторінці кількість кольорів, які використовуються у виданні, повинна зменшуватися;

для забезпечення чіткості подання навчального матеріалу необхідно підбирати найбільш контрастні комбінації сполучень кольорів;

у рамках зони периферійного зору (наприклад, для плакатів) необхідно використовувати білий колір;

для оформлення однієї сторінки підручника необхідно використовувати не більше семи різних кольорів;

необхідно використовувати однакові колірні рішення в рамках усього оброблюваного матеріалу (наприклад, книги).

### ***Типи колірних контрастів***

Виокремлюють сім *типів колірних контрастів*:

1) **контраст колірних зіставлень** (жовтий, червоний і синій кольори володіють значно вираженим колірним контрастом. Рекомендується використовувати незатемнені кольори першого й другого порядку);

2) **контраст світлого й темного** (білий і чорний кольори є найбільш значним виразним засобом для позначення світла й тіні);

3) **контраст холодного і теплого** (наприклад, тінювий-сонячний);

4) **контраст додаткових кольорів** (наприклад, пари додаткових кольорів: жовтий – фіолетовий, жовтогарячий – синій, червоно – жовтогарячий, синьо – зелений і т. д.);

5) **симультанний контраст** (це явище, за якого людське око під час сприйняття якого-небудь кольору негайно ж вимагає появи його додаткового кольору, і якщо такого нема, то симультанно, тобто одночасно,

породжує його самого. Цей факт означає, що основний закон колірної гармонії базується на законі про додаткові кольори. Симультанно породжені кольори виникають лише як відчуття й об'єктивно не існують);

6) **контраст колірною насичення** (слова "контраст насичення" фіксують протилежність між кольорами насиченими, яскравими й блякими, затемненими);

7) **контраст колірною поширення** (характеризує розмірні співвідношення між двома або декількома колірними площинами. Його сутність полягає у протиставленні між "багато" й "мало", "великий" і "малий" тощо).

Окремо існує й поняття **крайового контрасту**, за якого рівномірно пофарбована поверхня здається по краях світлішою або темнішою, якщо вона межує із більш темною або світлою поверхнею.

### **Висновки та узагальнення**

Серед найбільш цікавих нормативних теорій та класифікацій побудови гармонійних сполучень кольорів доцільно виокремити такі: теорія Рудольфа Адамса, теорія Альберта Манселла, теорія Вільгельма Освальда, теорія В'ячеслава Максимовича Шугаєва, класифікація колірних гармоній Брюкке, класифікація колірних гармоній Б. М. Теплова, теорія гармонійних сполучень В. Козлова.

Процес побудови колірної гармонії може відбуватися за допомогою використання образів-моделей геометричних фігур.

До базових колірних комбінацій відносяться такі: ахроматична, аналогова, контрастна, додаткова, монохроматична, нейтральна, роздільно-додаткова, первинна, вторинна, третинна.

До напрямів колірною стилю належать такі: власний, багатий, романтичний, життєрадісний, природний, дружелюбний, м'який, привітний, динамічний, елегантний, тенденційний, свіжий, традиційний, освіжаючий, тропічний, класичний, надійний, спокійний, царствений, магічний, ностальгічний, енергійний, приглушений, професійний, чистий, графічний.

Методи сполучення кольорів розподіляються на: метод використання прилеглих кольорів, метод використання протилежних кольорів (або метод контрастності), метод використання природних сполучень кольорів, метод використання кольору різного ступеня насиченості.

Фактори, що впливають на сприйняття кольору розподіляються на об'єктивні та суб'єктивні.

## Теоретичні запитання

1. Які існують нормативні теорії представлення колірних сполучень?
2. Наведіть класифікацію колірних гармоній Брюкке.
3. Наведіть класифікацію колірних гармоній Б. М. Теплова.
4. Розкрийте змістовне навантаження теорії В. М. Шугаєва.
5. Розкрийте змістовне наповнення теорії В. Козлова.
6. Розкрийте сутність підходу використання геометричних фігур під час побудови гармонійних колірних сполучень. Наведіть приклади.
7. Наведіть усі напрями колірних стилів.
8. Опишіть змістовне навантаження базових колірних комбінацій.
9. Дайте визначення понять "первинні", "вторинні", "третинні" кольори.
10. Що таке тріада? Наведіть графічне представлення.
11. Що таке "подвійний комплемент", "альтернативний комплемент" та "розщеплений комплемент"? Наведіть їх графічне представлення.
12. Що розуміється під "монохроматичною" та "аналоговою" схемами кольорів? Наведіть їх графічне представлення.
13. Опишіть методи сполучення кольорів та наведіть відповідні (тобто використовувані в рамках кожного з методів) колірні схеми.
14. У чому полягає сутність технології побудови 12-секторного колір-ного кола?
15. Опишіть психологічні особливості кольорів.
16. Охарактеризуйте всі суб'єктивні фактори, що впливають на сприйняття кольору.
17. У чому сутність особисто-орієнтованого подання колірного рішення?
18. Які є різновиди колірних асоціацій?
19. Розкрийте змістовне навантаження типів колірного контрасту.
20. Проведіть порівняльний аналіз суперечливого сприйняття кольорів у різних країнах світу.

## 3. Адитивні та субтрактивні системи цифрового представлення кольору

### Основна ідея

Присвячено аналізу видів синтезу кольору, розгляду цифрових моделей подання кольору та розкриттю специфіки кількісного опису кольору.



**Ключові поняття:** адитивний синтез кольору, субтрактивний синтез кольору, моделі подання кольору, колірні вимірювання, математичне перетворення.

### **Основні питання**

3.1. Теоретичні основи організації систем цифрового подання кольору.

3.2. Математика кількісного опису кольору.

3.3. Математичне перетворення.

### **Цілі вивчення**

**Метою** є дослідження процесу синтезу кольору, опис цифрових моделей подання кольору, розкриття особливостей здійснення процесу кількісного опису кольору та математичних перетворень.

Інформація, подана далі, надає студентіві можливість сформуванати такі **компетентності**:

#### **знання:**

специфіки кольороутворення;

систем цифрового подання кольорів;

правил складання кольорів;

специфіки представлення колірних охоплень різних пристроїв;

математики кількісного опису кольорів;

#### **уміння:**

здійснювати адитивний та субтрактивний синтез кольору;

досліджувати та обирати колірні моделі;

здійснювати колірні вимірювання та математичні перетворення;

#### **комунікації:**

надання допомоги у визначенні кольору, що формується в результаті поглинання і відбиття кольорів;

консультації представників підприємств щодо доцільності певних математичних перетворень;

#### **автономність і відповідальність:**

прийняття рішення щодо обрання найбільш доцільної цифрової колірної моделі;

професійна підготовка осіб, що займаються вимірюванням кольору на основі визначення його колірних координат.

## Вступ

Множинність моделей подання кольору викликає необхідність їх ґрунтовного аналізу з метою виявлення найбільш доцільної для роботи з кольором або з колірними властивостями. Серед цифрових систем (моделей), що підлягають розгляду, були виділені такі: RGB, CMYK, HSV (HSB, HSL), Lab, Index Color, Grayscale.

Урахування того, що колір на конкретному пристрої визначається в рамках певного колірного охоплення, в розділі розкривається питання стосовно колірних вимірювань та наводиться загальна характеристика процесу прямого та зворотного математичного перетворення (як основа здійснення переходу між системами цифрового представлення кольору).

### 3.1. Теоретичні основи організації систем цифрового представлення кольору

#### *Основи адитивного та субтрактивного синтезу кольору*

На друкованому відтиску мають місце *два види змішання*: **адитивне** (рис. 3.1) (об'єднання різноколірних растрових точок, які розташовані поруч, оком спостерігача) і **субтрактивне** (рис. 3.2) (послідовне накладення растрових точок для різних фарб).

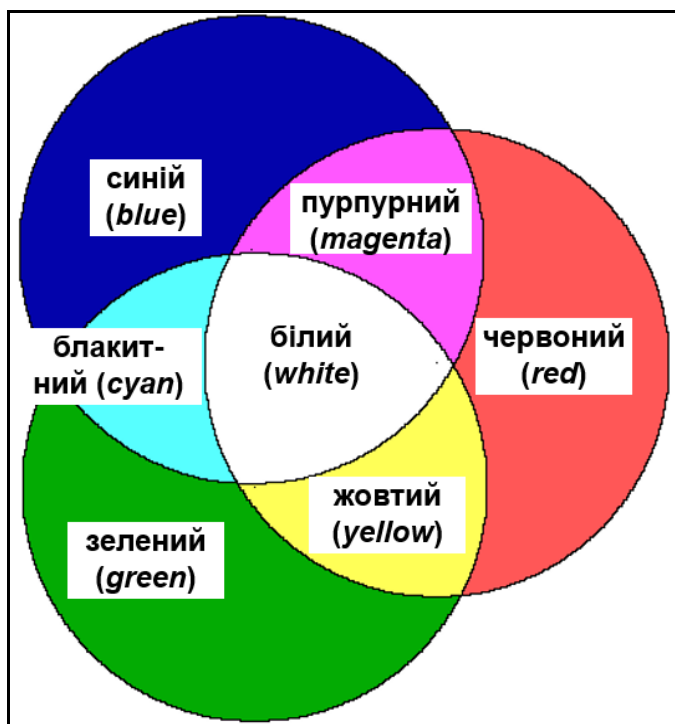


Рис. 3.1. Адитивний синтез кольору із застосуванням трьох основних випромінювань: червоного, зеленого та синього



Рис. 3.2. Субтрактивний синтез кольору із застосуванням трьох основних фарб: блакитної, пурпурної та жовтої

Під час адитивного методу відчуття кольору досягається за допомогою оптичного додавання кольорів, а під час субтрактивного – вирахуванням кольорів або змішанням фарб. У першому випадку змішання **основних кольорів** (червоного – R, зеленого – G та синього – B) дає відчуття білого – W кольору, а в другому – змішання **додаткових до основних кольорів** (блакитного або синьо-зеленого) – C, пурпурного – M та жовтого – Y) дає відчуття чорного – B кольору.

Використовуючи монітор, маємо справу з адитивним RGB-синтезом. Субтрактивний CMY-синтез кольору спостерігається у разі послідовного накладення фарб на задруковані ділянки (у цьому разі яскравість кольору зменшується з товщиною фарбового шару).

Для одержання потрібних кольорів застосовуються світлофільтри, пофарбовані в додатковий до основного колір: блакитний, пурпурний або жовтий. Зазначені світлофільтри поглинають промені основних кольорів, відповідно червоний, зелений і синій, і пропускають промені інших 2/3 спектра (табл. 3.1 та рис. 3.3).

## Кольороутворення в результаті поглинання та відбиття кольорів

Колір	Поглинання	Відбиття	Результат
<b>C</b>	Світло-червоний	Зелений і світло-блакитний	<b>Cyan</b>
<b>M</b>	Світло-зелений	Червоний і світло-блакитний	<b>Magenta</b>
<b>Y</b>	Світло-блакитний	Червоний і світло-зелений	<b>Yellow</b>
<b>M + Y</b>	Зелений і світло-блакитний	Світло-червоний	<b>Red</b>
<b>C + Y</b>	Червоний і світло-блакитний	Світло-зелений	<b>Green</b>
<b>C + M</b>	Червоний і світло-зелений	Світло-блакитний	<b>Blue</b>

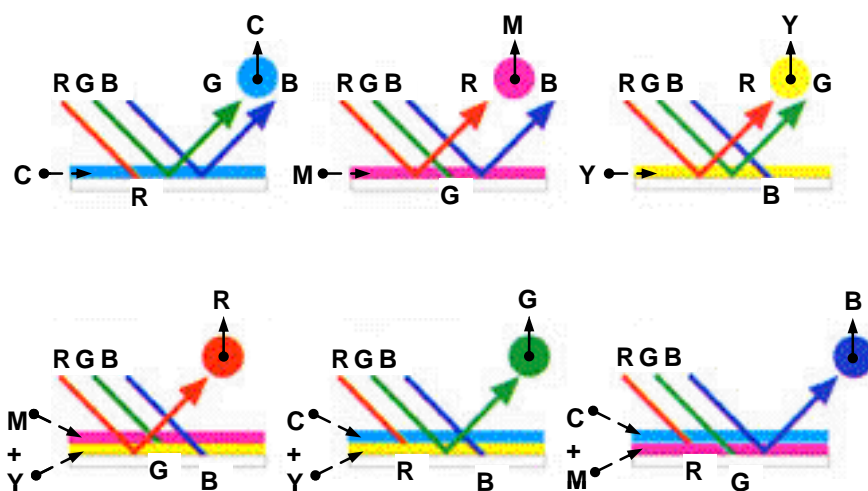
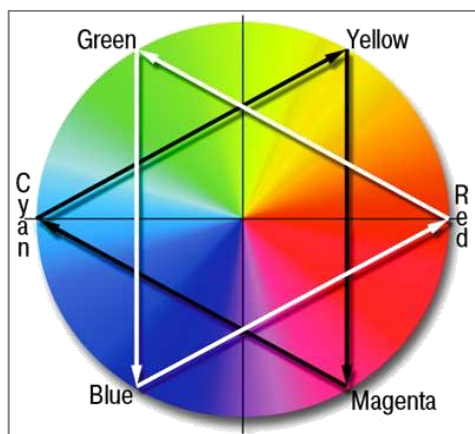


Рис. 3.3. Графічне зображення процесу кольороутворення

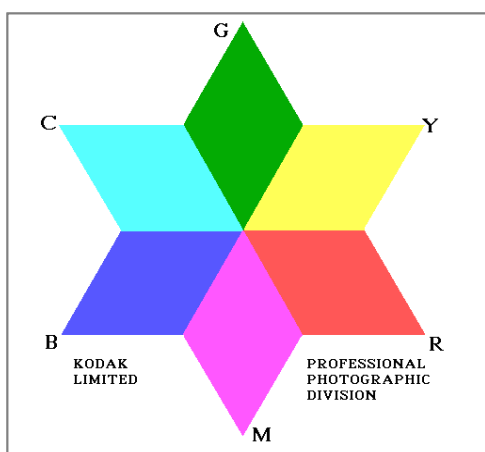
Коли на білий матеріал, що відбиває, наносять блакитний, пурпурний і жовтий пігменти, кожен із них поглинає або віднімає з падаючого білого світла протилежний колір.

Блакитна, пурпурна й жовта фарби наносяться на папір окремими шарами. Прозора властивість цих фарб забезпечує ефект змішування, а ілюзія різних кольорів і тонів створюється за рахунок варіювання щільності барвників. Варіювання щільності барвників створює той же ефект, що й варіювання інтенсивності випромінювання червоного, зеленого й синього люмінофорів на екрані монітора.

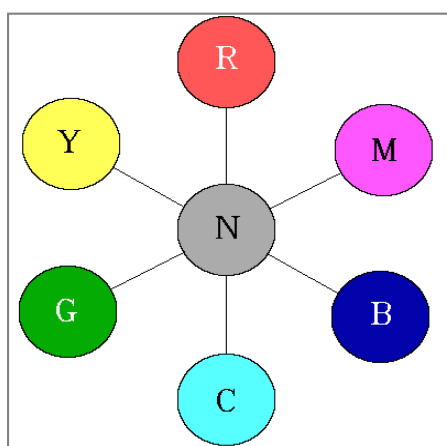
Поєднання основних і додаткових кольорів дає **фотографічне колірне коло**, тобто, графічне подання взаємозалежності кольорів, застосовуване в поліграфії, фотографії й інших областях, пов'язаних із одержанням, аналізом і синтезом кольору. Приклади фотографічних колірних кіл наведено на рис. 3.4 а – рис. 3.4 в.



а) стандартне фотографічне колірне коло



б) фотографічне колірне коло фірми *Kodak*



в) фотографічне колірне коло фірми *NORITSU*

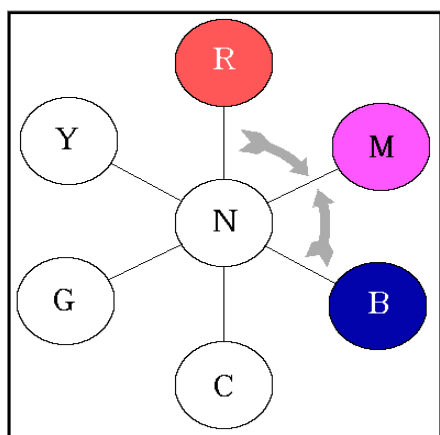
Рис. 3.4. Приклади фотографічний колірних кіл

Таке графічне подання взаємозалежності кольорів дозволяє легко визначити, які кольори треба скласти в рівних кількостях для одержання третього кольору. Існують такі **правила складання кольорів**:

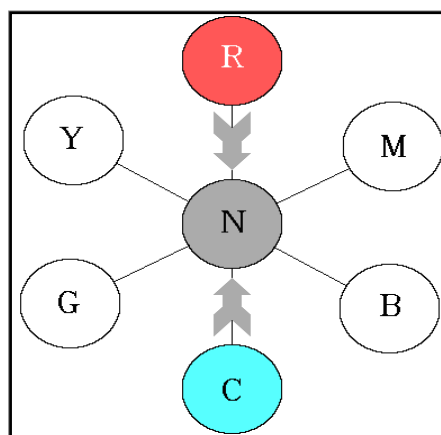
**перше правило:** один основний або додатковий колір утворюється додаванням двох сусідніх кольорів на колірному колі (тобто, будь-який колір може бути отриманий під час додавання двох сусідніх кольорів). Наприклад, червоний (R) колір утворюється додаванням у рівних кількостях жовтого (Y) і пурпурного (M) – двох сусідніх кольорів на колірному колі (рис. 3.5 а);

**друге правило:** у разі додавання в рівних кількостях двох кольорів, розташованих на протилежних секторах колірного кола, відбувається їх взаємна компенсація й формування нейтральної щільності (N) або сірого кольору (*Gray – Neutral Density*). Наприклад, варто розглянути додавання

червоного (R) і блакитного (C) кольорів у рівних кількостях. Ці кольори перебувають на протилежних секторах колірного кола, у результаті відбудеться компенсація колірної фарбування й формується нейтральна щільність або сірий колір (рис. 3.5 б).



а) перше правило



б) друге правило

Рис. 3.5. Приклади дії правил складання кольорів

Виникає природне запитання: "Не простіше було б взяти й представити в колірній моделі не основні, а всі можливі кольори?" Звичайно, ні! Дати опис кожного кольору окремо дуже складно, особливо зараз, коли на екрані монітора є можливість бачити не сотні, не тисячі, а чотири мільярди кольорів і колірних відтінків. Тому дуже складно описати кожен колір окремо. У такий спосіб колірні моделі – це майже зроблений спосіб для опису кольорів особливо в комп'ютерних технологіях і поліграфії. Чому ж майже? Справа в тому, що не будь-який колір можна представити у вигляді комбінації основних. Це є основною проблемою колірних моделей. Крім того, колір, що поглинається і випромінюється, описують по-різному.

Для зручності візуального сприйняття всі видимі кольори представляються у системі **CIEXYZ** усередині кривої на площині  $xu$ . На площині  $xu$  позначаються точки, що відповідають значенням координат кольоровості спектральних випромінювань від 380 нм до 770 нм. Всередині даної колірної діаграми зображуються колірні охоплення різних пристроїв. Колірне охоплення монітора відповідає моделі RGB, а принтера, друкарської поліграфічної машини – моделі CMYK (рис. 3.6).

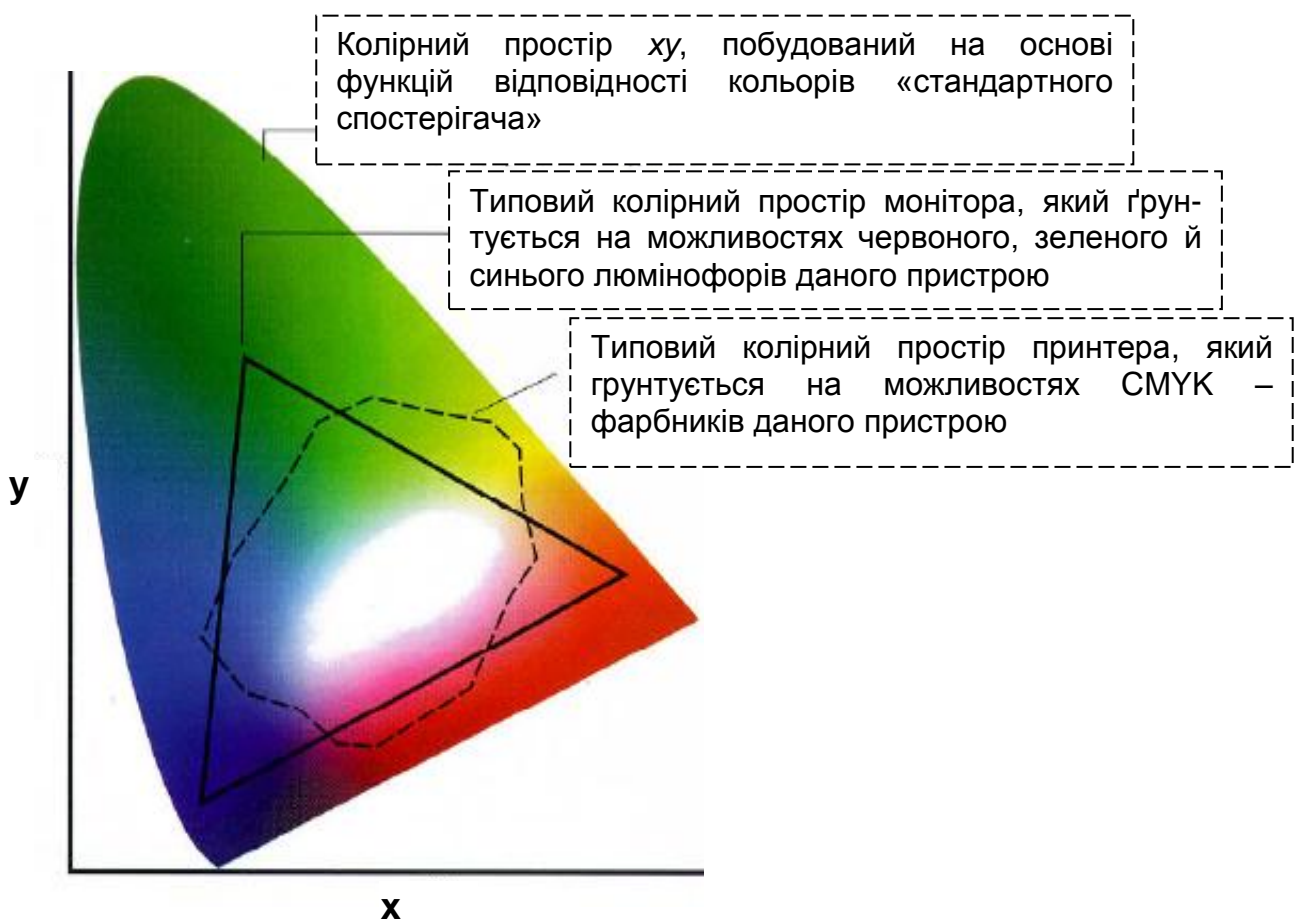


Рис. 3.6. Колірні охоплення пристроїв

Колірне охоплення монітора зображують у вигляді трикутника. Оскільки утворення кольору в цих пристроях засновано на принципі адитивного синтезу трьома основними кольорами (R, G, B), то досить нанести координати кольоровості цих кольорів на діаграму  $xu$ , з'єднати знайдені точки прямими лініями й одержати трикутник, усередині якого будуть лежати всі відтворені цим пристроєм кольори.

У процесі друге колірне охоплення набуває форми шестикутника (утворення кольору в пристроях друку засновано на принципі субтрактивного синтезу). У шестикутнику, крім точок, що відповідають фарбам синтезу жовтої, пурпурної й блакитної, наносяться точки, що відповідають кольору попарних накладень: жовта + блакитна = зелена; жовта + пурпурна = червона; блакитна + пурпурна = синя. Точки, з'єднані прямими, утворюють область колірного охоплення.

Схематична побудова колірного охоплення для адитивного (RGB) і субтрактивного (СМУ) синтезів подана на рис. 3.7.

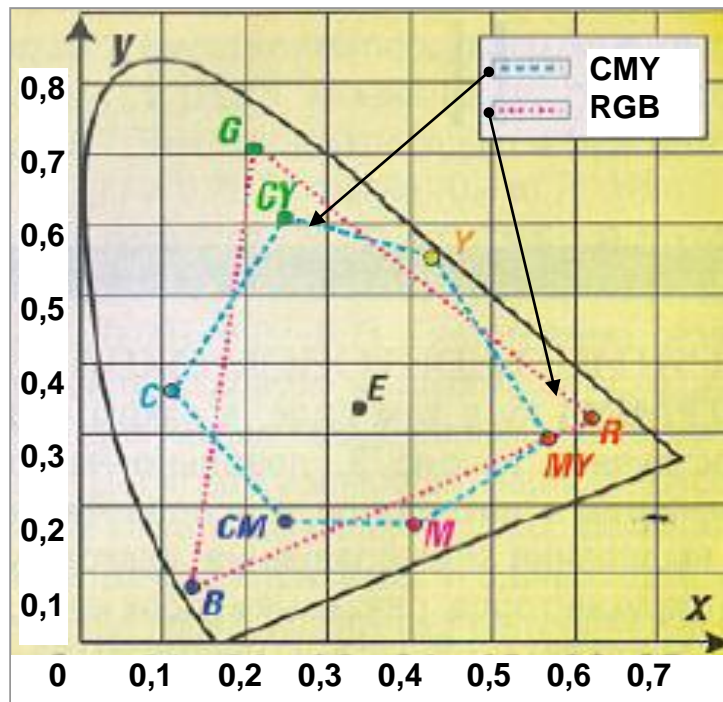


Рис. 3.7. Колірне охоплення для процесів адитивного (RGB) і субтрактивного (CMY) синтезів

Таким чином, під **колірним охопленням** слід розуміти область на колірній діаграмі, що охоплює всі кольори, які можуть бути відтворені за допомогою конкретного процесу (синтезу кольору на екрані монітора, друку на принтері, спеціальній поліграфічній машині тощо). Колірне охоплення дає нам уявлення про те, наскільки добре конкретна колірна модель представляє кольори.

Представлення кольору у вигляді комбінації невеликої кількості трьох складових називається **колірною моделлю**.

Різні види моделей мають різні колірні охоплення. У цьому й полягають їх основні переваги або недоліки. Незважаючи на досить велику кількість колірних моделей, варто детальніше розглянути ті, які найбільш часто використовуються в програмних продуктах, що застосовуються у поліграфії під час цифрового оброблення графічних зображень.

### **Опис цифрових моделей представлення кольору**

#### **Колірна модель RGB**

Ця модель описує випромінювані кольори. Вона заснована на трьох основні (базових) кольорах: червоному (*red*), зеленому (*green*) і синьому (*blue*). Інші кольори виходять сполученням базових. Кольори такого типу називаються **адитивними**, тобто в такій колірній моделі здійснюються правила додавання кольорів. Кожен основний колір може мати 256 градацій



яскравості (від 0 до 255), що відповідає восьми бітовому режиму. У RGB міститься  $256^3$  або 16 777 216 кольорів.

Модель є збалансованою, тобто додавання трьох основних кольорів із однаковою яскравістю дають відтінок сірого. Білий колір утворюється в результаті додавання хвиль червоного, зеленого й синього діапазонів.

Просторовий вигляд моделі наведено на рис. 3.8.

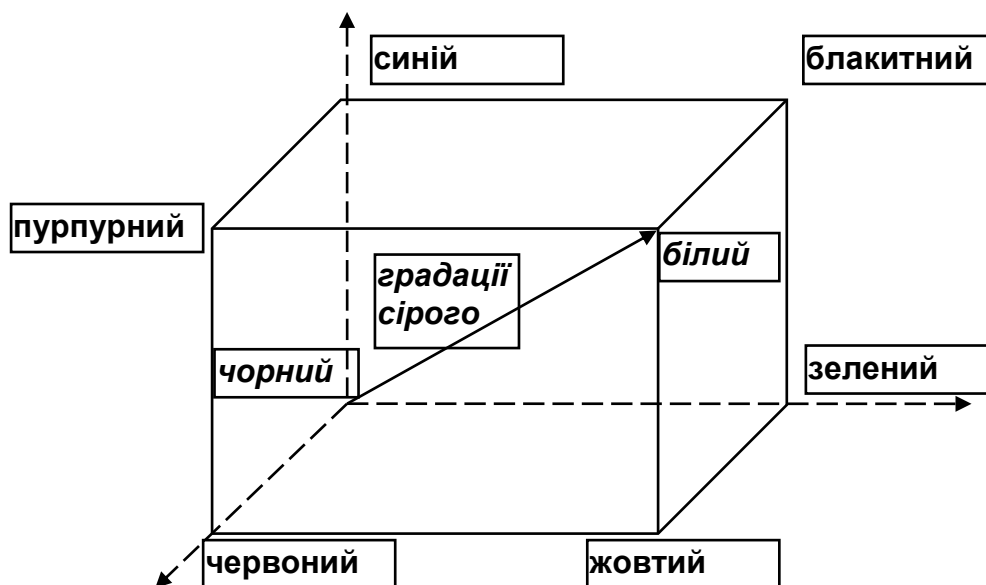


Рис. 3.8. Просторове представлення моделі RGB

*Пояснення:* модель представляється у вигляді тривимірної системи координат. Кожна координата відображає внесок кожної складової у результуючий колір у діапазоні від нуля до максимального значення. У результаті формується куб, усередині якого й "перебувають" всі кольори, утворюючи колірний простір RGB.

У трьох кутах куба розташовані чисті кольори (тобто чисті вихідні колірні випромінювання): червоний, зелений і синій. В інших трьох кутах їх повні сполучення: жовтий, блакитний і пурпурний. Між чорним і білим кольорами проведена діагональ, що зображує градацію сірого. Саме в цій моделі кодує зображення сканер і відображає рисунок екран монітора. У точці, що є початком координат всі складові дорівнюють нулю (тобто випромінювання відсутнє), а це рівнозначне темряві, тобто це точка чорного кольору. Друга точка, де всі складові мають максимальне значення, дає білий колір. На лінії, що з'єднує ці точки (по діагоналі), розташовуються ахроматичні кольори (сірі відтінки): від чорного кольору до білого. Цей процес відбувається тому, що всі три складові однакові й розташовуються в діапазоні від нуля до максимального значення. Такий діапазон

інакше називають сірою або **ахроматичною віссю**. У комп'ютерних технологіях найчастіше використовуються 256 градацій (відтінків) сірого.

*Модель застосовується:* для опису кольорів у зображеннях, призначених для моніторів, мультимедійних і телевізійних екранів, цифрових відеомагнітофонів, web-вузлів, ряду моделей цифрових принтерів, тому що ці пристрої мають вбудовану підтримку RGB та ін.

*Зауваження:* багато відтінків, створених колірною системою RGB, не вдається передати під час друку. Тому нерідко фарби рисунка після друку виявляються блякими. Перехід із RGB у CMYK здійснюється через спеціальні програмні фільтри, де враховуються всі майбутні установки друку: система основних тріадних фарб, коефіцієнт розтискування точки, баланс фарб, спосіб генерації чорного кольору, а також максимальний рівень фарби й інших установок.

### **Колірна модель CMY**

Колірна модель CMY (на практиці – CMYK) є основною в поліграфії. Модель CMY, на відміну від RGB, описує кольори, що поглинаються, оскільки після друку зображення людина бачить тільки відбитий колір. Кольори, що використовують біле світло, віднімаючи з нього певні ділянки спектра, й називаються **субтрактивними**. Саме такі кольори й використовуються в моделі CMY. Вони утворюються шляхом вирахування з білого адитивних кольорів моделі RGB. Таким чином, основними кольорами в CMY є блакитний (*cyan*: білий мінус червоний), пурпурний (*magenta*: білий мінус зелений) і жовтий (*yellow*: білий мінус синій).

Так, наприклад, коли біле світло, що містить усі кольори, падає на поверхню, на яку нанесені чорнило блакитного кольору, людина бачить блакитний колір, оскільки поверхня блакитного кольору поглинає червоний, а зелений і синій відбиваються від нього. Для того, щоб одержати червоний колір під час використання фарб CMY, необхідно використовувати пурпурну й жовту фарби. Пурпурний колір приведе до поглинання зеленого, а жовтий – синього, тому буде відбитий тільки червоний колір, що і розрізнить око людини (див. рис. 3.3).

Модель є *незбалансованою*, тому на практиці замість CMY використовується CMYK. Комбінація чорнил тільки блакитного, жовтого й пурпурного кольорів виявляється "брудною для друку". Замість того, щоб під час відбиття білого світла побачити чорний колір, людина бачить брудно-сірий. Для усунення подібної проблеми додаються чорнила чорного кольору. У поліграфії було прийнято називати додатковий чорний – **ключовим**

**кольором** (*key color*), звідси скорочення "К" (був узятий саме індекс "К", а не "В", щоб не створювати додаткової плутанини із синім (*blue*) кольором). Таким чином, чорний колір забезпечується спеціальним чорним барвником, а не змішанням всіх трьох барвників. Три перші фарби використовуються для одержання всіх кольорів і відтінків зображення. Чорна ж застосовується для тіньових зон зображення – як додатковий компонент. Такий прийом надає можливість одержання чорного кольору під час чотириколірного друку.

Просторовий вигляд моделі CMY наведено на рис. 3.9.

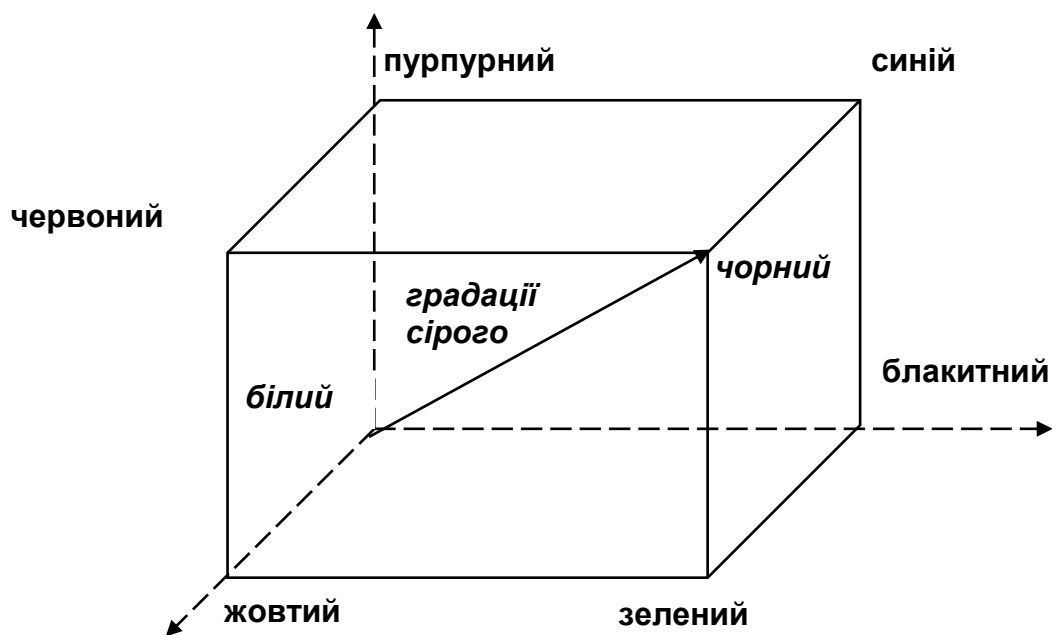


Рис. 3.9. Просторове представлення моделі CMY

*Пояснення:* модель CMY аналогічна RGB, у якій переміщений початок координат. У CMY колірне охоплення більш вузьке, ніж у RGB, тому під час конвертації із RGB в CMY втрачається частина кольорів. Насиченість кольору вимірюється у відсотках, тому кожен колір має 100 градацій яскравості.

*Модель застосовується:* для опису кольорів у зображеннях, які друкуються.

*Зауваження:* однак, якщо CMY можна зв'язати з певною колірною системою, то CMYK уже не можна, тому що вона надлишкова: кольори від білого до чорного утворюються як змішанням основних барвників CMY, так і зміною концентрації додаткового – К.

Якщо зображення споконвічно представлено у кольорах RGB-моделі, а його необхідно надрукувати, то потрібно перетворити кольори в CMYK-модель, тобто виконати процес кольороподілу.

**Кольороподілом** називається процес розкладання кольорового зображення з режиму RGB на чотири складові фарби CMYK, що потім з'єднуються під час друку, утворюючи багатокольорове зображення.

На практиці кольорове зображення одержують у такий спосіб: із чорно-білих кольороподілених негативів звичайним фотографічним шляхом друкують чорно-білі кольороподілені позитиви, що піддають фарбуванню в додатковий колір до кольору світлофільтра даного негатива, і потім пофарбовані позитивні зображення сполучають за їх обрисами на білій паперовій підложці або на прозорій плівці. У підсумку одержують кольорове зображення, кольори якого наближаються до оригіналу.

Незважаючи на згадану простоту цього процесу (наприклад, у *Adobe Photoshop* для переходу в модель CMYK досить викликати команду *Image → Mode → CMYK*), технологічний бік цього переходу часто залишається для користувача "за кадром". А кольороподілом потрібно управляти. Наприклад, задавши два різних рівні генерації чорної фарби, можна одержати два різних під час друку зображення, які будуть зовсім однаково виглядати на екрані. Кольороподіл відбувається щоразу, коли друкується який-небудь файл або здійснюється перехід у процесі роботи в графічному редакторі з початкової робочої колірної моделі в CMYK. Кольороподіл є дуже складним процесом, тому якість готового зображення багато в чому залежить від досвіду оператора, правильного калібрування всієї системи й майстерності друкаря.

**Зауваження:** між моделями RGB і CMY (CMYK) немає однозначної відповідності, тобто деякі відтінки кольору однієї моделі не можуть бути в принципі відтворені в іншій моделі й навпаки. Саме цим викликана необхідність калібрування устаткування (сканера, монітора й принтера) на предмет відповідності кольорів. Зміст та особливості здійснення процесу калібрування розглядаються далі.

Підводячи підсумки із приводу колірних моделей RGB і CMYK слід зазначити, що вони є *апаратно залежними*. Якщо йдеться про RGB, то залежно від застосованого у конкретному моніторі люмінофора будуть відрізнятися значення базових кольорів. Щодо CMYK, де йдеться про типографські фарби, особливості друкарського процесу тощо, то однакове зображення може по-різному виглядати на різній апаратурі. Тому основним

завданням під час роботи з кольоровими зображеннями є одержання передбачуваного кольору. Саме це й спричинило інтенсивне використання колірної моделі *Lab*.

### **Колірна модель *Lab***

Колірна модель *Lab* описує усі видимі кольори й може бути використана для опису кольорів у зображеннях без апаратної прив'язки.

*Lab* є апаратно незалежною моделлю, призначеною для визначення кольору без урахування індивідуальних особливостей (профілю) пристрою (монітора, принтера, друкованої машини тощо).

Це триканальна модель, у якій колір визначається однією кількісною характеристикою (потужністю випромінювання, яскравістю, світлотою) і двома якісними характеристиками, але не у вигляді окремих монохроматичних випромінювань, а половинками інтервалу спектра випромінювань видимого світла. Тобто в моделі будь-який колір визначається світлотою (*Luminance*) і двома хроматичними компонентами: параметром **a**, що змінюється в діапазоні від зеленого до червоного, і параметром **b**, що змінюється в діапазоні від синього до жовтого. Тобто яскравість у цій моделі повністю відділена від кольору. Це робить модель зручною для регулювання контрасту, різкості й інших тонових характеристик.

*Lab* використовує прямокутні координати на базі двох перпендикулярних осей: жовтий – синій та зелений – червоний.

Геометричним образом моделі *Lab* є куля.

Просторовий вигляд моделі *Lab* наведено на рис. 3.10.

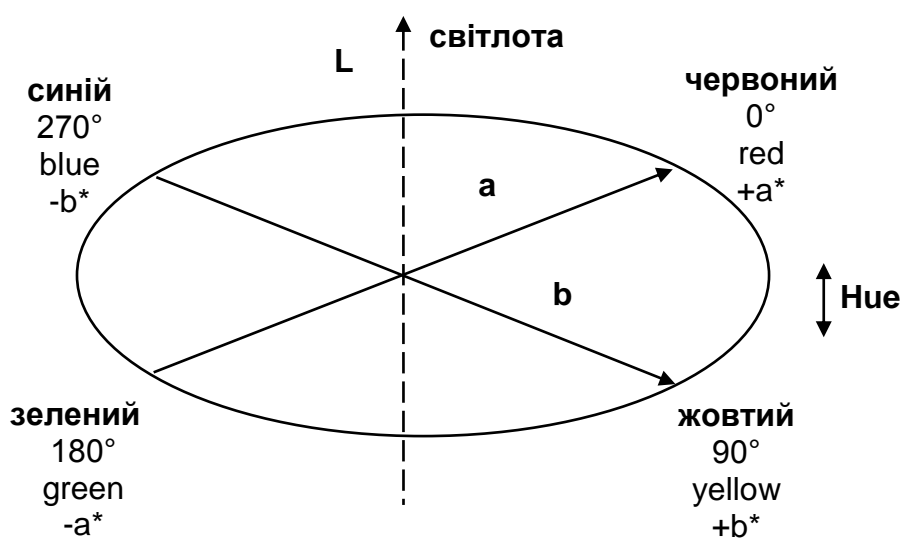


Рис. 3.10. Просторове представлення моделі *Lab*

*Пояснення:* за допомогою символу "\*" позначено розроблення системи спеціалістами CIE, тому що існують ряд *Lab*, що відрізняються від *CIE Lab* за масштабом. За допомогою " " *Hue* – зміну тону кольорів.

Колірне охоплення *Lab* дуже широке: воно містить RGB і CMYK, і інші кольори, що не можуть бути представлені у двох попередніх моделях. Під час конвертації в *Lab* усі кольори зберігаються.

*Модель застосовується:* під час переведення зображення з однієї колірної моделі в іншу, між пристроями й навіть між різними платформами (що дуже важливо для поліграфії). Крім того, саме в цій моделі зручніше за все проводити деякі операції з поліпшення якості зображення.

Програма *Adobe Photoshop* використовує цю модель як посередник під час будь-якого конвертування з моделі в модель. Точніше модель *CIE Lab* прийнята фірмою *Adobe* для мови *PostScript Level 2*.

### **Колірна модель HSB**

Дана колірна модель найбільш проста в розумінні. Крім того, вона може бути застосовна і для адитивних, і для субтрактивних кольорів.

Модель HSB представляє колір у вигляді тону (*Hue*), насиченості (*Saturation*) і яскравості (*Brightness*). Вона ж відома як **модель HSL** (тон, насиченість і інтенсивність – *Luminance*). HSB є альтернативою CIE XYZ.

У процесі цього **тон** – це власне колір, **насиченість** – відсоток доданої до кольору білої фарби (це параметр кольору, що визначає його чистоту. Якщо по краю колірного кола розташовуються максимально насичені кольори (100 %), то залишається тільки зменшувати їх насиченість до мінімуму (0 %). Зменшення насиченості кольору означає його **розбілення**. Колір зі зменшенням насиченості стає пастельним, бляклим, розмитим. На моделі всі однаково насичені кольори розташовуються на концентричних окружностях, тобто можна говорити про однакову насиченість, наприклад, зеленого та пурпурного кольорів, і чим ближче до центра кола, тим усе більш розбіленими виходять кольори), **яскравість** – відсоток доданої чорної фарби (зменшення яскравості кольору означає зачорніння кольору).

Модель добре погоджується зі сприйняттям людини: колірний тон є еквівалентом довжини хвилі світла, насиченість – інтенсивності хвилі, а яскравість – кількості світла.

Це триканальна колірна модель. Будь-який колір у HSB утворюється додаванням до основного спектра чорної або білої фарби. Геометричний образ моделі HSB, як і попередньої моделі *Lab*, – куля.

Просторовий вигляд моделі HSB наведено на рис. 3.11.

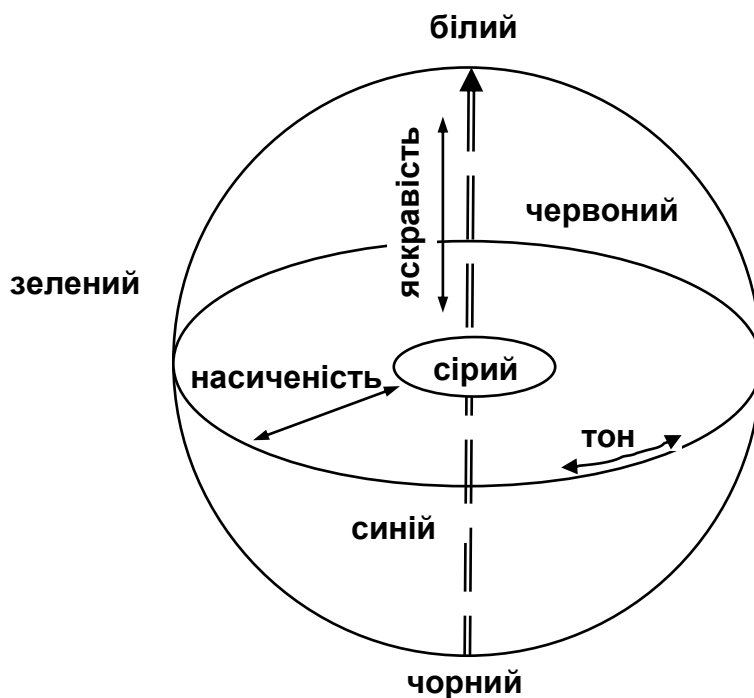


Рис. 3.11. Просторове представлення моделі HSB

Модель HSB не є строгою математичною моделлю. Опис кольорів в ній не відповідає кольорам, які сприймаються оком. Справа в тому, що око сприймає кольори як такі, що мають різну яскравість. Наприклад, спектральний зелений має більшу яскравість, ніж спектральний синій. У HSB усі кольори основного спектра (канали тону) вважаються такими, що володіють 100 % яскравістю. Насправді це не відповідає дійсності.

Хоча модель HSB декларована як апаратно-незалежна, насправді в її основі лежить RGB. Модель HSB є варіантом (аналогом) моделі RGB і також базується на використанні базових кольорів, але відрізняється системою координат.

Модель HSB має велике колірне охоплення. Вона має перед RGB і CMYK таку перевагу: модель відповідає природі кольору, добре узгоджується з моделлю сприйняття кольору людиною й не залежить від пристрою репродукування кольору – описує всі видимі кольори.

Основним *недоліком* моделі є необхідність перетворення в модель RGB для відображення на екрані монітора або в модель CMYK для одержання поліграфічного відтиску, а будь-яке перетворення з моделі в модель не обходиться без втрат кольоровідтворення.

*Модель застосовується:* для зручного вибору кольору, однак для опису кольорів у зображеннях вона не застосовується, тому що неможливо

всі три характеристики даної моделі закласти в прийнятий стандартний восьмибітовий режим редагування зображень.

### **Колірна модель HLS**

Модель HLS (*Hue* – тон, *Lightness* – повітління/інтенсивність, *Saturation* – насиченість) є варіантом моделі HSB. У цих моделях колірні параметри "відтінок" і "насиченість" є загальними. Розходження полягає в заміні нелінійного компонента *Brightness* (яскравість) на лінійний компонент *Lightness* (повітління/інтенсивність), що змінюється в діапазоні від 0 до 100 %. Ця модель також альтернативна моделі RGB.

### **Колірна модель Index Color**

Модель *Index Color* (індексований колір) заснована на принципі використання восьмибітного кольору. Застосовується, насамперед, в Інтернеті через різне відображення кольорів на різних типах комп'ютерів, моніторів і браузерів. Усі відтінки у файлі діляться на 256 можливих варіантів, кожному з яких присвоюється номер. Далі на основі отриманої палітри кольорів будується таблиця, де кожному номеру комірки приписується колірний відтінок у значеннях RGB.

Щоб уникнути некоректності передачі кольору рекомендується користуватися так званими *Safe Web Color Pallete* – безпечними колірними палітрами для web (це набори кольорів, які однаково відображаються в різних браузерах). До форматів файлів, що використовують тільки індексовані палітри, належить GIF.

### **Колірна модель Grayscale**

Під час роботи з колірною моделлю *Grayscale* колір переводиться до свого сірого аналога за інтенсивністю. Інтенсивність – єдина характеристика цієї моделі. Колірна модель *Grayscale* становить ту ж індексовану палітру, де замість кольору пікселям призначена одна з 256 градацій сірого.

## **3.2. Математика кількісного опису кольору**

### **Колірні вимірювання**

У 1931 р. міжнародна комісія зі стандартизації, відома як Міжнародна освітлювальна комісія (CIE), запропонувала систему вимірювання кольору, що і застосовується з того часу із невеликими змінами. Ця система має ряд переваг, однак найбільш важлива полягає в тому, що в математичних моделях кольору відсутні негативні величини. Це значно зменшує кількість



помилку під час запису рівнянь. Позбутися від негативних величин можна тільки підбором гіпотетичних, нереальних основних кольорів. Щоб легше зрозуміти цей момент, варто звернути увагу на те, що хоча гіпотетичних кольорів насправді реально не існує, на колірній діаграмі (простір локусу) їм відповідають цілком конкретні точки.

І що це дає на практиці? Це дуже зручно, тому що всі вимірювання проводять на реальних основних кольорах, а потім результати за допомогою обчислень перетворюють у відповідні коефіцієнти для гіпотетичних кольорів.

*Сутність систем CIE така:* вибравши як три основні базові кольори будь-які три лінійно незалежних кольори спектра й з'єднавши їх прямими лініями, буде одержано трикутник. Математична модель системи CIE лінійна, отже, проста, але й з обмеженою точністю. Через кривизну ліній локусу, на яких лежать спектральні кольори, деякі кольори завжди будуть випадати із цього трикутника й у відповідних колірних рівняннях позначатися негативними величинами. Із цієї причини CIE обрала як основні гіпотетичні кольори й розташувала їх по осях X, Y і Z таким чином, щоб вся область між бічними сторонами й "пурпурної" прямої лежала усередині трикутника XYZ.

Вимірювання проводять на існуючих основних кольорах, а потім шляхом нескладних перетворень їх перераховують. Основна перевага такої системи полягає у тому, що вимірювання можна проводити з використанням будь-яких основних кольорів, але якщо потім перетворити їх у систему стандартних кольорів, то вимірювання, проведені в різних лабораторіях, можна зіставляти одне з одним. Вибір основних кольорів системи CIE XYZ приводить до одержання стандартної діаграми кольоровості CIE. У дійсності всю систему кількісного вимірювання кольору CIE можна графічно представити як набір величин трьох параметрів – колірний тон, насиченість і яскравість (світлота), які визначають і реальні кольори.

Необхідно чітко розрізняти, що колірні моделі (RGB, CMY, CMYK) описують спосіб відтворення колірних відчуттів, а колірні системи (HSV, XYZ, Lab) – вимірювання цих відчуттів. Дані RGB і CMYK є апаратними даними, вони мало що говорять про колірні відчуття без прив'язки до конкретного апарата. Щоб домогтися збігу кольорів, отриманих на різних апаратах і за допомогою різних колірних моделей, є тільки один *кількісний спосіб* – **домогтися рівності їх колірних координат.**

Колірні вимірювання становлять предмет колориметрії. У результаті колірних вимірювання визначаються три числа, тобто, **колірні координати (КК)**, що повністю визначають колір.

Основою математичного опису кольору в колориметрії є експериментально встановлений факт, що будь-який колір можна представити у вигляді суми певних кількостей трьох лінійно незалежних кольорів.

Три обраних лінійно незалежних кольори називають основними кольорами, вони й визначають **колірну координатну систему (ККС)**. Тоді три числа, що описують даний колір, є кількостями основних кольорів у суміші, колір якої зорозво не відрізняється від даного кольору. Це і є **КК даного кольору**.

Експериментальні результати, які закладають в основу розроблення ККС, одержують під час усереднення даних спостережень великою кількістю спостерігачів, тому вони не відображають точно властивостей колірною зору якого-небудь конкретного спостерігача, а належать до так званого середнього стандартного колориметричного спостерігача.

Унаслідок того, що віднесені до стандартного спостерігача в певних незмінних умовах, стандартні дані змішання кольорів і побудовані на них колориметричні ККС описують фактично лише фізичний аспект кольору, не враховуючи зміни кольоросприйняття ока під час зміни умов спостереження.

Коли КК якого-небудь кольору відкладають на трьох взаємно перпендикулярних координатних осей, цей колір геометрично представляється *точкою* в тривимірному, так званому колірному просторі або ж *вектором*, початок якого збігається з початком координат, а кінець – із даною точкою кольору. Точкове й векторне геометричне трактування кольору рівноцінні й обидва використовуються під час опису кольорів.

Точки, що представляють усі реальні кольори, заповнюють деяку область колірною простору. Але математично всі точки простору рівноправні, тому можна умовно вважати, що й точки поза областю реальних кольорів представляють деякі кольори. Таке розширення **тлумачення кольору як математичного об'єкта** приводить до поняття *нереальних кольорів*. З цими кольорами можна здійснювати математичні операції так само, як і з реальними кольорами.

Якість кольору, що не залежить від абсолютної величини колірною вектора, називають його **кольоровістю**. Кольоровість якого-небудь кольору

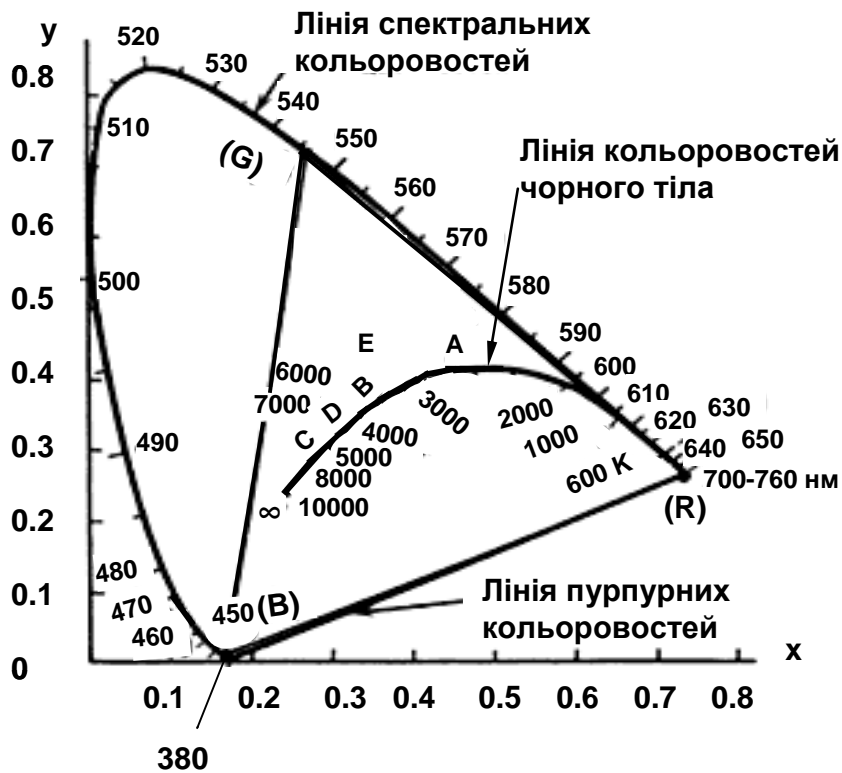
визначається не з його КК, а *співвідношенням між ними*, тобто положенням у колірному просторі прямої, проведеної з початку координат через точку даного кольору. Положення точки кольоровості в колірному трикутнику визначається двома координатами кольоровості, кожна з яких дорівнює частці від ділення однієї з КК на суму всіх трьох КК. Двох координат кольоровості досить, тому що за визначенням сума її трьох координат дорівнює 1. Точка кольоровості вихідного (опорного) кольору, для якої три колірні координати рівні між собою (кожна дорівнює  $1/3$ ), міститься в центрі ваги колірного трикутника.

Під час графічної побудови залежностей кількостей основних кольорів від довжини хвилі виходять функції довжини хвилі, які називаються **кривими додавання кольорів**. За кривими додавання можна розрахувати кількості основних кольорів, необхідні для одержання суміші, зорOVO не відмінних від кольору випромінювання складного спектрального складу. Для цього колір складного випромінювання представляють у вигляді суми чистих спектральних кольорів, що відповідають його монохроматичним складовим.

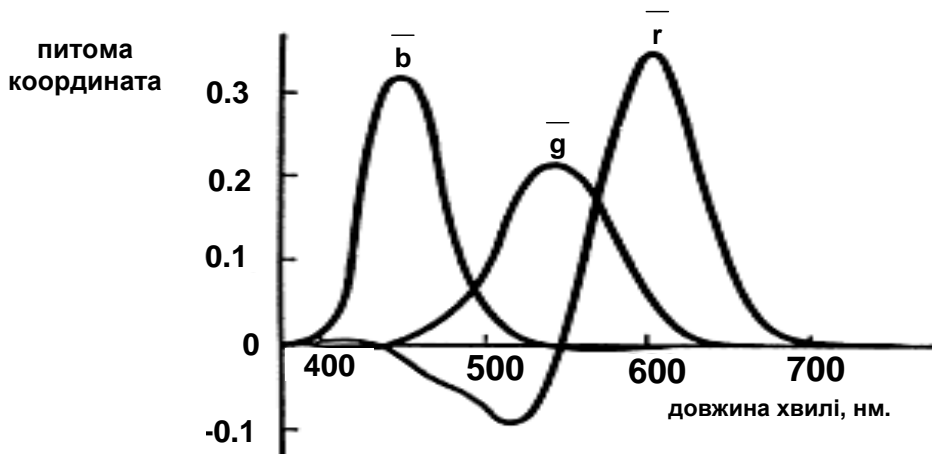
Можливість подібного представлення заснована на одному з експериментально встановлених **законів змішування кольорів**, відповідно до якого КК кольору суміші дорівнюють сумама відповідних координат кольорів, що змішуються. Таким чином, криві додавання характеризують реакції на випромінювання трьох різних приймачів випромінювання. Кожній з можливих ККС відповідає своя група з трьох кривих додавання, причому всі групи кривих додавання пов'язані між собою лінійними співвідношеннями. Приклад відображення кривих додавання для ККС CIE RGB наведений на рис. 3.12.

*Пояснення:* на рис. 3.12 а показаний колірний трикутник  $x, y$ . На ньому наведена лінія спектральних кольоровостей, лінія пурпурних кольоровостей, колірний трикутник (R) (G) (B) системи CIE RGB, лінія кольоровостей випромінювання абсолютно чорного тіла й точки кольоровостей стандартних джерел освітлення CIE A, B, C і D. Через E позначена вихідна (опорна) кольоровість, що перебуває в центрі ваги колірного трикутника системи.

**Вихідна кольоровість** – це кольоровість рівноенергетичного білого кольору E, тобто кольору випромінювання з рівномірним розподілом інтенсивності по всьому видимому спектру.



а) вигляд ККС СІЕ RGB



б) криві додавання ККС СІЕ RGB

Рис. 3.12. Представлення кривих додавання в ККС СІЕ RGB

Однак криві додавання системи СІЕ RGB (див. рис. 3.12 б) мають негативні ділянки (негативні кількості основних кольорів) для деяких спектральних кольорів, що незручно під час розрахунків. Тому поряд із системою RGB у 1931 р. прийняла іншу ККС – систему XYZ, у якій були відсутні недоліки (негативні ділянки системи RGB) і значно спрощені розрахунки (рис. 3.13).

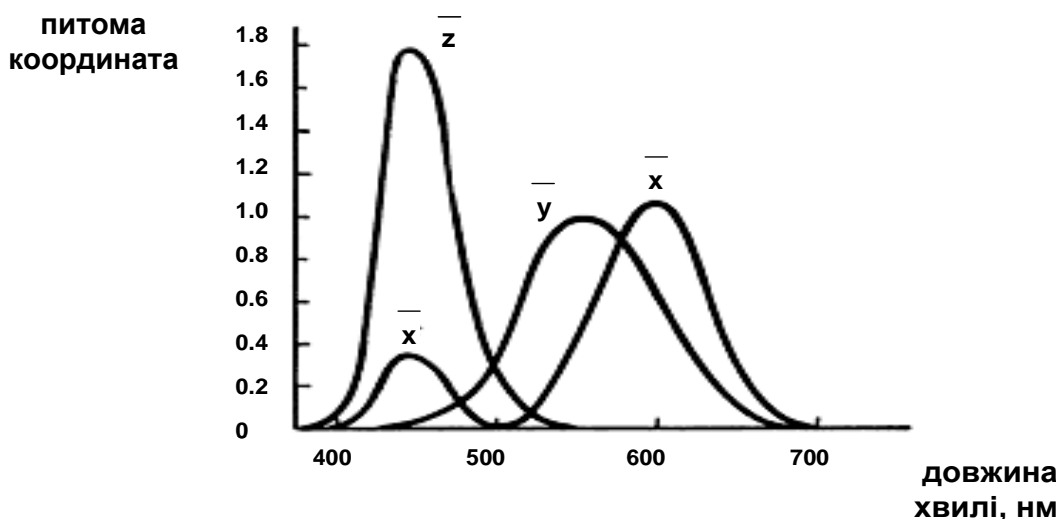


Рис. 3.13. Криві додавання ККС CIE XYZ

Основними кольорами (X), (Y), (Z) системи XYZ є *нереальні кольори*, обрані так, що криві додавання цієї системи (див. рис. 3.13) не мають негативних ділянок, а координата Y дорівнює яскравості спостережуваного пофарбованого об'єкта (для денного зору). Система XYZ широко використовується в колориметрії. Її *основним недоліком* є те, що вона не відображає кольоророзрізняльних властивостей ока, тобто однакові відстані на графіку кольоровостей X, Y у різних його частинах не відповідають однаковому зоровому розходженню між відповідними кольорами за однакової яскравості.

Було запропоновано багато *формул для підрахунку кількості колірних розходжень* (порогів кольоророзрізнення **dE**) між різними кольорами. У 1960 р. CIE рекомендувала графік u, v, отриманий в 1937 р. Д. Л. Мак-Адамом шляхом видозміни графіка, запропонованого Д. Б. Джаддом. Для підрахунку числа порогів кольоророзрізнення dE між різними кольорами за рекомендацією CIE використовується емпірична формула Г. Вишецького, що має такий вигляд:

$$\Delta E = \sqrt{(U_1 - U_2)^2 + (V_1 - V_2)^2 + (W_1 - W_2)^2}, \quad (3.1)$$

$$\text{при } W = 25Y^{1/3} - 17,$$

$$U = 13W (u - u_0),$$

$$V = 13W (v - v_0),$$

де  $u_0, v_0$  – кольоровість опорного білого кольору;

Y – коефіцієнт відбиття в даній точці об'єкта, вимірюється в %.

Таким чином, **основною метою процесу вимірювання кольору є визначення його КК у деякій ККС.**

Коли колір представлений спектральним розподілом випромінювання (що випускається джерелом, або відбитого чи пропущеного предметом), то для знаходження його ЦК потрібно використовувати криві додавання як функції, що зважують та оцінюють це випромінювання.

Таке оцінювання може виконуватися *двома шляхами*:

**перший шлях:** *спектрофотометричний метод колірних вимірювань* полягає у вимірюванні спектрального розподілу енергії випромінювання й наступному розрахунку КК під час перемножування знайденої функції спектрального розподілу на три функції додавання й інтегрування добутків. Тоді КК X, Y, Z визначаються у такий спосіб:

$$\begin{aligned} X &= \int_{380}^{760} E(\lambda) \rho(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \\ Y &= \int_{380}^{760} E(\lambda) \rho(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda, \\ Z &= \int_{380}^{760} E(\lambda) \rho(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda, \end{aligned} \quad (3.2)$$

де E – функція спектрального розподілу джерела;

$\rho$  – функція спектрального відбиття або пропущення предмета;

$\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$  – функції додавання.

Інтегрування проводиться в діапазоні довжин хвиль видимого випромінювання від 380 нм до 760 нм. Ураховуючи те, що підінтегральні спектральні функції, звичайно, незручні для інтегрування, інтегрування замінюють підсумовуванням через інтервал  $d\lambda$  (від 5 нм до 10 нм);

**другий шлях:** *колірні вимірювання на основі кривих додавання* базуються на аналізі випромінювання за допомогою трьох приймачів світла, характеристики спектральної чутливості яких збігаються із кривими додавання. Кожен такий світлоелектричний перетворювач виконує дії перемножування двох спектральних функцій і інтегрування добутків. У результаті цього на його виході електричний сигнал дорівнює одній із КК. Подібні кольоровимірювальні прилади називаються **фотоелектричними** (або об'єктивними) **колориметрами**. Вони оцінюють результуюче випромінювання, ураховуючи, як виборче відбиття (або пропущення) несамосвітних

предметів, так і освітлення, тобто прилад "бачить" те, що бачить око. Якщо прилад призначений для роботи із кривими додавання  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ ,  $\bar{z}$ , то найбільш важко сформуванати двогорбу криву  $\bar{x}$  (див. рис. 3.13). Звичайно, кожна з її гілок формується окремо – тоді прилад містить чотири канали (світлофільтри). Іноді в колориметрах використовують інші ККС, всі криві додавання в якій одnogорбі.

### **Опис ідеальних фарб**

Вимога до ідеальних основних друкованих фарб здійснюється тільки тоді, коли їх спектральні криві відповідають **П-подібним**. У цьому разі значення спектральних величин перебувають між 0 та 1 і не повинні бути більше двох стрибків функції. П-подібні спектральні криві всіх трьох фарб повинні ідеальним чином примикати одна до одної. Ділянки ж переходів П-подібних кривих необхідно вибирати таким чином, щоб одержати максимально можливий колірний діапазон за суцільними барвистими шарами.

Різні експерименти показали, що перший ідеальний перепад повинен бути між 489 нм і 495 нм, а другий – між 574 нм і 575 нм. Відповідні спектральні розподіли зображені на рис. 3.14.

Основні фарби, що відповідають перерахованим вимогам, називають також **ідеальними** або **оптимальними фарбами**. Якщо зазначити на  $u'$ ,  $v'$ -діаграмі (буде мати місце відображення не в  $X$ ,  $Y$ -системі, а в  $u'$ ,  $v'$ -системі; ці відображення рівнозначні, тому що можуть бути однозначно перетворені одне до одного) координати кольоровості ідеальних основних фарб і синтезовані ними субтрактивні кольори першого порядку (червоний, зелений, синій), то виявиться, що кольори основних фарб лежать точно на лініях, що з'єднують точки змішаних кольорів. Ахроматична точка (E) виходить сполученням основних і змішаних кольорів, які лежать один напроти одного. Змішання в однакових співвідношеннях кількостей основних фарб дає ідеальний нейтральний сірий колір.

Розташування й величина трикутника на  $u'$ ,  $v'$ -діаграмі характеризують колірне охоплення для ідеальних основних фарб (рис. 3.15).

Нейтральний сірий колір не можна одержати однаковими кількостями основних кольорів, а значення RGB не можна перевести в значення CMY простим перетворенням. На практиці виявилось, що певна комбінація нерівних частин основних фарб у стандартизованому офсетному друці дає нейтральний сірий колір. Наприклад у плоскому офсетному друці відносні площі растрових точок кольороподілених фотоформ для відносно темно-

сірого кольору складають: блакитна – 70 %, пурпурна – 60 %, жовта – 60 % або для більш світло-сірого кольору: блакитна – 24 %, пурпурна – 18 %, жовта – 18 %. Ці дані враховуються як характерні колориметричні властивості реальних друкованих фарб, що корисні для контролю специфічного параметра – *балансу за сірим*. Звичайно, ці дані не можна безпосередньо переносити на інші тріади й способи друку, що було б можливо під час використання ідеальних фарб.



Рис. 3.14. Спектральний розподіл для "ідеальних" фарб

Оптимальне використання основних (тріадних) фарб узагальнено повинне задовольняти таким *вимогам*:

спектральні властивості, що належать до відбиття або поглинання основних фарб, повинні максимально наближатися до властивостей ідеальних фарб;

колірні координати основних фарб повинні вибиратися так, щоб одержати, можливо, найбільше колірне охоплення;



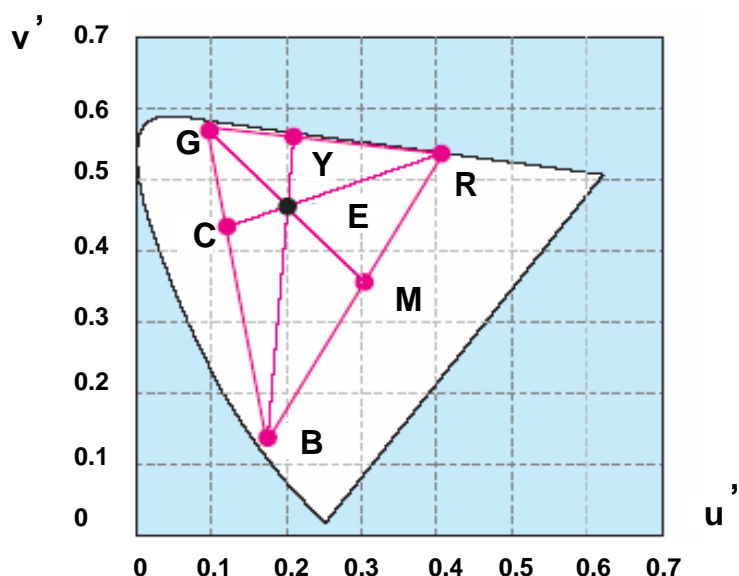


Рис. 3.15. Координати кольоровості ідеальних основних фарб і кольорів, отриманих під час їх субтрактивного змішування

рівні кількості основних фарб повинні давати у разі адитивного й субтрактивного змішування кольору під час друку ахроматичні тони, які б максимально наближалися до нейтрального сірого (за умови ідеально білого задрукованого матеріалу);

кольори, одержувані в результаті змішання першого порядку (додаткові), повинні перебувати в колірному колі якнайближче до середини відрізків, що з'єднують точки кольорів основних фарб у колірному колі (колірному просторі).

### 3.3. Математичне перетворення

У експерименті CIE частину чистих спектральних кольорів зрівняти не вдалося, в результаті чого в колірній координатній системі CIE RGB деякі кольори мали негативні координати, що було дуже незручним під час здійснення математичних розрахунків. Тому була запропонована інша колірна координатна система, отримана математичним перерахуванням з вихідної CIE RGB. Ця система одержала назву CIE XYZ за трьома координатними осями – XYZ. Негативних значень у цій системі вже не було.

Однак дана система не відображала кольоророзрізнявальних властивостей зору, що мінімальні на периферії колірного охоплення людини (у зоні насичених кольорів) і максимальні в області нульових кольоровостей

(сірих тонів). Тобто однакові відстані в CIE XYZ не відповідали однаковому зоровому розходженню між відповідними кольорами за умови однакової яскравості. Це призвело до нерівномірності (нелінійності) колірної координатної системи.

Повністю розв'язати цю проблему не вдалося дотепер, однак CIE розробив більше однорідні колірні шкали (моделі) – CIE L\*a\*b\* і CIE L\*u\*v\*. Із двох моделей більш широко застосовується модель CIE L\*a\*b\*.

### **Модель CIE L\*u\*v**

Перетворення координат у просторі CIELUV проводиться за допомогою лінійних рівнянь так, що перехід до координат u' і v' є простим. До схеми перетворень включається складова яскравості – Y. У результаті для повного опису колірних координат у CIELUV утворюється трійка L\*, u\*, v\*, значення яких розраховуються таким чином:

$$\begin{aligned} L^* &= 116 (Y / Y_n)^{1/3} - 16, \\ u^* &= 13 L^* (u' - u'_n), \\ v^* &= 13 L^* (v' - v'_n), \end{aligned} \tag{3.3}$$

$$\begin{aligned} \text{за умови } u' &= \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} = \frac{4x}{-2x + 12y + 3}, \\ v' &= \frac{4Y}{X + 15Y + 3Z} = \frac{4y}{-2x + 12y + 3}. \end{aligned}$$

Колірне розходження в CIELUV визначається за формулою Евкліда:

$$\Delta = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta u^2 + \Delta v^2}. \tag{3.4}$$

### **Модель CIE L\*a\*b\***

Добре збалансована структура колірного простору моделі L\*a\*b\* заснована на тому, що колір не може бути одночасно зеленим і червоним або жовтим і синім. Отже, для опису атрибутів "червоний/зелений" і "жовтий/синій" можна скористатися тими самими значеннями. Коли колір представляється у просторі моделі CIE L\*a\*b\*, величина L\* позначає світлоту, a\* – величину червоної/зеленої складової, а b\* – величину жовтої/синьої складової.

CIE L\*a\*b\* найбільш широко застосовується для всіх математичних розрахунків, що ведуться на комп'ютерах під час роботи з кольором.

**Зауваження:** всі операції з кольором в програмі Adobe Photoshop й взагалі на всій платформі Windows відбуваються тільки в системі CIE L\*a\*b\*.

Координати L\*, a\*, b\* можна обчислити з координат XYZ так:

$$\begin{aligned} L^* &= 116 (Y / Y_n)^{1/3} - 16, \\ a^* &= 500 [(X / X_n)^{1/3} - (Y / Y_n)^{1/3}], \\ b^* &= 200 [(Y / Y_n)^{1/3} - (Z / Z_n)^{1/3}]. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Однак у результаті перетворення колірному простору *CIELAB* виявилось неможливим представити колірний тон і насиченість двомірною діаграмою кольоровості (за аналогією з колірним трикутником CIE). Це привело до того, що в колірному колі (на противагу u', v'-діаграмі або колірному трикутнику) неможливо раціонально зобразити межі спектральних кольорів. Тому з колірного кола CIE LAB простим перетворенням була утворена форма відображення кольору **LCH**. У цьому разі насиченість C\* (*Chroma*) і колірний тон h\* (*hue*) були визначені зі значень a\* і b\* за формулою (3.6).

$$\begin{aligned} C^*_{ab} &= [a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (\text{насиченість}); \\ h^*_{ab} &= \arctan(b^* / a^*) \quad (\text{кут колірного тону}). \end{aligned} \quad (3.6)$$

Система CIE LCH використовувала циліндричні координати: світлоти, насиченість та кут повороту – колірний тон. По осі світлоти, так само як у CIE L\*a\*b\*, значення змінюються від 0 до 100. До площини кольоровості мають відношення насиченість і колірний тон (кут повороту). **Насиченість** – це лінійна координата, що показує ступінь віддалення точки від осі світлоти (змінюється у діапазоні значень від 0 до 100. Чим ближче до 100, тим більш насиченіше колір). **Колірний тон** – кутова координата (змінюється у діапазоні значень від –180 до +180).

На даний момент інформація щодо зображення зберігається переважно як дані LAB, а редагування здійснюється в просторі LCH.

### Висновки та узагальнення

У разі адитивного синтезу відчуття кольору досягається за допомогою оптичного додавання кольорів, за умови субтрактивного – вирахуванням кольорів або змішуванням фарб.

Для зручності візуального сприйняття всі видимі кольори представляються у системі CIEXYZ усередині кривої на площині  $xy$ .

Колірне охоплення монітора відповідає моделі RGB, а принтера, друкарської поліграфічної машини – моделі CMYK.

Під колірним охопленням варто розуміти область на колірній діаграмі, що охоплює всі кольори, які можуть бути відтворені за допомогою конкретного процесу (синтезу кольору на екрані монітора, друку на принтері, спеціальній поліграфічній машині й т. д.).

У результаті колірних вимірювання визначаються три числа, тобто колірні координати, що повністю визначають колір.

За умови графічної побудови залежностей кількостей основних кольорів від довжини хвилі виходять функції довжини хвилі, які називаються кривими додавання кольорів.

Метою процесу вимірювання кольору є визначення його колірних координат у деякій колірній координатній системі.

### **Теоретичні запитання**

1. Охарактеризуйте два види змішування.
2. Дайте визначення поняття "колірна діаграма". Наведіть її схематичне представлення.
3. Дайте визначення поняття "колірний охват". Наведіть його схематичне представлення та поясніть специфіку відображення охватів.
4. Опишіть такі моделі цифрового представлення кольору: RGB, CMYK та Index Color. Наведіть їх графічне представлення.
5. Поясніть особливості застосування моделей RGB, CMYK, Index Color.
6. Опишіть такі моделі цифрового представлення кольору: HSV (HSB, HSL), Lab та Grayscale. Наведіть їх графічне представлення.
7. Поясніть особливості застосування моделей HSV (HSB, HSL), Lab та Grayscale.
8. Дайте визначення основних понять, на яких базується процес колірного вимірювання (колірні координати, колірна координатна система, якість кольору та ін.).
9. Опишіть, чим відрізняються реальні кольори від нереальних у рамках математичного представлення кольору.
10. Надайте графічне представлення кривих додавання кольорів та опишіть їх змістовне навантаження.

11. Наведіть зміст закону змішання кольорів.
12. Охарактеризуйте особливості побудови кривих додавання ЦКС МКО XYZ.
13. Наведіть і поясніть розрахункову формулу для визначення числа колірних розходжень між різними кольорами.
14. Опишіть два шляхи знаходження колірних координат для випадку представлення кольору спектральним розподілом випромінювання. Наведіть відповідні розрахункові формули.
15. Охарактеризуйте процес прямого та зворотного математичного перетворення. Наведіть відповідні формули.

## 4. Графічні формати файлів

### Основна ідея

Присвячено опису основних форматів файлів і розгляду особливостей стиснення зображень.

**Ключові поняття:** формат файлів, характеристика, колірна таблиця, стиснення зображень, квантування кольору.

### Основні питання

4.1. *Характеристика та структура основних форматів файлів.*

4.2. *Особливості стиснення зображень.*

### Цілі вивчення

**Метою** є розгляд форматів файлів з позиції вирішення компромісу між колірною якістю файла зображення та його розміром; дослідження особливостей процесу стиснення зображень.

Інформація, подана далі, надає студентіві можливість сформулювати такі **компетентності**:

### **знання:**

характеристик і структури основних форматів файлів (GIF, PNG, JPEG і TIFF);

особливостей стиснення зображень;  
специфіки здійснення процесу квантування кольору;  
основних етапів стиснення за схемою JPEG.

**уміння:**

обирати формат для збереження колірної якості файла зображення;  
визначати елементний склад графічних форматів, що впливає на колірну якість;

використовувати технології стиснення (з втратами та без);  
досліджувати процес стиснення зображення;

**комунікації:**

надання допомоги у виборі найбільш доцільного формату для зображення, що дозволяє зберегти його колірну якість та одночасно мінімізувати його розмір;

надання допомоги у виборі найбільш доцільної технології стиснення;

**автономність і відповідальність:**

ухвалення рішення про доцільність застосування певних графічних форматів для збереження результатів опрацювання зображень.

## Вступ

Вивчення питань стосовно характеристик та структури форматів файлів GIF (специфікації GIF87a та GIF89a), PNG, JPEG та TIFF на основі визначення змістовного навантаження таких елементів, як дескриптор зображень, колірна таблиця, блок даних зображення тощо, допомагають прийняти найбільш доцільне рішення з вибору такого формату для файла зображення, який дозволяє зберегти колірну якість та одночасно мінімізувати розмір даного файла. Це складне завдання, що потребує розгляду специфіки кольору в рамках основних форматів файлів.

Під час вибору формату для зображення треба також урахувати технологію стиснення, закладену у певний формат. Це веде до необхідності розгляду технологій стиснення (з втратами та без) та дослідження того, як відбувається квантування кольору та дискретне косинусне перетворення (на прикладі JPEG).

## 4.1. Характеристика та структура основних форматів файлів

Досить гостро стоїть питання обсягу графічних елементів друкованих та електронних видань. З одного боку, наочність і ефективність видання багато в чому залежать від якості графічних елементів, у першу чергу, від розрішення й глибини кольору пікселів зображення. Тому зрозуміле прагнення розроблювачів використовувати багатоколірні графічні зображення.

З іншого боку, графічні файли великого обсягу вимагають і великого часу, наприклад, для завантаження зображення в браузер (важливо для електронних видань) й ін. Тому одним із *основних завдань* є відшукування належного балансу між художністю, інформативністю й обсягом видання (тобто виникають вимогами до компактності файлів).

Під час роботи із зображеннями головною метою стає досягнення компромісу між потрібною якістю зображень і розмірами файлів, що містять ці зображення. Це веде до необхідності обґрунтованого вибору форматів, який можна зробити тільки виходячи з їх структурних і функціональних особливостей.

Слід розглянути такі основні графічні формати, як GIF, PNG, JPEG і TIFF.

### ***Растровий формат GIF***

Файловий растровий формат GIF (*Graphics Image Format*) був запропонований для протоколу передачі кольорових зображень у глобальних мережах. Цей формат використовується для зберігання декількох растрових зображень в одному файлі.

Формат GIF дозволяє зберігати растрові дані в пікселях із глибиною кольору від 1 до 8 біт. Зображення записуються із застосуванням кольірної моделі RGB. Формат дозволяє зберігати зображення розміром до 64 000 пікселів, вибирати 256 кольорів у 64-мільйонній палітрі, забезпечує швидке розпаковування під час перегляду, ефективно стиснення й апаратну незалежність. Рекомендують використовувати формат для маленьких і фонових рисунків. Він не підтримує альфа-каналів і масок. Один із кольорів даного формату можна зробити прозорим, через нього буде видно об'єкти, що знаходяться нижче (корисно для web).

GIF – один із невеликої кількості форматів, що використовують ефективний алгоритм стиснення, який майже не поступається програмам-архіваторам. Для стиснення інформації використовується *алгоритм LZW* (метод запатентований у 1981 р., що дозволяє здавити розміри файлів

для зображень із великими площами однакового кольору або повторюваними рисунками, не погіршуючи якості). Іншими словами, GIF-файли не потрібно архівувати, тому що це рідко дає відчутний вигреш в обсязі.

GIF підтримує обмін не тільки графікою, але й мультимедійними даними, тому його можна вважати анімаційним.

Ще однією *особливістю формату GIF* є те, що розроблювачі змінили порядок проходження даних у файлі. Передане зображення рисується зверху вниз зі зміною чіткості й детальності. Таким чином, зображення стає чіткішим й детальнішим у міру надходження інформації з мережі. Для цього файл зображення формується під час запису так, щоб спочатку йшли всі рядки пікселів з номерами, кратними восьми (перший прохід), потім чотирьом (другий прохід), потім двом, і, нарешті, останній прохід – усі рядки, що залишилися, з непарними номерами. Кожен наступний прохід заповнює "пропуски" у попередніх, наближаючи зображення до вихідного стану.

Існують *дві специфікації GIF*. Перша належить до **формату GIF87a**, у якому передбачається запис множини зображень, друга – до **формату GIF89a**, що орієнтований на зберігання як текстових, так і графічних даних в одному файлі.

GIF87a – первісна версія формату GIF, що була випущена в травні 1987 р. Вона передбачає такі *можливості GIF-файла*:

1) *чергування*: спочатку завантажується тільки "кістяк" зображення, потім, у міру завантаження, воно деталізується. Це дозволяє на повільних лініях не вантажити весь графічний файл цілком для того, щоб одержати про нього уявлення;

2) *стиснення за алгоритмом LZW*, що забезпечує найменший обсяг файла;

3) *розміщення декількох зображень в одному файлі*, що дозволяє визначити логічну екранну область для виведення зображень.

Надалі цей стандарт був розширений специфікацією GIF89a, що має ще такі *додаткові можливості*:

1) *включення в графічний файл коментарів* (не відображаються на екрані, але можуть бути прочитані програмою, що підтримує GIF89a);

2) *керування затримкою перед зміною кадрів*, що включає керування видаленням попереднього зображення, що може бути залишено, замінено на колір фону або на те, що було перед ним, а також визначення прозорого кольору.



Загальна структура файлового формату GIF87a подана на рис. 4.1.

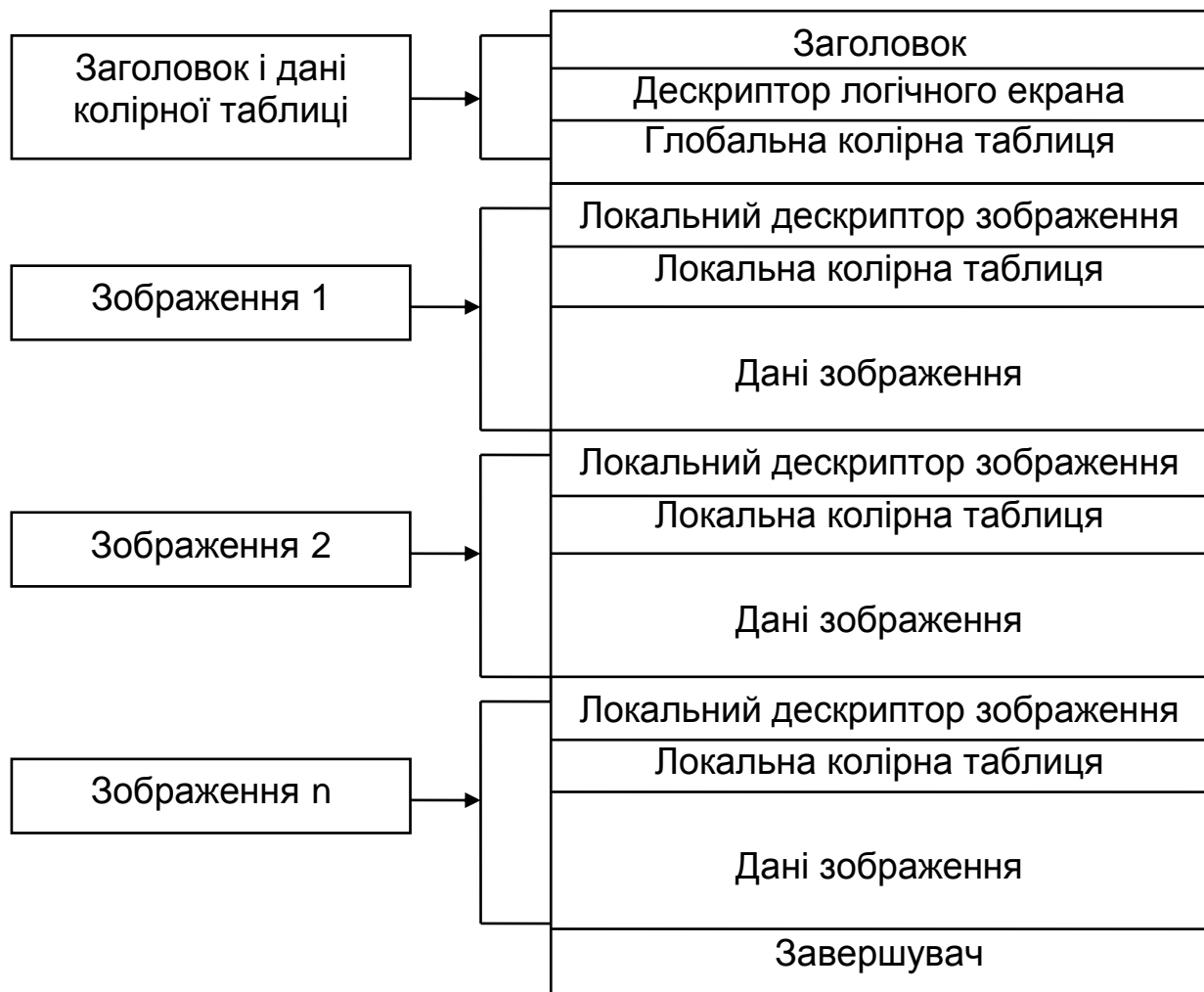


Рис. 4.1. Структура файлового формату GIF87a

**Пояснення:** кожен файл починається із заголовка (ідентифікатора) і дескриптора логічного екрана, після яких може йти глобальна колірна таблиця. Кожен із цих розділів має постійний зсув від початку файла. Будь-яке зображення, записане у файлі, містить власний локальний дескриптор зображення, локальну колірну таблицю (необов'язкову) і блок даних зображення. Останнім полем є символ завершувач, що вказує на кінець даних GIF.

**Заголовок** має довжину шість байтів і застосовується для ідентифікації файлу GIF. Заголовок включає сигнатуру заголовка (*signature*) і версію формату (*version*) GIF. Поле *signature* має довжину три байти і містить як ідентифікатор обов'язкові символи "GIF". Файл не буде розпізнаний додатком як файл зображення GIF, якщо він не починається із цих

трьох байтів. Поле *version* також має довжину три байти і вказує версію файлу GIF (87a або 89a).

*Дескриптор логічного екрана* (рис. 4.2.) містить дані про ширину й висоту відображуваного екрана в пікселях, інформацію про екран і колірну таблицю, індекс кольору фона й коефіцієнт стиснення пікселів.

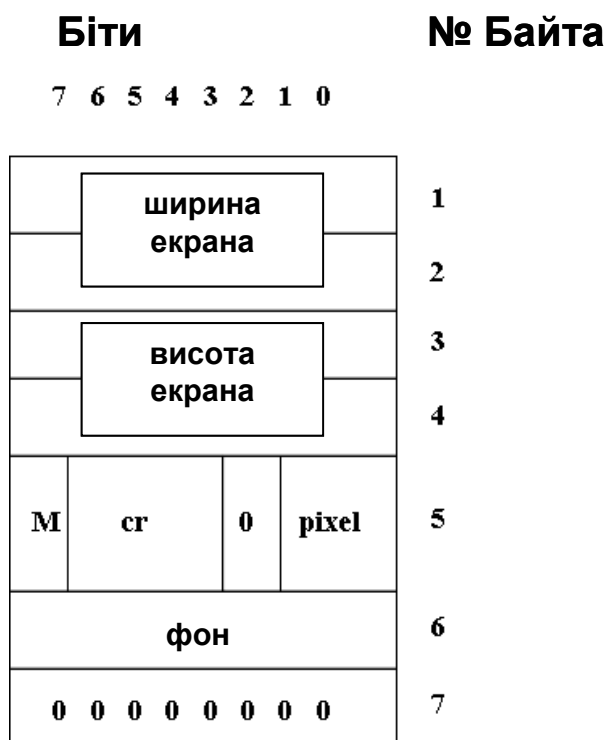
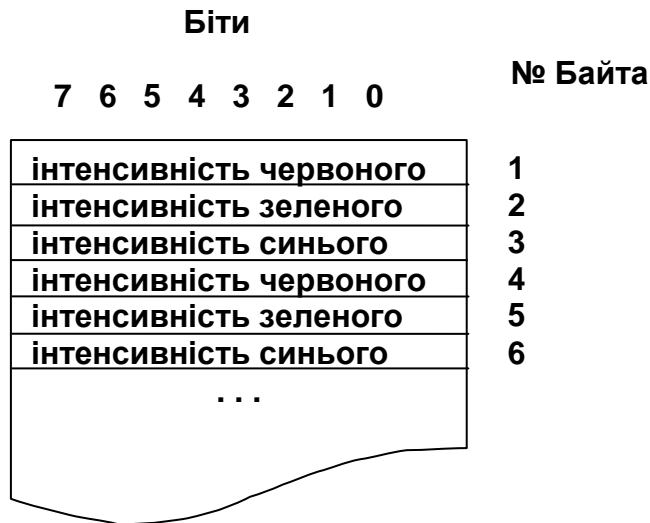


Рис. 4.2. Структура дескриптора логічного екрана

Поля ширина й висота (один – чотири байти) визначають мінімальну роздільну здатність екрана для відтворення зображення. Якщо пристрій відображення не здатний підтримувати зазначене розширення, то для правильного відтворення зображення треба масштабувати.

Значення *pixel* визначає кількість кольорів у даному зображенні.

*Глобальна колірна таблиця.* Ця таблиця є необов'язковою й рекомендується для зображень, де потрібна точна передача кольорів. На існування цієї таблиці вказує поле *M* у байті п'ятого дескриптора екрана. Якщо глобальна таблиця кольорів присутня, то її визначення слідує безпосередньо за дескриптором екрана. Кожен елемент колірної таблиці складається із трьох байтів, значення яких описують відносну інтенсивність червоного, зеленого й синього кольорів для кожного пікселя зображення. Структура блоку колірної таблиці наведена на рис. 4.3.



**Рис. 4.3. Структура блока колірної таблиці**

Одержуване значення коду кольору кожного пікселя під час висвітлення зображення буде відповідати найближчому доступному кольору з колірної таблиці дисплея. Наприклад, білий колір може бути представлений як (255, 255, 255), чорний як (0, 0, 0), жовтий як (180, 180, 0) і т. д.

Якщо глобальна колірна таблиця відсутня, то кожне зображення повинне мати власну локальну колірну таблицю, що заміняє глобальну колірну таблицю. Якщо ні глобальної, ні локальної колірних таблиць немає, то колірна таблиця може задаватися за замовчуванням.

*Дані зображення.* Кожне зображення у файлі GIF записується окремо, зі своїми Дескриптором зображення й Локальною колірною таблицею.

Локальний дескриптор зображення містить такі компоненти:

ідентифікатор дескриптора зображення;

положення зображення по осі X і по осі Y;

ширину та висоту зображення;

інформацію про зображення й дані колірної таблиці.

У розділі "інформації про зображення" визначаються прапори, що вказують на присутність локальної таблиці для пошуку кольорів і визначення послідовності висвітлення пікселів. З позиції теорії кольору, нас цікавить тільки прапор локальної колірної таблиці (біт 0) і розмір елемента локальної колірної таблиці (біти 5 – 7). Значення прапора локальної колірної таблиці дорівнює "1", якщо для даного зображення існує локальна колірна таблиця. Якщо значення даного прапора дорівнює "0", то локальна колірна таблиця відсутня й замість неї варто використовувати глобальну колірну таблицю.

GIF зберігає кодовані дані зображення у вигляді послідовностей підблоків даних. Більшість підблоків мають довжину 255 байт.

Для фіксації процесу закінчення файлу зображення GIF використовується один байт даних, що розглядається як символ-"завершувач". Він сприймається як сигнал закінчення процесу оброблення зображення.

**Структура файлового формату GIF89a:** стандарт GIF був розширений специфікацією GIF89a, що додала формату нові функціональні можливості. Файл GIF89a складається із блоків, розташованих у певній послідовності. Виокремлюють *блоки трьох типів*:

1) *керуючі блоки*: заголовок, опис логічного екрана (задається розмір поля екрана, в якому відображається файл), керування графічними розширеннями (може містити вказівку на локальну палітру, розташування на логічному екрані, затримку й спосіб видалення зображення; впливає тільки на наступний за ним блок зображення), ознака кінця – визначає, як будуть оброблятися зображення;

2) *блоки зображення*: зображення, опис палітри – містять дані для самого зображення;

3) *спеціальні блоки*: коментарі, прикладні розширення – не впливають на зображення, але обробляються прикладними програмами.

Однією з **головних переваг** даного формату є те, що він дозволяє довільно задавати кількість кольорів або розмір палітри, що використовується у зображенні. Інші формати, як правило, мають лише стандартні градації глибини кольору: 2, 16, а потім відразу 256, 215 (режим *high color*) і 224 (режим *true color*). GIF же може мати будь-яку кількість кольорів від 2 до 256, і якщо в зображенні використовується, наприклад, 64 кольори, то для зберігання кожного пікселя буде використано рівно шість бітів.

До **недоліків** належить обмежена кількість використовуваних кольорів (до 256). Іноді потрібна більша палітра кольорів, тому доводиться апроксимувати вихідне зображення кольорами усіченої палітри. У цьому випадку використовується метод апроксимації, що одержав назву **дифузія**. У цьому разі області, які в оригіналі були залиті однорідним кольором, після перетворення заповнюються сумішшю пікселів різних кольорів, розкиданих за випадковим законом. Кожен відсутній у палітрі колір передається пікселями двох найближчих до нього кольорів нової палітри. У результаті зображення здобуває характерну зернисту, шорстку фактуру. Часто дифузія є єдиним способом, що дозволяє хоч як-небудь адекватно передати вихідні кольори за допомогою палітри, на якій цих кольорів немає.

### **Растровий формат PNG**

Файловий растровий формат PNG (*Portable Network Graphic*) – це формат, орієнтований на фахівців в області комп'ютерної графіки. Він

розроблений як альтернатива формату GIF, але за основними можливостями його перевершує.

Формат PNG дозволяє зберігати зображення, бітова глибина яких досягає 16 біт/піксел (у шкалі сірого кольору) або 48 біт/піксел (в *true-color*-зображеннях). Цей формат забезпечує поетапне відображення даних, зберігання інформації про прозорість.

*PNG і GIF89a мають загальні ознаки:*

забезпечують стиснення даних зображення без втрат;

підтримують зберігання індексованих зображень, що містять до 256 кольорів;

забезпечують поетапне відображення із черезрядковим розгорненням;

підтримують прозорість основного кольору.

Разом із тим *формат PNG наділений більш широкими функціональними можливостями* порівняно з форматом GIF:

більш висока швидкість поетапного відображення із черезрядковим розгорненням;

зберігання *true color*-зображень глибиною до 48 біт/піксел;

зберігання зображень у шкалі сірого кольору глибиною до 16 біт/піксел;

гама-індикатор;

CRC-метод виявлення руйнування потоку даних;

стандартний інструментарій для реалізації програм читання й запису PNG.

*Разом із тим формат PNG не володіє:*

можливістю запису декількох зображень, як GIF;

можливістю зберігання анімаційних послідовностей.

Дані PNG-зображень завжди зберігаються в стисненому вигляді. Для стиснення застосовується один із варіантів методу *Deflate* (алгоритм *Deflate*, створений Філом Кацем, використовується в утиліті архівації файлів *pkzip*). Цей метод стиснення даних *без втрат* має високу швидкість кодування/декодування, добре документований і поширюється безкоштовно. *Deflate* є різновидом методу стиснення LZW. У *Deflate* для стиснення використовується алгоритм Хаффмана.

### **Графічний формат JPEG**

Абревіатура файлового формату JPEG походить від назви комітету із стандартів *Joint Photographic Experts Group* (Об'єднана група експертів із фотографії), що входить до складу Міжнародної організації зі стандартизації (ISO). У 1982 р. ISO сформувала групу експертів із фотографії (PEG),

поклавши на неї обов'язки щодо проведення досліджень в області передачі відеосигналів, нерушливих зображень і текстів.

У 1986 р. були початі дослідження методів стиснення кольорових і напівтонових даних. Застосовувані під час цього методи стиснення кольорових даних дуже нагадували ті, які досліджувалися групою JPEG. Тому в 1987 р. було ухвалене рішення об'єднати ресурси цих груп для спільної роботи над єдиним стандартом. Обидві групи об'єднали в комітет, що повинен був провести дослідження й випустити стандарт стиснення даних, що одержав назву JPEG.

JPEG є методом, що дозволяє стискати дані великих повно-кольорових багатоградаційних зображень (наприклад, кольорових фотографій) із глибиною від 6 до 24 біт/піксел з досить високою швидкістю й ефективністю. Він дозволяє досягти високих коефіцієнтів стиснення. Однак максимальне стиснення графічної інформації пов'язане з певною втратою інформації.

Фактично JPEG означає алгоритм стиснення, а не конкретний формат подання графічної інформації. Практично будь-яку графічну інформацію можна стиснути за таким алгоритмом. Формат файлів, що використовують алгоритм JPEG, формально називають **JFIF** (*JPEG File Interchange Format*). На практиці дуже часто файли, що використовують JPEG-стиснення, називають JPEG-файлами.

Схема JPEG була спеціально розроблена для стиснення кольорових і напівтонових багатоградаційних зображень, фотографій, складної графіки. Користувач може "відрегулювати" якість кодувальника JPEG, використавши параметр, що іноді називають Q-фактором (його типовий діапазон від 1 до 100). За умови значення фактора = 1 створюється стиснене зображення найменшого розміру, але поганої якості; у разі значення фактора = 100 виходить стиснене зображення більшого розміру й кращої якості. Оптимальне значення Q-фактора залежить від змісту зображення й підбирається індивідуально.

На основі JPEG-методу стиснення побудовані численні формати, наприклад формат TIFF/ JPEG.

JPEG є TrueColor-форматом, тобто може зберігати зображення із глибиною кольору 24 біт/піксел. Такої глибини кольору досить для практично точного відтворення зображень будь-якої складності на екрані монітора. У випадку перегляду кольорового зображення на екрані монітора з великою глибиною кольору, наприклад, 32 біт/піксел (така глибина кольору, як правило, використовується у видавничій діяльності) воно практично не відрізняється від зображення із глибиною кольору 24 біт/піксел.

*Зауваження 1:* JPEG має більший ступінь стиснення зображень, ніж GIF, але не може зберігати декілька зображень в одному файлі.

*Зауваження 2:* JPEG орієнтований, насамперед, на реалістичні зображення, тобто зображення фотографічної спрямованості, і якість стиснення значно погіршується під час оброблення зображень із чітко обкресленими лініями й межами кольорів. Графічна анімація, чорно-білі ілюстрації, документи, а також типова векторна графіка, як правило, JPEG стискаються теж погано.

*Зауваження 3:* JPEG використовує *схему стиснення із втратами*, що зменшує обсяг файла за рахунок якості зображення. Схема стиснення заснована на відкиданні інформації, що важко помітити візуально (невеликі зміни кольору погано розпізнаються оком).

### ***Растровий формат TIFF***

Растровий формат TIFF (*Tagged Image File Format*) був створений для подолання труднощів переносу графічних файлів з IBM-сумісних ПК на ПК Macintosh і назад. Специфікація TIFF була випущена *Aldus Corporation* в 1986 р.

Формат використовується в основному для друку. TIFF характеризується великими обсягами одержуваних файлів, тому він використовується переважно під час введення інформації зі сканерів і в електронних версіях друкованих видань.

*Історична довідка:* TIFF 4.0 (квітень 1987 р.) міг підтримувати оброблення нестиснених кольорових RGB-зображень. TIFF 5.0 (серпень 1988 р.) дозволяв зберігати кольорові зображення з палітрою й підтримувати алгоритм стиснення LZW. TIFF 6.0 (червень 1992 р.) розширив можливості підтримкою кольорових зображень моделей CMYK і методу стиснення JPEG.

Даний формат вважають таким, який добре стискає. Він підтримує кілька схем стиснення; в TIFF 5.0 була додана *схема стиснення LZW* звичайно, використовувана під час роботи з кольоровими зображеннями, а в TIFF 6.0 – *метод JPEG* застосовуваний для стиснення багато-градацийних кольорових і напівтонових зображень. У TIFF застосовується також *схема стиснення PackBits RLE* використовувана інструментальними засобами Macintosh.

На сьогодні TIFF – формат, підтримуваний більшістю графічних програм створення й оброблення зображень, програмними пакетами для верстання. Він має здатність до розширення, що дозволяє записувати растрові зображення з будь-якою глибиною кольору.

Подання **структури формату файла TIFF** наведено на рис. 4.4.

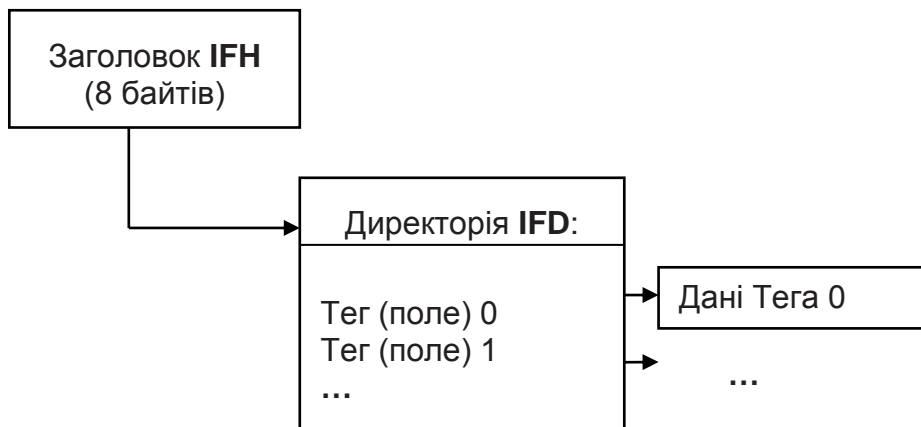


Рис. 4.4. Структура TIFF-файла

Файли TIFF складаються із трьох розділів: заголовка файлу зображення (Image File Header – IFH), директорії файлу зображень (Image File Directory – IFD) і растрових даних (Тег). З них необхідними є тільки IFH і IFD.

Файл TIFF, що містить декілька зображень, буде містити стільки ж директорій файлу й розділів растрових даних (по одному для кожного зображення).

Заголовок завжди розташовується в перших вісьмох байтах кожного файлу TIFF. Усі інші дані файлу створюються з використанням інформації IFD. Директорія файлу зображення й пов'язаний з нею растр складають субфайл TIFF.

У специфікації TIFF 6.0 термін "тег" замінений терміном "поле". Тепер на весь 12-байтовий запис даних вказує термін "поле", а термін "тег" перевизначений для вказівки тільки на число, що ідентифікує це поле. Зображення, записані у форматі TIFF 6.0, можуть бути організовані й у вигляді смуг, і у вигляді фрагментів.

Специфікація TIFF пропонує концепцію основних типів зображень: дворівневе, напівтонове, кольорове з палітрою й повнокольорове.

TIFF підтримує два способи зберігання кольірних даних: TIFF-P та TIFF-R.

Зберігання кольірних даних за першим способом (TIFF-P) подібне до GIF й базується на використанні кольірної палітри для зображення. Під час цього дані про зображення зберігаються як коди.

Цей спосіб забезпечує ефективність зберігання, але обмежує палітру 256 кольорами. Колірна палітра створює свої елементи з 48-бітової палітри (основна структурна одиниця TIFF – двобайтове слово, отже, по 16 кольорів надано кожної з кольірних площин моделі RGB: червоній, зеленій і синій).

Зберігання кольірних даних за другим способом (TIFF-R) спрямоване на використання для визначення повних RGB-зображень. Елемент растра



представляється трьома восьмибітовими RGB-значеннями, що забезпечує більше 16 млн. кольорів.

Таким чином, під час вибору конкретного формату файла необхідно виходити з досягнення певного компромісу (виходячи з кінцевої мети роботи) між якістю зображення й розміром отриманого файла.

## 4.2. Особливості стиснення зображень

Оскільки кольорові зображення, зазвичай, вимагають більше 1 Мб для свого стиснення, більшість форматів файлів містить технологію стиснення. Технології стиснення засновані на повторюваності окремих ділянок усередині даного зображення для пошуку еквівалентного представлення, що займає менший обсяг.

Виокремлюють *дві технології стиснення*:

1) **технологія стиснення із втратами** (тобто після стиснення-розпакування (мається на увазі JPEG формат) утворюється зображення, що близько до оригіналу, але не збігається з ним повністю);

2) **технологія стиснення без втрат** (тобто, якщо взяти зображення, стиснути його, а потім відновити, то зображення, що вийшло, буде ідентично оригіналу з точністю до біта).

### ***Квантування кольору***

Яким чином можна відобразити 24-бітове зображення формату JPEG на пристрої виведення, що підтримує тільки вісім бітів/піксел? І яким чином можна перетворити файл JPEG у формат GIF, що підтримує максимум 8 бітів/піксел?

Відповідь дає процес **квантування кольору**, що полягає в зменшенні кількості кольорів, що використовуються у зображенні. Процес базується на *технології усередненого квантування*.

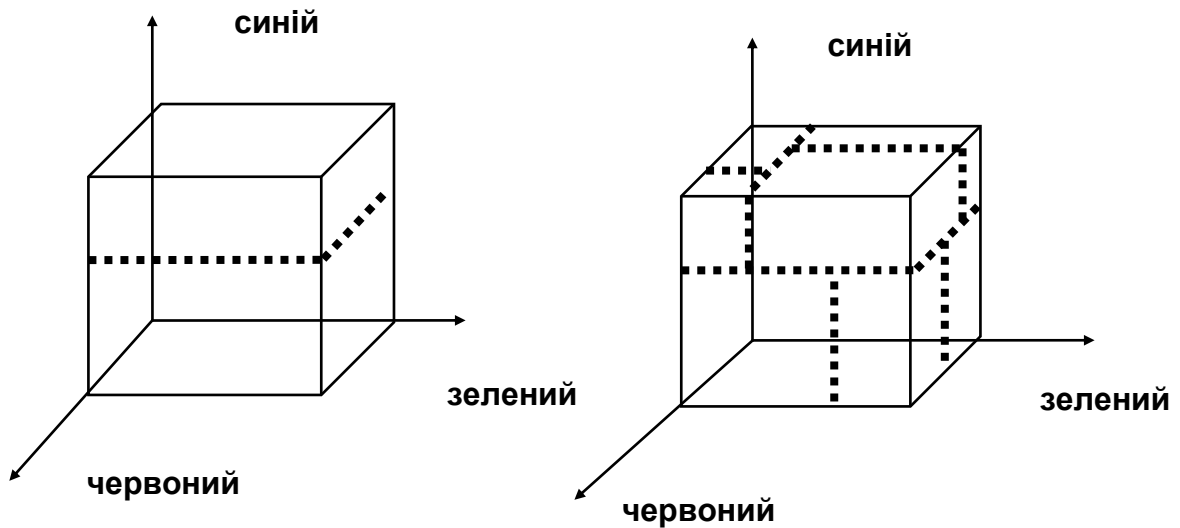
Послідовність дій за даною технологією:

1) створюється тривимірний сума частот використання кожного кольорового значення пікселя;

2) будується кубічна область, що містить всі дані про частоту появи кожного з кольорів;

3) куб ділиться на дві прямокутні області так, щоб кожна частина містила половину значень частот (рис. 4.5 а);

4) процес виконується рекурсивно, ділячи прямокутні області навпіл, використовуючи різні кольорні осі доти, доки не вийде 256 блоків приблизно з однаковою частотою (приклад проміжного розподілу показаний на рис. 4.5 а).



а) ділення на дві прямокутні області

б) ділення на 256 блоків

Рис. 4.5. Технологія усередненого квантування кольору

### Перетворення файлів (на прикладі JPEG)

Процес стиснення за схемою JPEG містить ряд етапів (рис. 4.6).

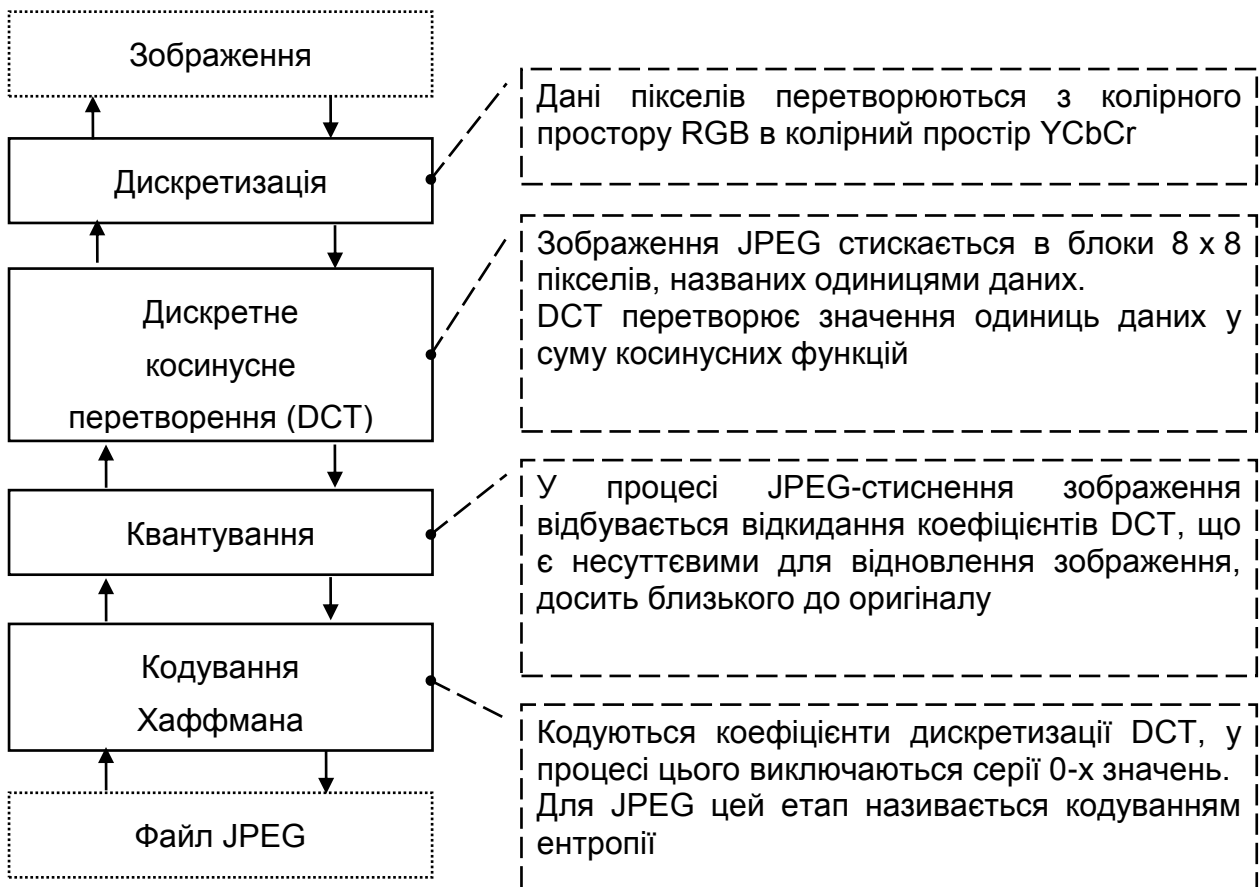


Рис. 4.6. Структура JPEG-перетворення

Алгоритми стиснення, що базуються на DCT, стали основою різних методів стиснення. Ці алгоритми базуються не на пошуку однакових атрибутів пікселів (як у LZW), а на різниці між ними.

JPEG здатний забезпечити високий ступінь стиснення за умови мінімальних втрат даних. Схема JPEG ефективна тільки під час стиснення багатоградаційних зображень, в яких розходження між сусідніми пікселями, як правило, досить незначні. Практично JPEG добре працює тільки із зображеннями, що мають глибину хоча б 4 або 5 біт/піксел на колірний канал.

*Основні етапи стиснення за схемою JPEG:*

1) перетворення зображення в оптимальний колірний простір (наприклад, з RGB у колірний простір YCbCr, де Y – яскравість, Cb і Cr визначають кольоровість: Cb задає синявість зображення, а Cr – задає його червоність);

2) дискретизація компонентів кольоровості усередненням груп пікселів;

3) застосування DCT для зменшення надмірності даних зображення: ключовим компонентом роботи алгоритму є DCT.

**DCT** – різновид перетворення Фур'є, що має пряме й зворотне перетворення. Графічне зображення можна розглядати як сукупність просторових хвиль, причому осі  $x$  і  $y$  збігаються із шириною й висотою картини, а по осі  $z$  відкладається значення кольору відповідного пікселя зображення.

DCT дозволяє переходити від просторового представлення картини до її спектрального представлення й назад. Впливаючи на спектральне представлення картини, що складається з "гармонік", тобто відкидаючи найменш значущі з них, можна балансувати між якістю відтворення й ступенем стиснення.

DCT перетворює матрицю пікселів розміром  $N \times N$  у матрицю частотних коефіцієнтів відповідного розміру. У вихідній матриці низькочастотні компоненти розташовані ближче до лівого верхнього кута, а високочастотні – праворуч і вниз. Це важливо тому, що більшість графічних образів на екрані комп'ютера складається з низькочастотної інформації. Високочастотні компоненти не так важливі для передачі зображення. Таким чином, **DCT дозволяє визначити, яку частину інформації можна безболісно відкинути, не вносячи серйозних перекручень у картинку.**

DCT є перетворенням інформації без втрат і не здійснює ніякого стиснення. Навпаки, воно підготує інформацію для етапу стиснення

із втратами або округлення (**округлення** – процес зменшення кількості бітів, необхідних для зберігання коефіцієнтів матриці DCT за рахунок втрати точності);

4) квантування кожного блоку коефіцієнтів DCT із застосуванням вагових функцій, оптимізованих з урахуванням візуального сприйняття людиною (рівень квантування визначається глибиною кольору, тобто кількістю кодових комбінацій, що використовуються для кодування кольору. Так відбувається квантування кольору);

5) кодування результатівних коефіцієнтів (даних зображення) із застосуванням алгоритму Хаффмана для видалення надмірності інформації. Декодування JPEG здійснюється у зворотному порядку.

### **Висновки та узагальнення**

Під час роботи із зображеннями важливо досягти компромісу між потрібною якістю зображень і розмірами файлів, що містять ці зображення. Це веде до необхідності обґрунтованого прийняття рішення щодо вибору форматів. Таке рішення повинно ґрунтуватися на дослідженні специфіки структурної побудови форматів, їх особливостей та технологій стиснення, що закладені у формати.

Технології стиснення зображень поділяються на технології з втратами та технології без втрат.

Процес квантування кольору полягає в зменшенні кількості кольорів, які використовуються у зображенні.

### **Теоретичні запитання**

1. Охарактеризуйте файловий растровий формат GIF (загальна характеристика, особливості, специфікації, структурні елементи, переваги та недоліки формату).

2. Які існують специфікації GIF-файлів?

3. Охарактеризуйте файловий растровий формат PNG (загальна характеристика, порівняльна характеристика з GIF89a, функціональні можливості формату, особливості процесу стиснення інформації).

4. Охарактеризуйте файловий графічний формат JPEG (загальна характеристика, особливості формату, переваги та недоліки формату).

5. Охарактеризуйте файловий растровий формат TIFF (загальна характеристика, особливості формату, особливості процесу стиснення інформації, узагальнена структура TIFF-файла, способи зберігання кольорних даних).

6. У чому полягає сутність процесу квантування кольору?

7. Розкрийте змістовне навантаження всіх етапів здійснення процесу стиснення зображення на прикладі розгляду структури JPEG-перетворення.

8. У чому полягає сутність процесу дискретного косинусного перетворення?

9. Поясніть зміст алгоритму Хаффмана.

10. Наведіть та опишіть методи стиснення, що використовуються форматами GIF, PNG, JPEG та TIFF.

## Розділ 2. Цифрове опрацювання зображень та синтез кольору в процесах друкарського кольоровідтворення

### 5. Вимірювання та управління кольором у кольориметричних системах

#### Основна ідея

Присвячено розгляду особливостей здійснення процесів вимірювання кольору та керування кольором на основі використання колірних профілів і параметрів системи керування кольором.

**Ключові поняття:** колориметрія, колориметричні системи, вимірювальне обладнання, колірний профіль, система керування кольором, профілювання, програмна кольоропроба.

#### Основні питання

5.1. Теоретичні основи вимірювання кольору.

5.2. Керування кольором.

#### Цілі вивчення

**Метою** є дослідження специфіки здійснення колірних вимірювань та особливостей настроювання й використання системи керування кольором.

Інформація, подана далі, надає студентіві можливість сформулювати такі **компетентності**:

#### **знання:**

основ вимірювання кольору;

характеристик кольоровимірювальних приладів;

особливостей роботи системи керування кольором;

специфіки калібрування та профілювання обладнання;

особливостей роботи з колірними профілями;

специфіки процесу взяття програмної кольоропроби;

#### **уміння:**

працювати з системою керування кольором;

створювати, підключати та перетворювати колірні профілі;

створювати політики керування кольору;  
калібрувати та профілювати обладнання;  
брати програмну кольоропробу;

**комунікації:**

допомога в процесах калібрування та профілювання обладнання;  
консультації представників підприємства щодо здійснення настроювання параметрів системи керування кольором;

**автономність і відповідальність:**

прийняття рішення щодо обрання доцільної колірної політики;  
самостійний вибір найбільш доцільної конфігурації параметрів системи керування кольором.

## **Вступ**

У процесі роботи з кольором одним із проблемних питань є дослідження його якості у ході відтворення на екрані монітора або під час друку. Для отримання інформації щодо якості кольору необхідно здійснити його вимірювання на основі використання певних кольоровимірювальних приладів (колориметрів, денситометрів тощо).

Для забезпечення високої якості відображення кольору на різних моніторах та під час друку необхідно попередньо настроїти систему керування кольором та використовувати відповідні політики у процесі опрацювання кольору зображення та його відображенні. У цьому разі потрібно знати, як створити, підключити, перетворити та використати колірні профілі в різних колірних просторах, які параметри треба задіяти в системі керування кольором та як отримати інформацію (на основі грамотного використання програмної кольоропроби) щодо зміни кольору, в разі використання різних колірних просторів. Розгляду даних питань і присвячений даний розділ навчального посібника.

### **5.1. Теоретичні основи вимірювання кольору**

Вчення про вимірювання кольору має назву **метрологія кольору** або **колориметрія**.

У процесі вимірювання кольору основним завданням є визначення координат кольору, оскільки всі інші величини обчислюють за їх значенням. Координати кольору можуть бути або визначені безпосередньо

за допомогою трифарбних колориметрів або компараторів кольору, або обчислені на підставі спектрів дифузного віддзеркалення або пропускання.

Колориметрія використовує *два способи кількісного опису кольорів*:

1. Визначення їх колірних координат  $i$ , тим самим, суворих чисельних характеристик, за якими їх можна не тільки описати, але й відтворити. Системи вимірювання кольору називаються **кольорометричними**. Сукупність нормованих умов вимірювання кольору складає кольориметричну систему.

Перша стандартна колориметрична система була прийнята в 1931 році на VIII сесії Міжнародної комісії з освітлення – МКО (у літературі замість МКО часто використовується позначення CIE – від французької назви *Commission Internationale de L'Eclairage*). Як три лінійно незалежні кольори були вибрані такі монохроматичні випромінювання: червоний R; зелений G, синій B (система RGB).

Необхідно, щоб умови вимірювання, від яких залежать результати, були постійними, прийнятими за норму. Значення колірних координат вимірюваного кольору залежать від багатьох *факторів*: кольоровість основних кольорів, рівень яскравості об'єкта, одиниці кількостей основних кольорів, розміри фотометричного поля й ін.

На сесії МКО в тому ж 1931 року була прийнята ще одна система. Її складові кольори були більш насиченими, ніж спектральні. Оскільки таких кольорів у природі немає, то вона отримала назву XYZ. Дана колориметрична система була отримана штучно, шляхом перерахунку з колірних координат RGB.

У даний час робочою є колориметрична система XYZ. У ній зазвичай виражають результати вимірювань, а система RGB виконує допоміжну, інколи контрольну функцію.

2. Знаходження в деякому наборі еталонних кольорів зразка, тотожного даному. Сукупність зразків складає систему, що називається **системою специфікації**.

Прилади для вимірювання кольору "сприймають" колір так само, як і зоровий апарат людини: шляхом прийому й фільтрації відбитих від об'єкта й перетворених у такий спосіб світлових хвиль різної довжини. Прилад зіставляє відбите світло з певною довжиною хвилі як певне числове значення.

Значення можна *інтерпретувати*:

через величину оптичної щільності або інтенсивності – для цього слугує **денситометр** (рис. 5.1 а);



через тривимірні координати кольору – для цього призначений **колориметр** (рис. 5.1 б);

через спектральні дані – для цього призначений **спектрофотометр** (рис. 5.1 в).



а) денситометр



б) колориметр



в) спектрофотометр

Рис. 5.1. Кольоровимірювальні прилади

Кольоровимірювальні прилади всіх трьох типів приписують кольору певні числові значення, які згодом можна проаналізувати й інтерпретувати в термінах припустимих відхилень і контрольних обмежень.

**Денситометр** – це фотоелектричний пристрій, що заміряє і обчислює, який відсоток від відомого обсягу світла відбивається від об'єкта (або

проникає через об'єкт). Цей прилад застосовується, насамперед, у поліграфії, додрукарській підготовці й фотографії для визначення інтенсивності кольору, що заміряється.

**Колориметр** також заміряє інтенсивність світлового потоку, але на відміну від денситометра він розбиває світло на його RGB компоненти (приблизно так само, як це робить людське око, кольоровий монітор або сканер). Потім він визначає числові значення, що відповідають досліджуваному кольору в колірному просторі CIE XYZ або в одному з його похідних – CIE L\*a\*b\* або CIE L\*u\*v\*. Дані вимірювання потім інтерпретуються візуально – будується графічне представлення колірного простору.

**Спектрофотометр** заміряє спектральні дані, тобто кількість світлової енергії, відбитої від об'єкта, відразу в декількох інтервалах, розташованих уздовж усього видимого спектра. У результаті виходить складний набір даних – серія величин, які візуально інтерпретуються у вигляді спектральної кривої. Спектрофотометр збирає найбільш повну колірну інформацію про колір. Потім цю інформацію шляхом декількох стандартних обчислювальних операцій можна перевести в колориметричні або денситометричні дані.

Найбільш точними й універсальними є саме спектрофотометри.

Колірні вимірювання базуються на теоретичному підґрунті, в основі якого лежать відповідні закони. У 1853 р. Грассманом були сформульовані три такі **закони додавання кольорів**:

**закон тривимірності**: будь-який колір однозначно виражається трьома, якщо вони лінійно незалежні. Лінійна незалежність полягає в тому, що не можна одержати ніякий із зазначених трьох кольорів додаванням двох інших;

**закон безперервності**: стверджує, що під час безперервної зміни випромінювання колір суміші також змінюється безперервно. Немає такого кольору, до якого неможливо було б підібрати безпосередньо близький;

**закон адитивності**: колір суміші основних випромінювань залежить тільки від їх кольорів, а не від їх спектрального складу. Із закону випливає факт адитивності колірних рівнянь, тобто, якщо кольори декількох рівнянь описані колірними рівняннями, то колір виражається сумою цих рівнянь.

Ці три закони можна звести до одного – **основного колориметричного закону**: світлоадаптоване трихроматичне око оцінює падаюче на нього випромінювання за трьома незалежними одна від одної спектральними функціям впливу (додавання) лінійно й постійно, причому син-

тезує ці окремі впливи в нерозривний сумарний вплив, що називається "стимулом".

Щодо фактора "кольоровість основних кольорів" слід зазначити, що в основі будь-якої кольориметричної системи перебувають кольоровості кольорів тріади. Основні випромінювання вибираються так, щоб вони відповідно до першого закону Грассмана були лінійно незалежні. Цій вимозі відповідають випромінювання синього, зеленого й червоного кольорів. Для вимірювання кольору можна скористатися різними тріадами, однак практично їх кількість обмежена. Це пов'язано з тим, що колориметрія висуває до основних кольорів не тільки вимогу лінійної залежності, але й інші, наприклад, можливість більшої насиченості відтворених кольорів.

Із фактором "рівень яскравості об'єкта" пов'язана контрастна чутливість ока. Тому дві ділянки різних кольорів, що розрізняються за умови однієї яскравості, можуть виявитися нерозрізнені у разі іншої, коли чутливість ока знижується. Отже, умови кольориметричних вимірювань доцільно нормувати так, щоб рівень яскравості поля був оптимальним щодо чутливості ока.

Кожен із цих факторів впливає на процес вимірювання й повинен бути врахований спеціалістами, що здійснюють даний процес.

## 5.2. Керування кольором

### *Система керування кольором*

Як досягти того, щоб фотографічний оригінал зберігав передачу кольору у друкарському відтиску? Справа не тільки в розходженнях колірних охоплень пристроїв (рис. 5.2), складових технологічного ланцюжка, але й у різних способах відображення кольорів. Усі сканери, цифрові камери й монітори є RGB-пристроями, тобто працюють із адитивними кольорами, а принтери й друкарські машини – із субтрактивними. Із цієї причини досягти абсолютно точної відповідності відображення кольорів на моніторі й принтері неможливо, але можна до цього наблизитися.

На кожному етапі технологічного ланцюжка необхідно здійснювати управління кольором: "сканування – макетування – кольороперетворення – кольоропроба – кольороподіл – друк".

Коректне відтворення кольорів забезпечує **система управління кольором** (*Color Management System (CMS)*), що допомагає зробити колір передбачуваним під час передачі між пристроями.

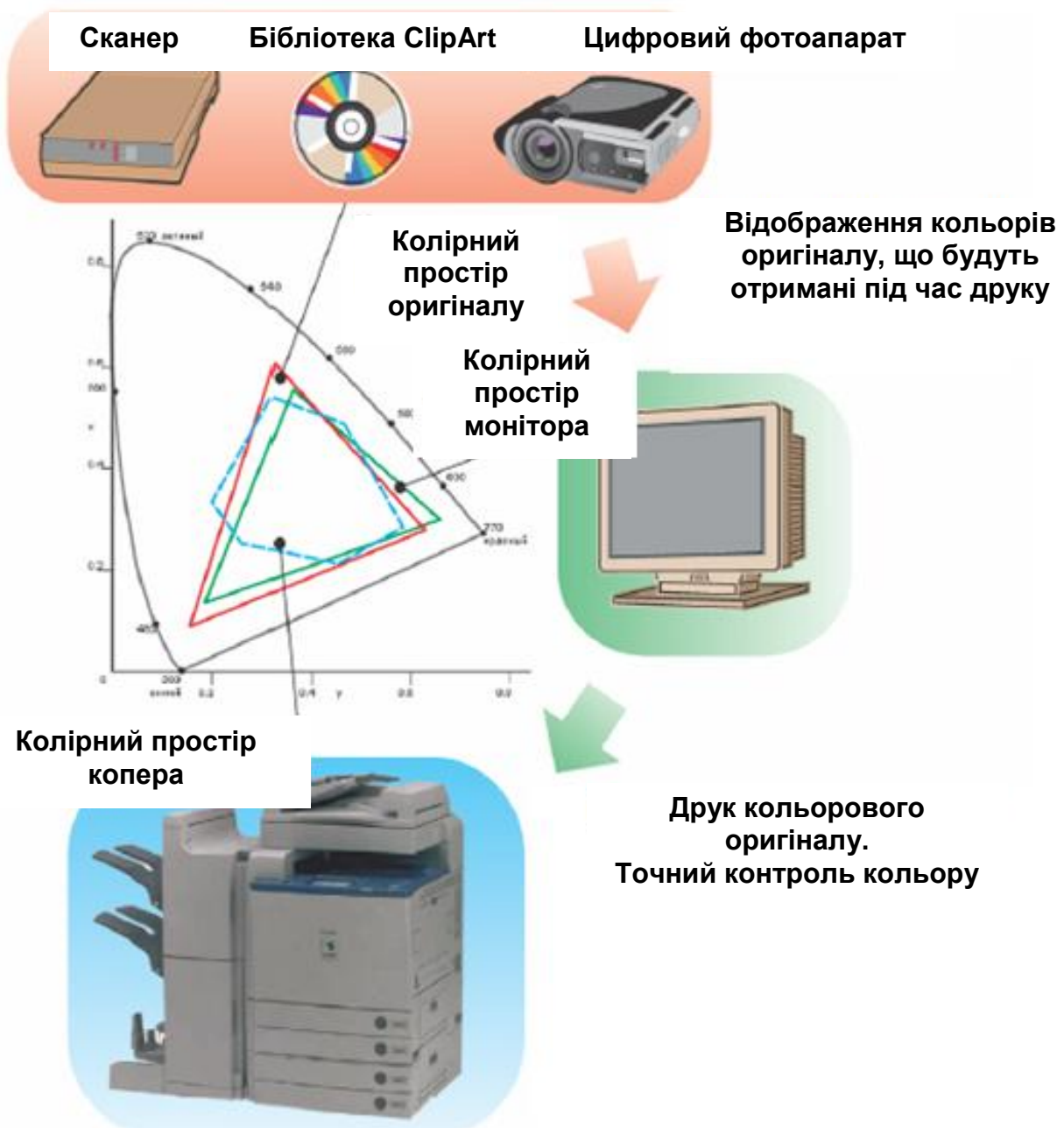


Рис. 5.2. Колірні охоплення пристроїв, що беруть участь у процесі відтворення кольору оригіналу

**CMS** – це сукупність програмних і апаратних засобів, розроблених для узгодження розходжень відтворення кольору сканерами, моніторами, принтерами й друкарськими машинами, щоб гарантувати стабільне відтворення кольору протягом даного процесу (тобто кольори оригіналів точно представляють кольори, отримані на відтиску).

CMS дозволяє перетворити колірні простори, задіяні на різних етапах підготовки друкованої продукції з метою узгодження кольорів.

Щоб CMS успішно працювала, їй необхідно "знати", як передають кольори всі пристрої в технологічному ланцюжку (наприклад, від сканера до принтера), тому що на практиці кожен пристрій відтворює колір посвоєму. Ураховуючи це, можна сказати, що колір, який бачить людина, залежить від відтворювального пристрою, тобто, *кожен пристрій має свій особливий колірний простір*.

Індивідуальні дані про пристрої *збираються в колірний профіль*.

CMS використовує профілі, щоб перетворити колірний простір одного пристрою у колірний простір іншого пристрою. Завдання вимірювання колірних характеристик пристроїв вирішує калібрування. Його результатом є *побудова колірних профілів* (або просто профілів) пристроїв.

**Профіль** становить таблицю, в якій кольори, відображувані (або ті, що реєструються) пристроєм, описані в єдиній колірній моделі. Зрозуміло, що ця модель повинна містити колірні охоплення всіх можливих пристроїв, тобто практично збігатися з колірним охопленням людського ока (мається на увазі модель Lab. Саме вона або її аналоги й використовуються для опису колірних охоплень усіх пристроїв, задіяних у підготовці друкованих видань).

Профіль пристрою містить інформацію про те, як воно представляє кольори. Тобто опис колірного простору і є **колірним профілем**.

Колірні простори різних пристроїв перетинаються між собою, але ніколи не збігаються повністю (див. рис. 3.7). Це означає, що кольори, відтворені одним пристроєм, можуть виявитися недоступними для іншого. Якщо це продемонструвати прикладом, то доцільно порівняти якість зображення з позиції аналізу колірного простору, що наведений у файлах конкретних профілів (рис. 5.3). Так, у файлі профілю "sRGB" – введені кольори, що може відобразити монітор, а у файлі профілю "SWOP TR001 CHROMiX mdGCR300" ті, що може відобразити конкретний пристрій виведення. З аналізу значень колірних координат (для цього обрана система CIE XYZ) зрозуміло, що під час переведення зображення в модель CMYK із застосуванням файла профілю "TR001 CHROMiX mdGCR300" відбувається зміна кольорів зображення (візуально зображення тьмяніє). Тому дуже важливим є процес узгодження кольорів між різними пристроями, що відбувається із застосуванням системи CMS.

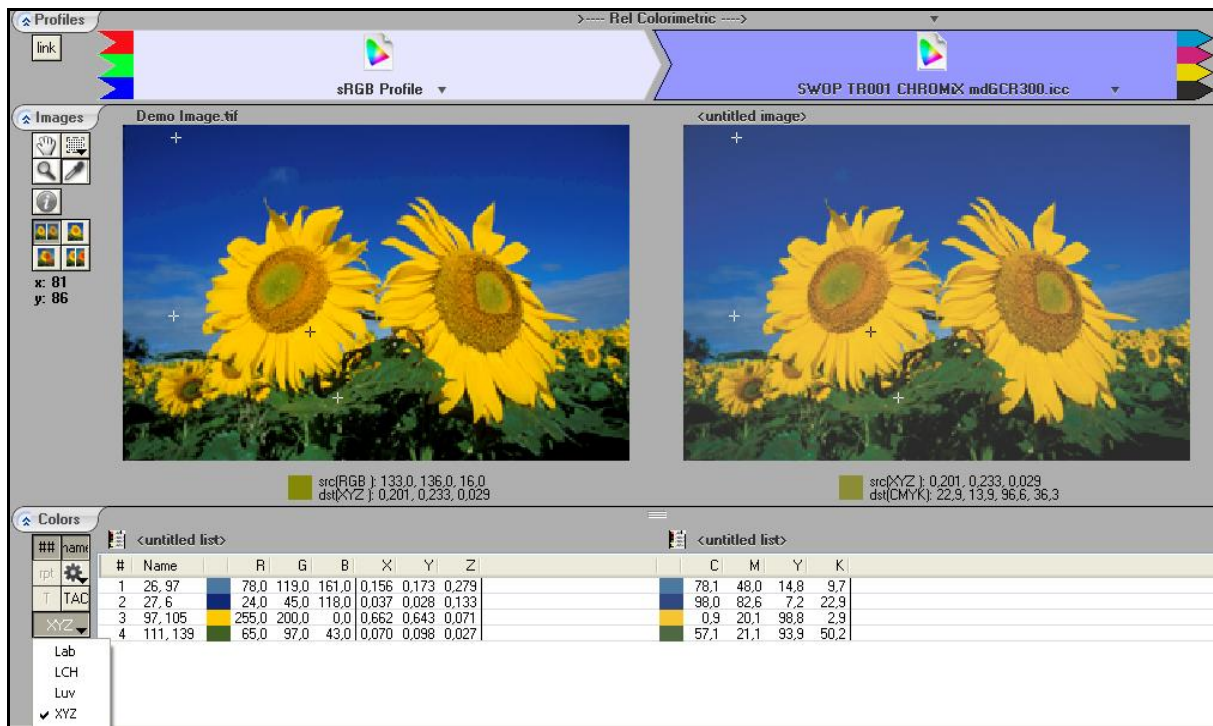
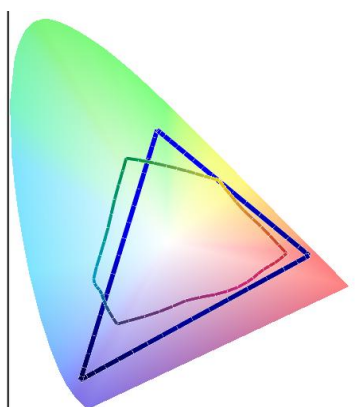
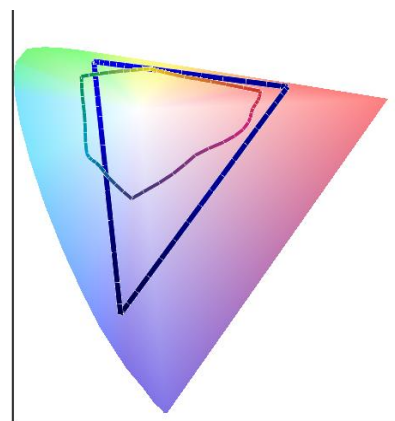


Рис. 5.3. Приклад зміни кольоровості зображення залежно від застосовуваного пристрою (використовуваного файла профілю)

Важливо також, що опис колірної простору, який міститься у файлі профілю, може мати різне представлення в рамках різних колірних моделей (Lab, Yxy, Luv). Приклад, що демонструє розбіжності колірної представлення файла профіля sRGB IEC61966-2.1 у рамках колірних моделей Yxy, Luv наведений на рис. 5.4.



а) колірні охоплення на основі моделі Yxy



б) колірні охоплення на основі моделі Luv

Рис. 5.4. Приклад розбіжностей колірної представлення файла профіля sRGB IEC61966-2.1 в моделях Yxy, Luv

Профіль зберігається у файлі з *розширенням іст*, який потім слід встановити в систему управління кольором.

Апаратнонезалежний колірний простір, до якого приводяться охоплення пристроїв (**PCS**, *Profile Connection Space*), складає *ядро системи управління кольором*.

Таким чином **систему управління кольором формують**:

1) **апаратнонезалежна колірна модель PCS**, щодо якої будуються профілі конкретних пристроїв. У більшості випадків це колірна модель Lab;

2) **профілі пристроїв ICC** (*International Color Consortium*), де зазначені всі характеристики представлення кольору конкретним пристроєм. Розрізняють профілі пристроїв введення (сканера, цифрової камери), профілі монітора й пристроїв виведення (принтера, друкованої машини тощо). Кожен пристрій має власний профіль;

3) **модулі управління кольором CMM** (*Color Management Modules*), які власне інтерпретують дані про колір та інформацію профілів і формують інструкції з корекції для кожного із пристроїв.

CMM виконує спеціальні колірні перетворення: перетворює колір з колірного охоплення одного пристрою в колірний простір іншого відповідно до обраного методу. Існують чотири стандартні методи: *Perceptual*, *Relative Colometric*, *Absolute Colometric*, *Saturation*.

**Метод колірного перетворення** визначає спосіб відображення заданого колірного обхвату іншим процесом або пристроєм виводу. Різниця між методами з'являється, коли виконується перетворення широкого колірного простору в більш вузьке (відбувається стиснення простору і як результат зміна кольорів – рис. 5.5).

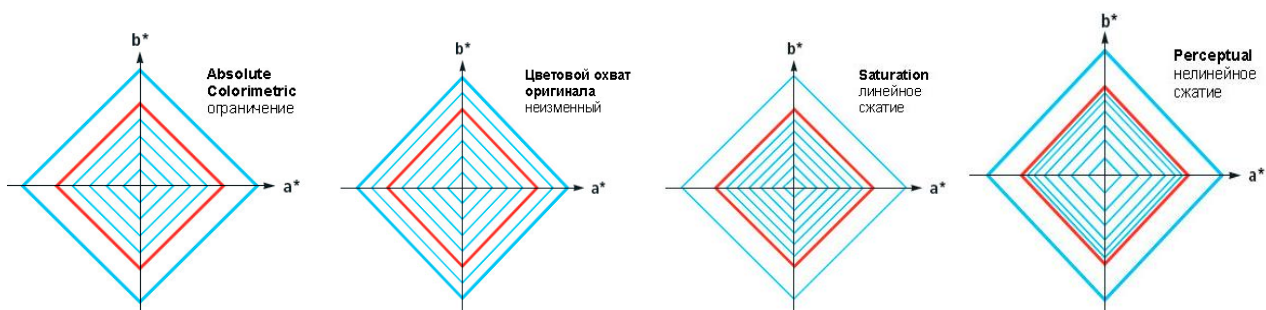


Рис. 5.5. Візуалізація методів колірного перетворення

Управління кольором можна показати такою схемою (рис. 5.6).

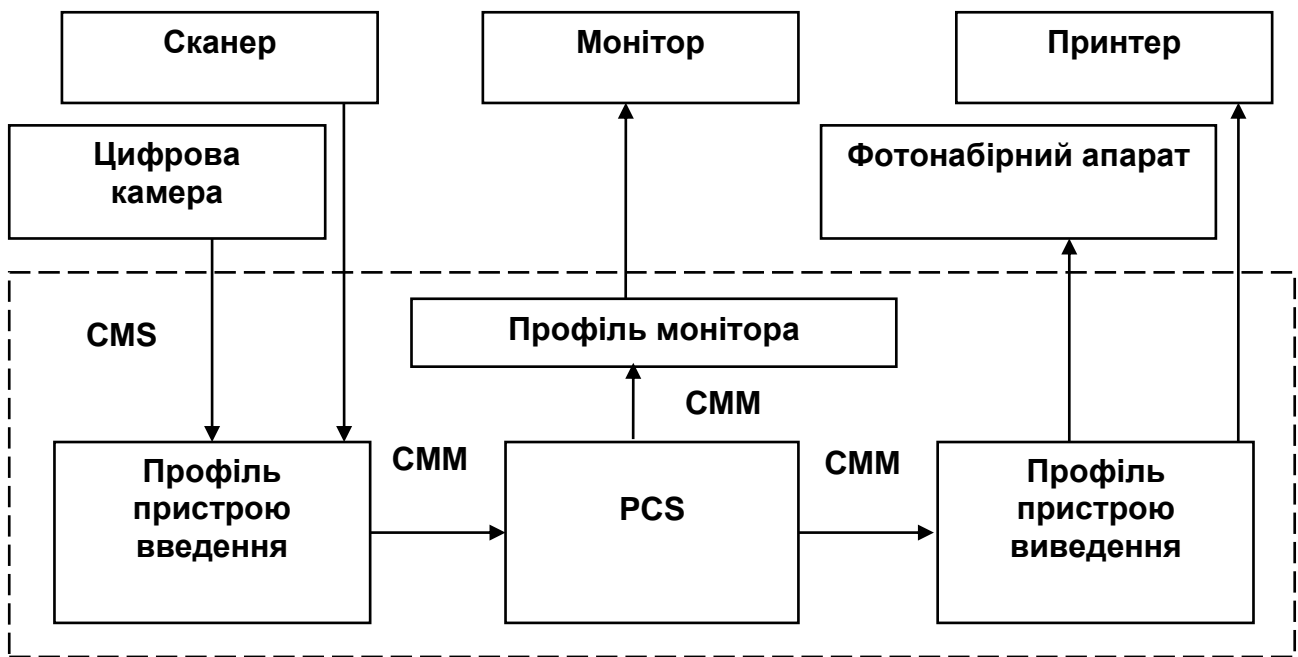


Рис. 5.6. Управління кольором у CMS

*Пояснення:* система одержує дані із пристрою введення в моделі RGB. Вони перетворюються СММ в апаратнезалежний формат у моделі Lab з урахуванням виправлень, одержуваних із профілю пристрою введення. Під час виведення на монітор дані у незалежній моделі перетворюються СММ знову в RGB на основі профілю монітора. Виведення на принтер передбачає перетворення в СМΥК з урахуванням профілю принтера.

Як було згадано, передача кольору не однакова для всіх пристроїв кожного типу. Вона розрізняється не тільки в межах конкретної моделі пристрою, але навіть для окремих екземплярів даної моделі. Із цієї причини варто будувати *індивідуальний колірний профіль* для кожного пристрою, задіяного в технологічному ланцюжку. Більш того, колірні параметри окремого екземпляра залежать від часу експлуатації (наприклад, старіє люмінофор електронно-променевої трубки). Тому профіль не можна побудувати "раз і назавжди", його необхідно періодично оновлювати. Побудова індивідуальних профілів вимагає спеціальної вимірювальної апаратури (спектрофотометрів, денситометров і колориметрів) і відповідного програмного забезпечення.

Програмне забезпечення (звичайно додається до апаратури) на основі даних вимірювань здійснює побудову колірних профілів. До найбільш популярних програм можна віднести *Heidelberg ColorOpen, Agfa ColorTune, Kodak ColorFlow*, які можуть будувати колірні профілі всіх типів за наявності необхідної апаратури.



Щоб установити колірний профіль досить клацнути на його файлі правою кнопкою мишки й у контекстному меню, що відкривається, вибрати команду "Установити профіль". Файл профілю буде встановлений і розміщений у папці *Color*, що перебуває в системній папці *Windows*.

*Зауваження:* щоб кольори зображень правильно передавалися всіма пристроями, необхідно забезпечити кожен із них колірним профілем, в якому зображення створене або відредаговане. Тільки в цьому випадку CMS може адекватно трактувати кольори зображення й стежити за їх правильністю на будь-якому пристрої виведення.

Таким чином, необхідною умовою роботи CMS є побудова та впровадження колірних профілів у зображення, що створюються або підлягають редагуванню.

### **Профілювання**

**Профілювання** – це процес створення профілів сканера, монітора й принтера (тобто, побудова характеристик пристроїв).

*Калібрування і профілювання монітора дозволяють добитися таких переваг:*

1) за рахунок виставляння коректної колірної температури усуваються побічні колірні відтінки;

2) збільшується колірний обхват;

3) стає точнішим перенесення кольорів (у процесі калібрування програмне забезпечення виводить на екран тестові шкали. Колориметр заміряє колір на екрані і програма розраховує відхилення від ідеального перенесення кольорів. На підставі заміряних параметрів створюється профіль монітора, який потім використовується під час виведення зображення на екран. Завдяки цьому кольори, що відображуються на моніторі стають близькими до ідеальних;

4) покращується деталізація (у процесі калібрування встановлюються коректні значення яскравості чорної і білої точок. Завдяки цьому можна побачити більше деталей як у тінях, так і в яскравих областях зображення);

5) забезпечується постійність зображення в часі (з часом у монітора міняються деякі параметри, які роблять вплив на зображення, що виводиться:

зниження світлової емісії (вигорання) люмінофорів у трубках ЕЛТ-моніторів;

зниження електронної емісії катодів (старіння електронних гармат);

зміна колірності світлофільтруючих елементів в РК-моніторах;

зміна колірної температури лампи підсвічування в РК-моніторах;  
"просідання" яскравості лампи підсвічування в РК-моніторах.

Під час регулярного калібрування можна підтримувати якісне зображення на моніторі протягом всього терміну служби;

6) з'являється можливість погоджувати за кольором декілька моніторів;

7) можна наблизити зображення до відбитку.

### ***Керування кольором в Photoshop***

Усі настроювання системи управління кольором зосереджені в діалоговому вікні *Color Settings* (параметри кольору). Окремо визначаються параметри просторів RGB, CMYK і *Grayscale*.

Процес настроювання робочих колірних просторів (знаходяться в області *Working Spaces* (робочі простори)) здійснюється в діалоговому вікні *Color Settings*. У даному вікні визначаються РП для RGB і CMYK.

*Зауваження 1:* під час підготовки зображень для друку рекомендується використовувати *Adobe RGB* (1998 р.). Установлений за замовчуванням простір палітри RGB (sRGB IEC 61966-2.1) є не дуже вдалим колірним простором для професійної роботи з фотографіями. Даний колірний простір не підходить для сучасного web-дизайну й непридатний для роботи з фотографіями, особливо в тих випадках, якщо зображення підготовляються для друку у журналах, брошурах, рекламних буклетах, каталогах тощо.

*Зауваження 2:* якщо зображення призначене для друку, то необхідно обов'язково впроваджувати в нього колірний профіль. Його відсутність виправдана тільки в документах, орієнтованих на перегляд на екрані.

Під час відкриття зображень *Photoshop* перевіряє наявність упроваджених колірних профілів. Подальші дії програми визначаються політикою управління кольором (*Color Management Policies*), що задається користувачем (рис. 5.7):

1) Off (відключено) – не потрібне управління кольором;

2) *Preserve Embedded Profiles* (зберігати впроваджені профілі) – залишити профілі такими, якими вони є;

3) *Convert to Working Space* (конвертувати в робочий простір) – усі зображення, що відкриваються, треба перетворити в робочий колірний простір відповідної колірної моделі.

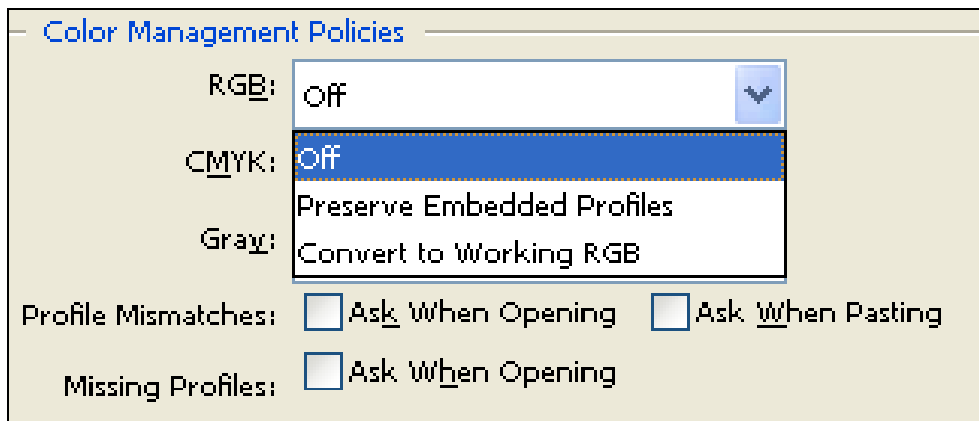


Рис. 5.7. Політика управління кольором

У *Photoshop* політика роботи із профілями задається окремо для кольорних моделей RGB і CMYK, а також напівтонових зображень у відповідних списках групи *Color Management Policies* діалогового вікна *Color Settings*.

Буває, що необхідно приймати *індивідуальні рішення* щодо зображень, які відкриваються. Для цього необхідно встановити прапорці *Ask When Opening* (запит під час відкриття) для випадків *Profile Mismatches* (розбіжність профілів) і *Missing Profiles* (відсутність профілю) (див. рис. 5.7).

Перший з них змушує *Photoshop* видати запит щодо зображень, в яких упроваджений профіль не збігається із профілем робочого колірного простору (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Вікно повідомлення для випадку, якщо впроваджений профіль не збігається з профілем робочого колірного простору

Другий прапорець забезпечує видачу запиту (рис. 5.9), якщо зображення, що відкривається, взагалі не має впровадженого профілю.

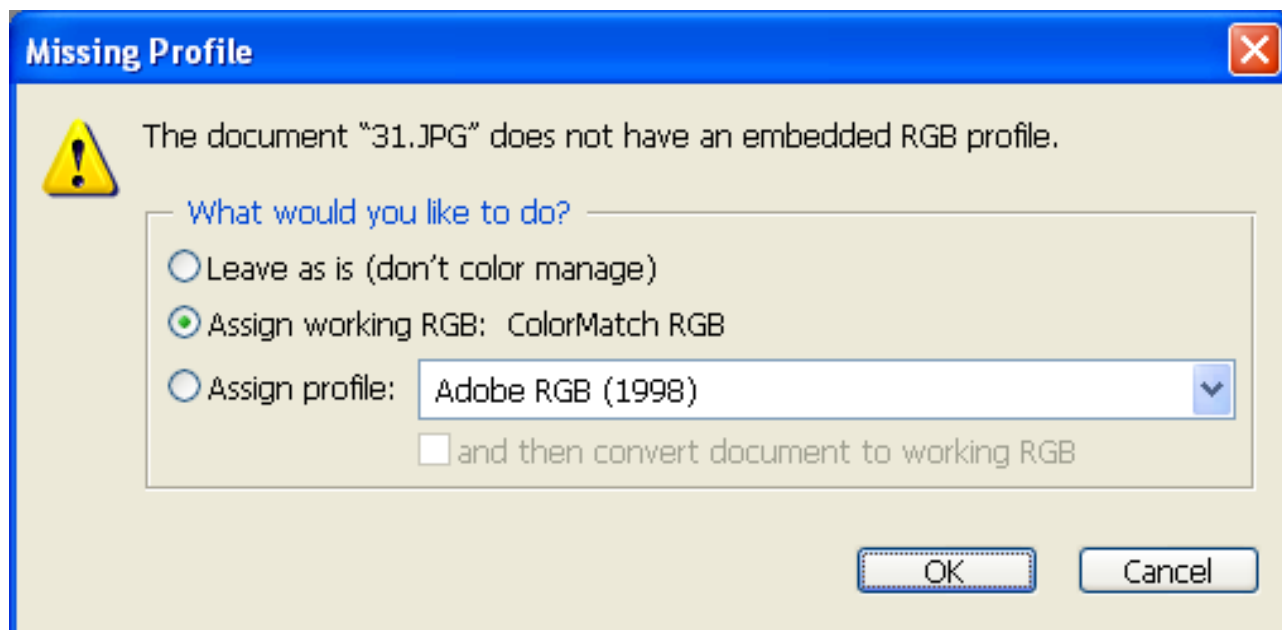


Рис. 5.9. Вікно повідомлення для випадку, якщо зображення не має впровадженого профілю

Під час копіювання зображень через системний буфер копіюються й асоційовані з ними профілі. У разі встановленого прапорця *Ask When Pasting* (запит під час вставки) видається запит про перетворення кольорового простору зображення, що вставляється в *Photoshop*.

Зроблені установки можна зберегти у файлі для подальшого використання (*Save вікна Color Settings*), а потім завантажити файл із установками (кнопка *Load*). Збережені налаштування є загальними для додатків *Adobe*.

### **Перетворення профілів в *Photoshop***

Якщо під час відкриття файла зображення не було приведене до РП *Photoshop*, то необхідно виконати конвертацію (активізувати команду *Convert to Profile* (конвертувати в профіль)) (рис. 5.10).

У діалоговому вікні в групі *Source Space* (вихідний простір) зазначений профіль, асоційований із зображенням на даний момент. Цільовий профіль необхідно вибрати зі списку *Profile* (профіль) групи *Destination Space* (цільовий простір).

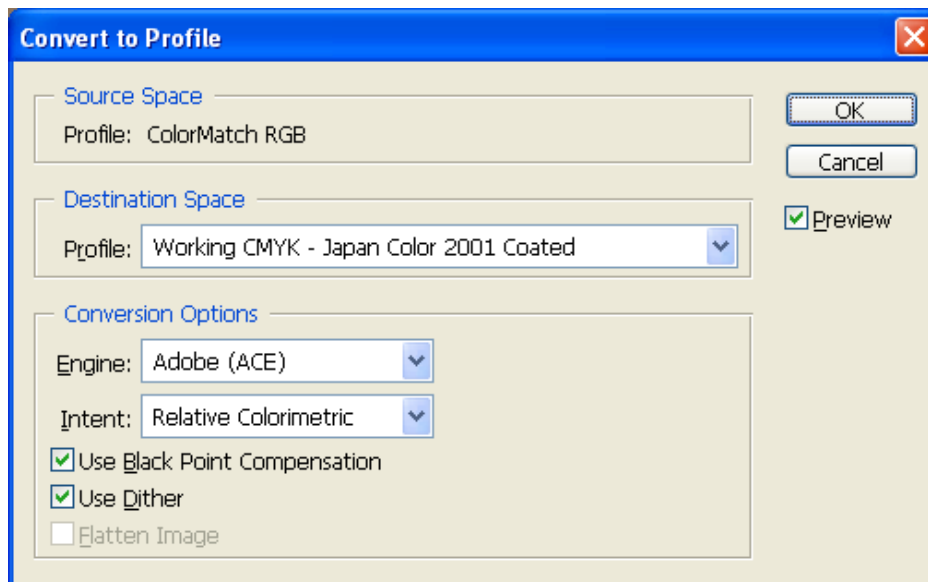


Рис. 5.10. Вікно перетворення одного колірному простору в інший

У групі *Conversion Options* (настроювання перетворення) задаються такі основні параметри:

1) у списку *Engine* (система) наведені модулі управління кольором, наявні на конкретному ПК (в основному, буде вибір між *Adobe (ACI)* і *Microsoft (ICM)*, але якщо були встановлені інші системи управління кольором, наприклад, *Kodak Precision CMS*, вони також будуть фігурувати в списку). Установка модуля *ACI* забезпечує найкращі результати із пристроями *PostScript*.

*Зауваження:* у всіх програмах, з якими працює користувач, повинна застосовуватися та сама система управління кольором, інакше вигляд зображень в них може дещо відрізнитися;

2) в списку *Intent* (перетворення) задається спосіб приведення колірною охоплення вихідного колірною простору до цільового. Оскільки частина кольорів вихідного простору може не мати еквівалентів у цільовому, то рекомендується використовувати варіант *Perceptual* (перцептивний), що враховує відносне сприйняття кольорів оком людини.

### **Кольоропроба**

Порівняно точний і зручний спосіб контролю кольору всіх стадій поліграфічного процесу – **кольоропроба**. Вона є своєрідним еталоном, на який орієнтуються всі – від дизайнера до друкаря.

Розрізняють такі *види кольоропроб*:

1) *аналогова кольоропроба*: кольорові пігменти аналогової проби підбираються так, щоб її колірне охоплення було якнайближче до колірною

охоплення деякого усередненого друкованого процесу. У цьому разі різні види паперів і різні види друку імітуються за рахунок використання різних видаткових матеріалів, що компенсують різницю в розтискуванні. Таким чином, виробники кольоропробного устаткування пропонують враховувати розходження друкованих машин, офсетних фарб і паперів;

2) *цифрова кольоропроба*: для її одержання необхідне професійне устаткування (це не роздруковування на принтері), наприклад, прободрукарський верстат: друк здійснюється на тиражному папері з тиражної друкованої форми. Однак прободрукарські верстати наявні тільки в обмеженій кількості друкарень і внаслідок незручності використання поступово витісняються цифровими пристроями;

3) *програмна кольоропроба*: дозволяє проімітувати колір на екрані монітора з позиції його вигляду під час друку на конкретному обладнанні (рис. 5.11).

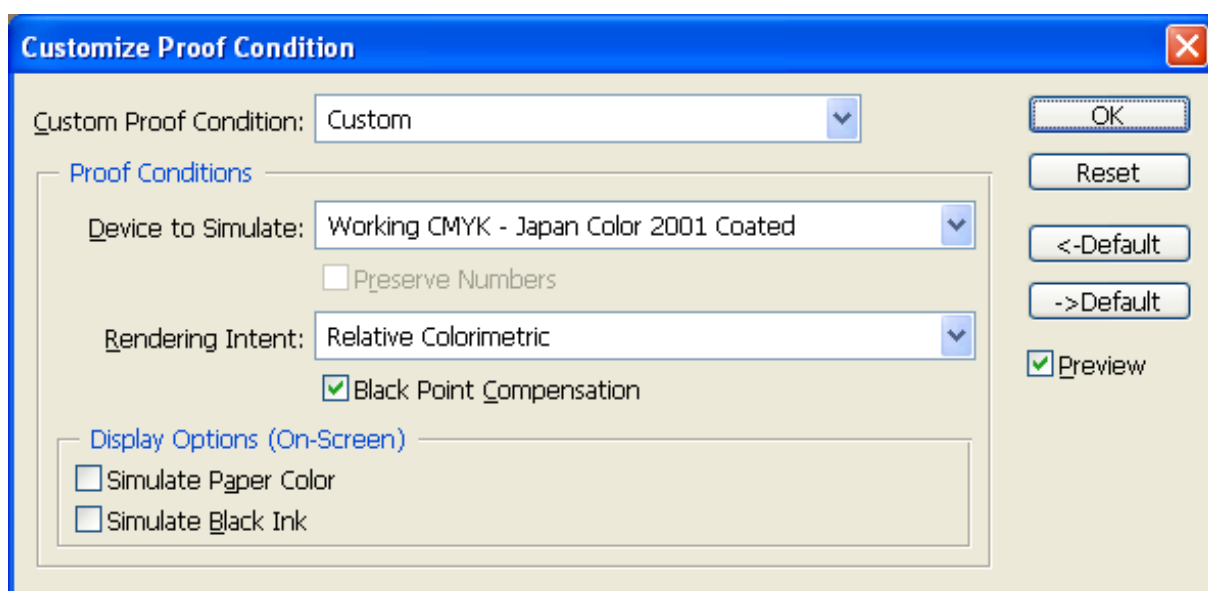


Рис. 5.11. Вікно для взяття програмної кольоропроби

*Технологія отримання програмної кольоропроби:*

- а) відкрити необхідний файл;
- б) включити режим програмної кольоропроби (*View* → *Proof Colors*);
- в) провести на екрані монітора імітацію кольору інших пристроїв (імітований пристрій виведення задається в списку *Proof Setup* (настроювання кольоропроби)).

За змінами кольоровості зображення можна спостерігати за умови включеного прапорця *Preview*.

Таким чином, програмна кольоропроба є зручним і легким у реалізації способом отримання представлення про зміну кольоровості зображення на конкретному пристрої виведення.

### **Висновки та узагальнення**

Колориметрія використовує два способи кількісного опису кольорів: визначення їх колірних координат (чисельних характеристик) та знаходження в деякому наборі еталонних кольорів зразка, тотожного даному.

Виокремлюють такі основні прилади, призначені для вимірювання кольору: денситометр, колориметр, спектрофотометр.

*Color Management System* – це сукупність програмних і апаратних засобів, розроблених для узгодження розходжень відтворення кольору сканерами, моніторами, принтерами й друкарськими машинами, щоб гарантувати стабільне відтворення кольору в плинні всього даного процесу.

Систему управління кольором формують: апаратнонезалежна колірна модель PCS, профілі пристроїв ICC, модулі управління кольором CMM.

Опис колірного простору і є колірним профілем.

Метод колірного перетворення визначає спосіб відображення заданого колірного охопту іншим процесом або пристроєм виводу. Методи підрозділяються на такі: *Perceptual*, *Relative Colometric*, *Absolute Colometric*, *Satuartion*.

### **Теоретичні запитання**

1. Дайте визначення колориметрії.
2. Наведіть способи кількісного опису кольорів.
3. Дайте визначення поняття "кольорометрична система".
4. Що таке "система специфікацій"?
5. Охарактеризуйте різновиди вимірювального устаткування.
6. Наведіть змістовне навантаження основних законів додавання кольорів.
7. Наведіть визначення поняття "систем управління кольором".
8. Опишіть елементи, що формують систему управління кольором та наведіть і поясніть схему системи управління кольором.
9. Дайте визначення поняття "профіль".
10. Опишіть призначення модуля управління кольором.
11. Поясніть змістовне навантаження процесу профілювання.

12. Опишіть специфіку та особливості організації процесу управління кольором у *Photoshop*.
13. Які існують політики управління кольором?
14. Що таке індивідуалізація у процесі управління кольором?
15. Опишіть відмінні риси політик управління кольором для випадку, якщо вихідне зображення не має вбудованого профілю.
16. Опишіть відмінні риси політик управління кольором для випадку, якщо вихідне зображення має вбудований профіль.
17. У чому полягає сутність процесу перетворення профілів?
18. Дайте визначення поняття кольоропроби, назвіть основні види кольоропроб та опишіть технологію взяття програмної кольоропроби.

## 6. Комп'ютерне кольоровідтворення

### Основна ідея

Присвячено аналізу сутності процесу кольоровідтворення, вивченню особливостей здійснення кольорокорекції тонових одноколірних та кольорових оригіналів, дослідженню специфіки здійснення комп'ютерного кольороподілу.

**Ключові поняття:** тонова та колірна корекції, інструментарій, методи, плашкові кольори, кольороподіл.

### Основні питання

- 6.1. Загальна характеристика процесу комп'ютерного кольоровідтворення.
- 6.2. Проблема відтворення відтінків.
- 6.3. Особливості та специфіка здійснення комп'ютерного кольороподілу.

### Цілі вивчення

**Метою** є вивчення технологій тонової та колірної корекції, вирішення проблеми відтворення відтінків, дослідження специфіки комп'ютерного кольороподілу.



Інформація, подана далі, надає студентіві можливість сформуваи такі **компетентності**:

**ЗНАННЯ:**

характеристики процесу комп'ютерного кольоровідтворення;  
специфіки здійснення тонової та колірної корекції зображень;  
інструментарію та правил роботи з ним;  
особливостей вирішення проблеми відтворення відтінків;  
специфіки здійснення кольороподілу зображення та способів на-  
строювати параметрів кольороподілу;

**УМІННЯ:**

здійснювати кольорокорекцію тонових одноколірних та кольорових зображень;

працювати з плашковими кольорами;

виконувати комп'ютерний кольороподіл зображення;

**КОМУНІКАЦІЇ:**

рекомендації щодо вибору інструментарію для здійснення кольоро-  
корекції зображень;

професійна допомога в усуненні проблеми відтворення відтінків та  
роботи з плашковими кольорами;

**АВТОНОМНІСТЬ І ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ:**

самостійний вибір доцільної технології оброблення зображень;

прийняття рішення щодо вибору каталогу плашкових кольорів.

## Вступ

Важливим етапом підготовки зображень для використання у елек-  
тронних та друкованих виданнях є підготовка їх засобами спеціалізова-  
ного програмного забезпечення, у якості якого буде виступати *Photoshop*  
як типова програма з підготовки та опрацювання (тонова та колірна корекція)  
графічних зображень.

Наведено особливості процесу кольорокорекції тонових одноколір-  
них та кольорових оригіналів (специфіка, закономірності, інструментарій,  
методи) та досліджено проблему відтворення відтінків (розглянуто систему  
*Pantone*, подано приклади каталогів плашкових кольорів і технології їх вико-  
ристання).

Також розкрито особливості здійснення процесу комп'ютерного  
кольороподілу.

## 6.1. Загальна характеристика процесу комп'ютерного кольоровідтворення

Процес кольорового відтворення (або репродукування) у видавничо-поліграфічній справі складається із *чотирьох стадій*:

1) зчитування з оригіналу інформації про колір кожного мікроелемента зображення і її подання у вигляді трьох величин, що відповідають світловим потокам, що пропускаються (відбиваються) в трьох зонах видимого спектра – червоній, зеленій та синій. Ця стадія називається **аналітичною**;

2) перетворення зображення у форму, придатну для наступного відтворення на відтиску. Ця стадія містить перетворення колірного простору (з RGB в CMYK, *Pantone*, *Hexachrome* або іншу модель), відображення колірного простору оригіналу в простір відтиску із градаційним колірним перетворенням, що забезпечує психологічно точне відтворення кольору. Ця стадія називається **градаційною й колірною корекцією та перетворенням**;

3) реєстрація (запис) виділених складових (кольороподілених зображень). Запис здійснюється на фотографічному матеріалі, на магнітних носіях, на формних матеріалах (пластинах) або на формних циліндрах (у глибокому друці, під час цифрового друку, в DI-технології). Сюди ж належать необхідні технологічні перетворення: растрування, корекція нелінійності пристрою запису й т. д. Ця стадія називається **перехідною** або стадією **виготовлення друкованих форм**;

4) власне друкування зображення на матеріальному носії (папері, пластику тощо) і одержання відтиску (репродукції). Тут здійснюється накладення й сполучення кольороподілених зображень, пофарбованих у відповідні кольори застосовуваного синтезу й формування зображення на відтиску. Ця стадія визначена як **синтез кольорового зображення на відтиску** або **друкування**.

Більшість оригіналів мають проблеми з яскравістю, контрастом і кольором. Такі зображення необхідно коригувати.

Під **кольорокорекцією** слід розуміти зміну колірного змісту зображення оригіналу відповідно до вимог замовника, технологічного процесу й інших причин або виправлення фотоформ, отриманих у результаті кольороподілу.

Загальний вид зображення залежить від збалансованості яскравості та кольорів. Баланс досягається інструментами тонової й колірної корекції (необхідно розглянути їх на прикладі реалізації у *Photoshop*).

### **Специфіка тонової корекції**

*Понятійний апарат.* Погрішності в освітленні й контрасті називаються **тоновими**, а процес виправлення даних погрішностей – **тоновою корекцією**. Градації яскравості називаються **тонами** (в зображенні пікселі мають різну яскравість). Частина повного діапазону яскравості, що використовується в зображенні називається **тоновим діапазоном** (чим ширше тоновий діапазон, тим глибше кольори і якісніше деталізація зображення). Дане завдання вирішує корекція світла, тіней і діапазону середніх тонів.

Одним із основних інструментів аналізу тонового діапазону зображення є **гістограма** – графік розподілу пікселів за градаціями яскравості. Вона призначена для одержання інформації про тоновий діапазон, але не для виконання корекції.

Тоновий баланс припускає розподіл точок зображення по всьому інтервалу яскравостей, пророблення деталей на всіх ділянках діапазону яскравостей.

Операції тонової корекції зручно робити в колірній моделі Lab, оскільки в ній яскравість пікселів відокремлена від їх кольору, і зміни тонів ніяк не позначаються на кольорах зображення.

Розрізняють *два види тонової корекції*:

1) *груба корекція* – здійснюють інструментом для редагування яскравості й контрастності зображення (*Brightness/Contrast* – яскравість/контрастність);

2) *тонка корекція* – здійснюється інструментами для корекції розподілу яскравостей на трьох і більше ділянках тонального діапазону (*Levels* та *Curves*).

*Основне правило*, що повинне виконуватися для коректної передачі кольору – **баланс за сірим**.

### **Специфіка колірної корекції**

Адекватна передача кольорів у зображенні забезпечується колірною корекцією на основі використання інструментів *Curves* і *Levels* (або спеціалізованих). У процесі роботи з окремими кольорами й тоновими інтервалами зображення використовуються інструменти *Hue/Saturation*, *Selective Color* (вибірковий колір), а також *Auto Contrast*, *Auto Color*, для налаштування балансу кольорів – інструмент *Color Balance* і т. д.

Специфіка роботи із кольором полягає в тому, що здійснюваний на окремий колірний компонент вплив відбивається на всіх інших, тому головним принципом колірної корекції є **настроювання балансу кольорів**. Впливати на співвідношення колірних компонентів можна різними способами. Тут доречна аналогія з вагами: у разі зрівноважування чашок можна додавати вагу на занадто легку чашку або знімати частину ваги із занадто важкої.

Користуючись простою схемою колірного кола (рис. 6.1), можна успішно здійснювати кольорокорекцію.

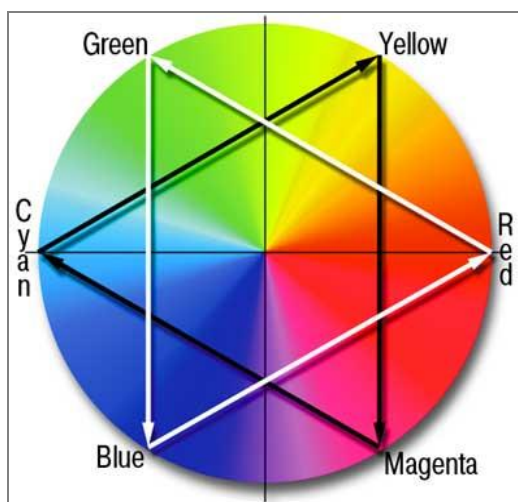


Рис. 6.1. Спрощена схема колірного кола

*Закономірності*, що впливають із схеми:

1) кольори, що лежать на колірному колі навпроти один одного (лінія, що з'єднує їх, проходить через центр кола), взаємозалежні, тобто зменшення вмісту одного кольору веде до збільшення вмісту протилежного кольору і навпаки. Наприклад, збільшуючи вміст зеленого кольору (*green*) можна зменшити вміст пурпурного (*magenta*). Такі кольори називаються **додатковими**;

2) вміст певного кольору можна змінити за рахунок впливу на сусідні зі змінюваним кольори і навпаки. Наприклад, щоб підсилити пурпурний колір (*magenta*), необхідно підсилити червоний (*red*) і синій (*blue*) кольори;

3) поєднуючи "по-перше" і "по-друге", щоб збільшити вміст певного кольору, потрібно зменшити вміст кольорів, сусідніх із протилежним і навпаки. Наприклад, для ослаблення пурпурного (*magenta*) досить підсилити блакитний (*cyan*) і жовтий (*yellow*) кольори.

## ***Інструментарій***

Для корекції необхідно використовувати ряд основних засобів: рівні, криві, тон/насиченість, вибірковий колір. Дані засоби називаються **професійними** засобами корекції.

Засоби *Levels* і *Curves* призначені для корекції розподілу яскравостей (тональних рівнів) в окремих колірних каналах зображення або в композитному каналі (змінюються всі канали одночасно). За допомогою даних засобів можна зручно задавати чорну й білу точки зображення й зміщати тональні рівні.

Засіб *Curves* потужніший, ніж *Levels*, тому що дозволяє зміщати тональні рівні всього діапазону, а *Levels* виконує зсув тільки півтонів (яскравостей середніх рівнів). З іншого боку, засіб *Levels* більш зручний для визначення чорної й білої точок, тому що робиться це під час відображення гістограми.

*Зауваження:* для рішення завдання кольорокорекції – краще спільне використання *Levels* і *Curves*: спочатку за допомогою *Levels* потрібно визначати чорні й білі точки для кожного колірному каналу, потім за допомогою *Curves* редагувати розподіл тональних рівнів для кожного колірному каналу шляхом визначення необхідних градаційних кривих.

Перед початком корекції за каналами, необхідно дослідити зображення на предмет розподілу тональних рівнів у кожному каналі (*Image* → *Histogram*). У зображенні з добре збалансованими кольорами і яскравостями гістограми кожного каналу займають широкий тональний діапазон із центром ваги, який прагне до середини діапазону. Якщо гістограми каналів не займають весь тональний діапазон і зосереджені в різних піддіапазонах, то це означає, що в зображенні не вистачає контрасту й воно не збалансоване за кольорами (потрібна корекція).

### *Правила роботи з Curves:*

1) у RGB-корекції послідовно регулюються градаційні криві для всіх каналів і увага приділяється колірній компоненті, з якою пов'язана проблема в зображенні (blue – для холодних; а red і green – для теплих кольорів). У цьому разі підвищення рівня кривої дає посилення колірному компонента у відповідному тональному діапазоні, а зниження – ослаблення;

2) у CMYK-корекції спочатку визначається основна колірна компонента (R, G, B), з якою зв'язана проблема в зображенні й потім настраюються два колірних канали кольорів, що доповнюють, а після регулюється канал протилежного кольору;

3) чим крутіше ділянка градаційної кривої, тим більший контраст буде мати ділянка зображення, яскравості якої потрапляють у тональний піддіапазон, що відповідає цій крутій ділянці, а чим більш полого ділянка кривої, тим менше контраст у відповідній ділянці зображення.

Корекція в RGB засобами *Levels* і *Curves* дає можливість прямо управляти базовими кольорами зображення. Корекція в CMYK цими ж засобами дає можливість управляти базовими RGB компонентами побічно за рахунок використання протилежних кольорів (фарб).

Процес кольорокорекції повинен базуватися на чіткій теоретичній основі, ключові моменти якої наведені на рис. 6.2.

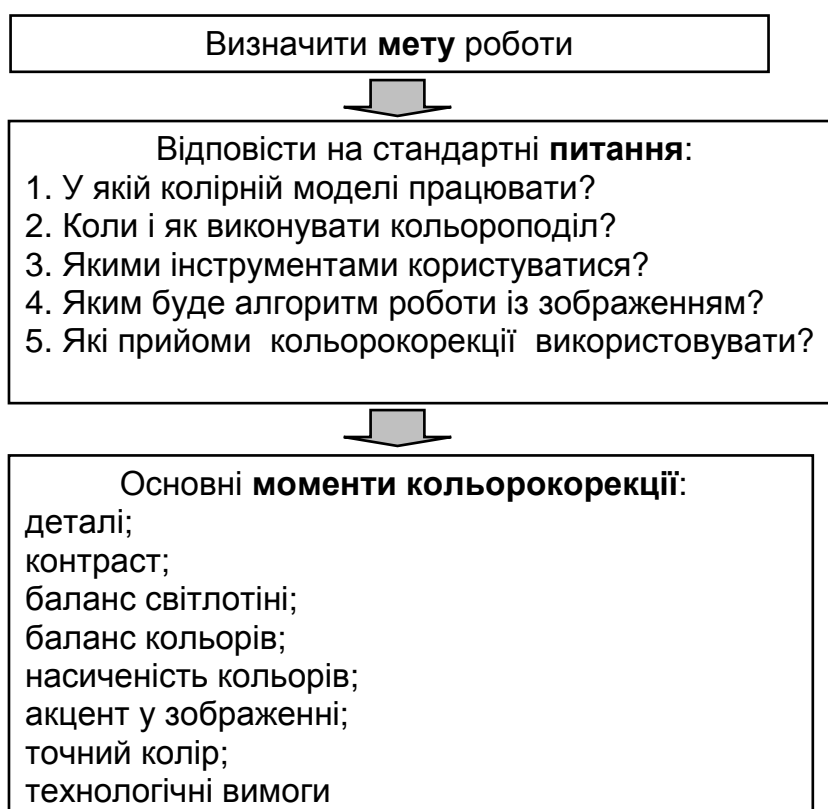


Рис. 6.2. Теоретичний інструментарій (база) кольорокорекції

Слід розглянути **основні методи кольорокорекції** на прикладі моделі CMYK.

У цій моделі за колір відповідають канали *cyan*, *magenta* і *yellow*, а *black* – за глибину тіней. Існує велика кількість способів домогтися потрібного результату, *основними* з яких є:

**метод вирахування:** кольорокорекція виконується шляхом зменшення вмісту надлишкового кольору. Його необхідно визначити із співвідношень для пам'ятних кольорів за еталонами (шкалами колірною охоплення, віялами *Pantone*) або візуально. *Недоліком методу* є освітлення зображення

через зменшення сумарного відсотка фарб, однак, його можна компенсувати за допомогою сумарної кривої СМУК;

**метод доповнення:** протилежний першому методу й призводить до затемнення зображення. Цей метод не такий зручний як перший, тому що спрямований на коригування двох кольорів із тріади, а перший – тільки одного.

Ще одне важливе поняття про "**забруднюючі**" кольори – допомагає орієнтуватися у виборі каналу для корекції. Найбільш "чистими", яскравими кольорами є **дуплекси** – кольори, що складаються тільки із двох основних тріадних фарб (відтінки зеленого, синього, червоного). Саме з дуплексів і основних тріадних фарб створюються яскраві "дитячі" ілюстрації (рис. 6.3).

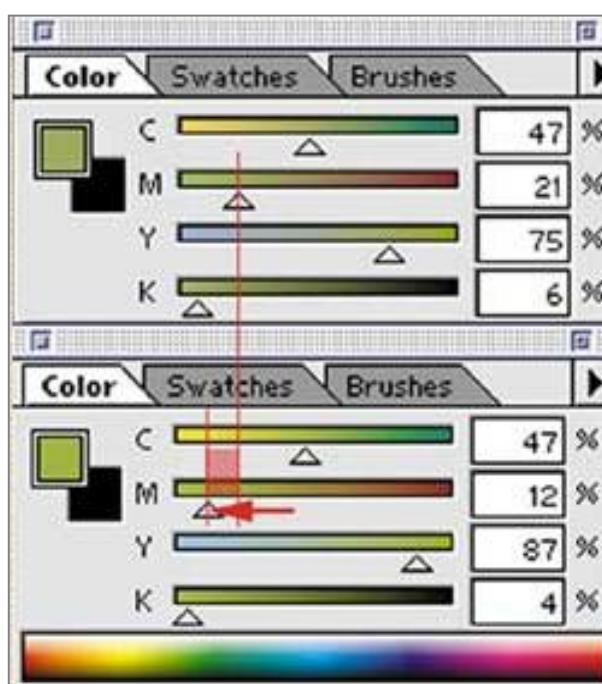


Рис. 6.3. Приклад "забруднюючого" кольору

*Пояснення:* якщо аналізується зображення, на якому відображається поле із зеленою травою, то у кольорі зелені "забруднюючою" фарбою є magenta. Віднімання її наближає колір до дуплекса, що робить зображення чистим та яскравим.

*Зауваження:* мистецтво управління кольором полягає в збалансованому відніманні "забруднюючих" кольорів та грамотному підборі контрасту в їх каналах.

Однак зовсім віднімати "забруднюючі" кольори не можна, тому що вони є **формуотворювальними (рисуючими)**, тобто за рахунок тіней передають форму й фактуру поверхні.

Починати освоювати кольорокорекцію легше в моделі СМҮК, тому що канали повністю незалежні, а вигляд зображення на каліброваному моніторі досить точно збігається з його відтиском під час друку. Однак існують деякі особливості в передачі кольору певних відтінків.

## 6.2. Проблема відтворення відтінків

Недоліком моделі СМҮК є **вузькість колірною охоплення**: багато відтінків кольору з високою насиченістю (кислотні) неможливо відтворити за допомогою сучасних тріадних фарб. Це змушує інженерів шукати інші шляхи розширення колірною охоплення, наприклад, кольороподілом на шість фарб **HexaChrom** (у цій моделі крім основних *cyan, magenta, yellow* і *black*, використовуються додаткові *green* і *orange*).

Таким чином, під час друку СМҮК-фарбами відтворюються далеко не всі відтінки. Тому для більш точної передачі якого-небудь відтінку в поліграфії застосовують так звані **плашкові** або прості (**Spot**) кольори, отримані шляхом попереднього простого змішування фарб у змішувачі. Наприклад, так друкується золотий або срібні кольори.

Існує кілька систем плашкових кольорів. Найпоширенішою з них є **система Pantone** (випускаються каталоги плашкових кольорів, що допомагають користувачеві підібрати потрібний відтінок, а потім, скориставшись цифровим кодом кольору, замовити потрібну фарбу).

Найбільш популярними каталогами плашкових кольорів є (рис. 6.4):

*Pantone Coated* (плашки для глянцевого паперу);

*Pantone Uncoated* (плашки для звичайного паперу).

Колір можна вибирати й візуально у вікні *Color Picker*, але він не буде точно відповідати друкованому, тому краще колір обирати за колірним каталогом, а потім цифрами задавати його у вікні вибору.



Рис. 6.4. Приклад каталога плашкових кольорів



СМΥК-каталогом для точного задавання кольору потрібно користуватися тільки під час роботи з СМΥК-зображеннями, що перебувають у просторі друкованого пристрою. Інакше наступні перетворення кольірних просторів призведуть до змін СМΥК-цифрових значень кольорів.

У випадку друкарського виведення необхідно користуватися каталогом *Pantone Process Coated*. Даний стандартний каталог містить СМΥК-кольори. Спочатку колір обирається за кольірним віялом із однойменною назвою *Pantone Process Coated* (роздрукована версія каталогу), а потім задається в *Photoshop* за іменем або за СМΥК відсотками (рис. 6.5).

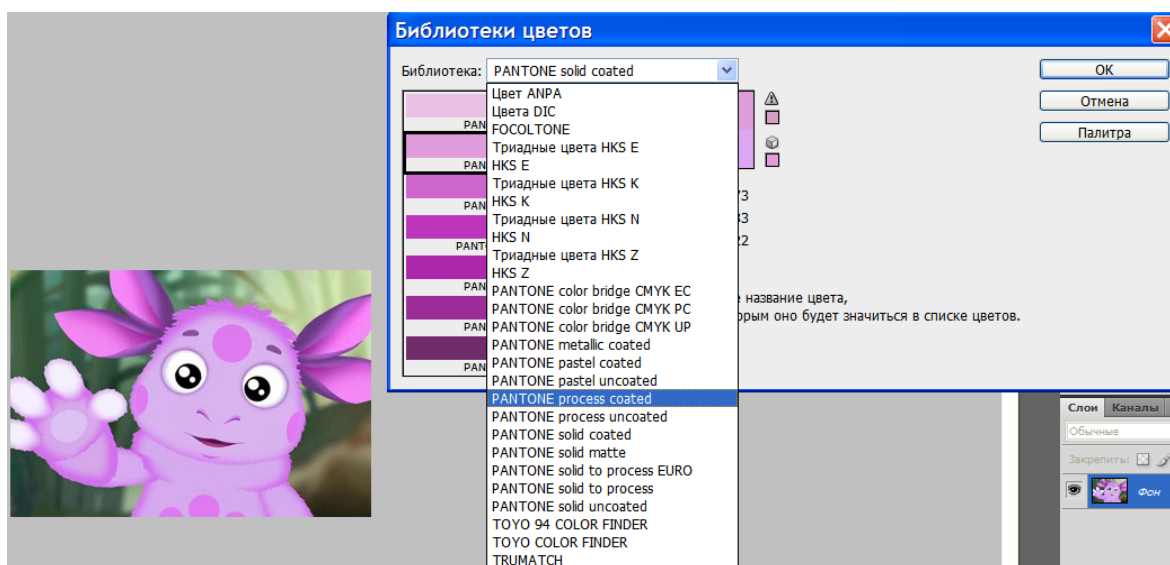


Рис. 6.5. Задавання кольорів із каталогу *Pantone Process Coated*

Існує дві версії віял:

- 1) *Pantone Process Coated DS* (стандарт SWOP);
- 2) *Pantone Process Coated ES* (стандарт EURO).

Користуватися необхідно тим віялом, що краще відповідає процесу друку. **Технологія:** для задавання кольорів із каталогу *Pantone Process* за іменами потрібно перемкнути вікно *Color Picker* у режим *Custom color* і вибрати відповідний каталог; далі досить ввести номер кольору на клавіатурі (для швидкого пошуку кольору). Контролювати значення кольору можна за допомогою палітри *Info*.

#### **Основні помилки застосування кольірних бібліотек *Pantone*:**

1. Часто в брендбуках можна побачити таблиці відповідностей кольорів RGB, СМΥК і *Pantone*. Це некоректно, оскільки будь-яка відповідність цифрових значень правильна в окремих випадках, а саме під час перекладу кольору з використанням того або іншого профілю ICC. У разі зміни

профілю кольоровідчуття буде інше. Тому до таблиці відповідностей потрібно додати і профіль, з урахуванням якого колір переведений.

Зауваження 1: без ICC/ICM профіля перевести колір із системи в систему без втрати відповідності кольоровідчуття неможливо. Відмовляючись від використання CMS у редакторі, розробник відмовляється від вибору відповідності і втрачає можливість коли-небудь отримати колір, схожий на оригінал. Система продовжує показувати кольори, обходячи один з пунктів CMS.

Зауваження 2: деякі графічні пакети (їх виробники) намагаються абстрагуватися від стандартних значень, запропонованих на віялах *Pantone* і коректно перекласти пантони в координати цільового колірнього простору, переганяючи колір спочатку в Lab. CMYK або RGB значення розраховуються тільки з урахуванням профілю, тому вони будуть дійсні виключно для нього. Найбільш коректно це робить програма *Pantone Color Manager*. Програма враховує профіль вихідного пристрою і показує, які пантони можуть бути точно відтворені на ньому, а які ні.

Зауваження 3: переведення *Pantone* CMYK приблизний, оскільки базові кольори бібліотеки *Pantone* знаходяться поза зоною CMYK. Особливо це стосується відкритих базових кольорів. Кольори, що лежать в зоні CMYK, можуть бути коректно відтворені тріадою, але це буде окремий випадок з урахуванням профілів.

2. Віяла *Pantone* розроблялися для стандартизації та уніфікації кольорів для коректного перенесення. Помилково у всіх сенсах мати таблиці відповідностей найближчим координатами CMYK або RGB. Це спостерігається в сучасних графічних редакторах, які не враховують профілі пристроїв для відтворення.

Зауваження 4: одні і ті ж процентовки під час змішування фарб будуть різними у разі використання різних виробників фарб.

Зауваження 5: одні і ті ж процентовки CMYK будуть відображатися по-різному залежно від того, через який профіль розробник дивиться колір на моніторі.

3. Користувач, який звик бачити, наприклад, *Pantone 315 CVC* в одному ПЗ зеленуватим дивується, чому той же самий пантон відображається в іншому ПЗ голубуватим і де шукати його аналог у нових бібліотеках.

Зауваження 6: застарілі системи не оновлюються і наприклад, *Pantone 315 CVC* і *Pantone 315 C* – є двома різними кольорами тільки тому, що віял CVC більше не випускають, а ті віяла, що були випущені раніше, "відходять" від поточних кольорів.

4. Користування бібліотеками пантонов допустимо тільки в цілях локальних відповідностей, тобто вказати колір на віялі і змішати його на надточних вагах для друку з базових кольорів, або замовити готовий пантон у спеціальних магазинах. Ні про які відповідності з монітором не може бути й мови, якщо це не спеціалізована система, що працює з абсолютними Lab-значеннями пантонов (така, як *Pantone Color Manager*).

5. Не варто замовляти в друк ті чи інші пантони не впевнившись, що друкарня має віяло і не змішає його з СМУК-фарб.

6. Не варто приймати замовлення на друк відповідним пантоном, не переконавшись, що замовник вибрав його не за монітором, а за віялом.

7. Фахівець ніколи не буде вказувати в віяло, наприклад, *Pantone Solid Coated*, якщо йдеться про СМУК. Для СМУКа більше підійшов би *Process Coated/Uncoated*.

8. Варіантів обчислити колір за тим, як його бачить замовник на моніторі, немає. Тільки віяло з фарбами виробництва *Pantone* і їх значень Lab можуть бути синхронізовані однозначно, для будь-яких інших обчислень існують змінні, що враховуються в профілях.

9. Більш правильно зберігати значення пантонів для демонстрації на екрані монітора в Lab, але кольори Lab відображаються на моніторі користувача урізано, не враховуючи особливості фізичних параметрів і налаштування монітора. В ідеалі охоплення монітора повинне повністю перекривати охоплення пантонів.

10. Щоб побачити на моніторі правильний колір у будь-якій з систем, його треба відкалібрувати.

### **6.3. Особливості та специфіка здійснення комп'ютерного кольороподілу**

Поділ кольорового зображення на окремі фарби (компоненти) називається **кольороподілом**.

**Кольороподілене зображення** – це одноколірне зображення, отримане на екрані монітора видавничої системи або на твердому носії (на лавсановій плівці, фотоплівці або формному матеріалі) після поділу на окремі кольори багатоколірного зображення оригіналу в процесі кольороподілу.

**Кольоропередача** – це психологічно точне відтворення на відтиску кольорів і колірних відтінків оригіналу під час порівняння зображень оригіналу й відтиску в однакових умовах освітленості.

Кольороподіл полягає в одержанні індивідуальних форм для кожної друкованої фарби. Розрізняють такі *два випадки кольороподілу*:

найпростішим випадком кольороподілу є використання плашкових кольорів, коли кожен із них виводиться на окрему плівку;

більш загальним випадком є кольороподіл повнокольорових документів, де для представлення всіх кольорів використовуються чотири фарби моделі СМҮК, які називаються також тріадними. Отже, повнокольорові документи виводяться за допомогою фотоскладального автомата на чотири плівки, що відповідають базовим кольорам цієї моделі. Кожен колір раструється окремо з різними кутами нахилу растрової сітки.

### ***Кольороподіл в Photoshop***

У разі найбільш типового випадку друку тріадними фарбами – це форми для блакитної, пурпурної, жовтої й чорної фарб. У *Photoshop* роль форм виконують напівтонові колірні канали. Результат їх сполучення сприймається як кольорове зображення. Точно так же накладення цих каналів, видрукуваних відповідними фарбами на аркуші паперу, формує кольоровий відбиток.

Таким чином, у термінах *Photoshop*, **кольороподіл** є перетворення зображень у колірну модель СМҮК з будь-яких інших моделей. У результаті утворюється зображення із чотирма колірними каналами, що відповідають фарбам поліграфічної тріади. Згодом ці канали виводяться окремо на фотоскладальному автоматі, що раструє їх під різними кутами із заданої лініатури. На виході утворюються чотири плівки, готові для експонування з них офсетних форм.

*Photoshop* дозволяє **настроювати параметри кольороподілу** двома різними способами:

**1) за колірним профілем пристрою виведення;**

**2) введенням усіх параметрів кольороподілу.**

Слід розглянути *перший спосіб*, що дає гарні результати й не потребує знання тонкостей типографського процесу.

Робочий профіль СМҮК у діалоговому вікні *Color Settings* саме й задає параметри кольороподілу відповідно до обраного поліграфічного стандарту. Відповідно до цього профілю виконується перетворення зображень у модель СМҮК з будь-яких інших колірних моделей.

Таким чином, основне завдання установок параметрів кольороподілу зводиться до вибору правильного профілю (рис. 6.6).

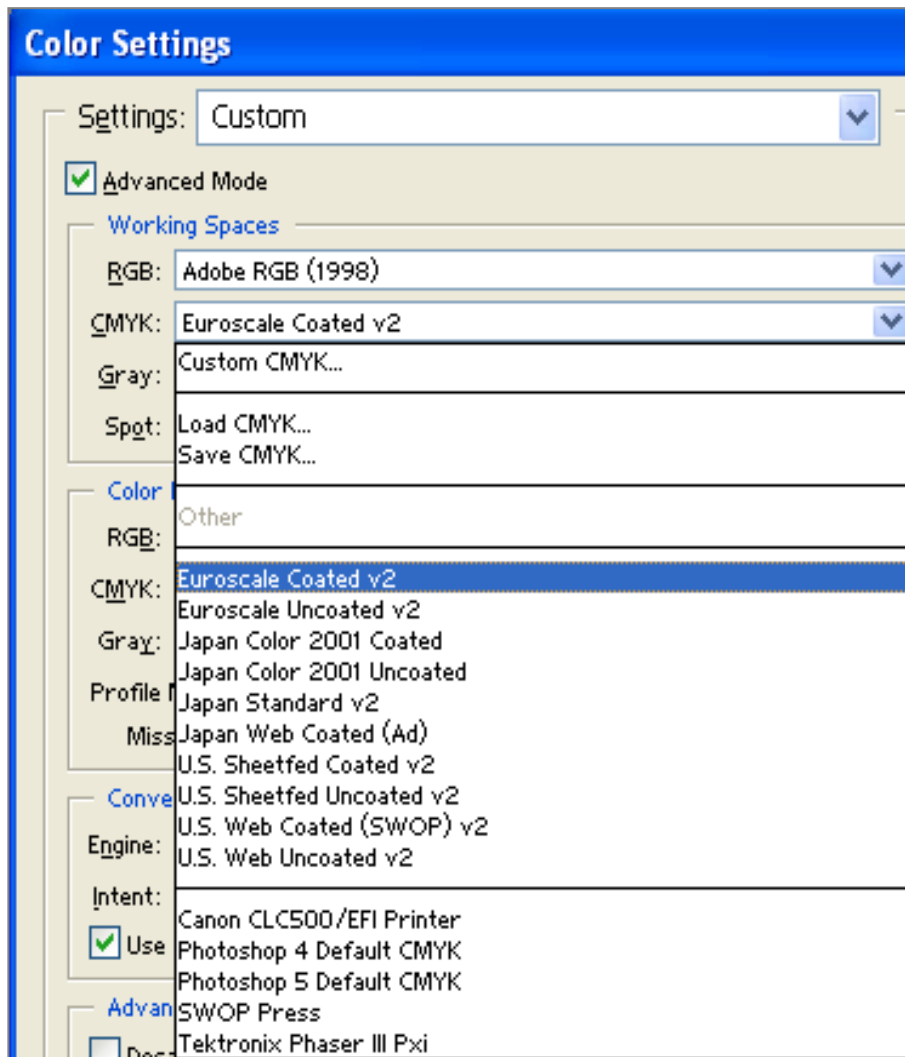


Рис. 6.6. Процес вибору профілю

Стандартні профілі побудовані з урахуванням типу паперу й друкованої машини. Так, профілі до назви яких входить слово *Coated*, призначені для крейдованого паперу, а *Uncoated* – для звичайного паперу без покриття. Профілі, у яких фігурує слово *Sheetfed* відповідають листовій подачі паперу, а інші – рулонній. Під час вибору профілю необхідно враховувати дані параметри. Тому дуже важливо заздалегідь довідатися у її технолога або друкаря, якими фарбами буде здійснюватися друк у друкарні, де розміщене замовлення. У більшості випадків – це стандарт *Euroscale*. Хоча деякі друкарні працюють і з фарбами американського стандарту офсетного друку SWOP.

Після того, як установлений правильний профіль, потрібно вказати ще один, але досить важливий параметр (рис. 6.7). Йдеться про величину розтискування точок, що задається в списках *Gray* (півтони) і *Spot* (плашкові).

Тут визначається розтискування для напівтонових зображень і зображень, розділених на плашкові кольори (для кольорових зображень цей параметр уже врахований в обраному профілі).

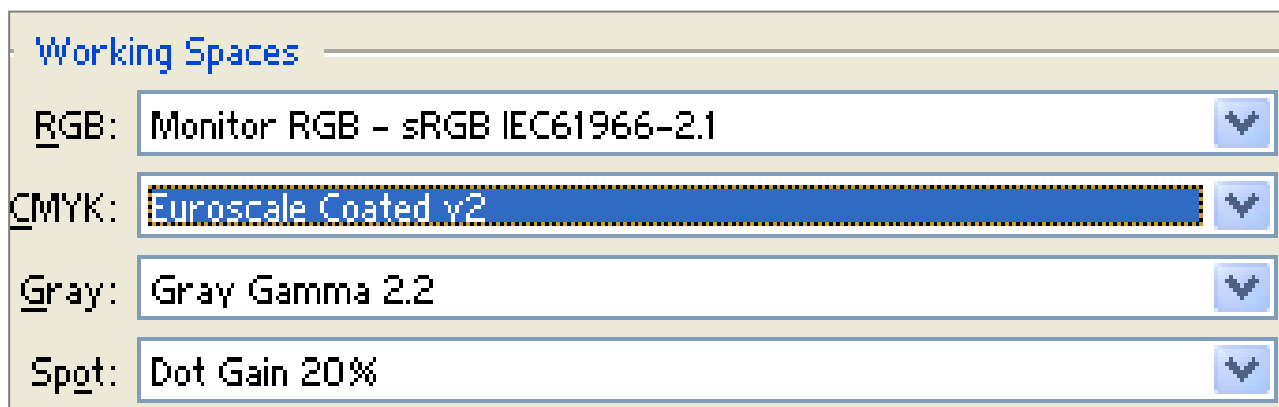


Рис. 6.7. Процес установки додаткових параметрів

Наявність усього декількох стандартних профілів для кольороподілених зображень полегшує перенесення зображень між різними комп'ютерами, але може виявитися недостатнім для характеристики різноманітних умов друку. Крім того, може знадобитися, наприклад, вивести те саме кольороподілене зображення на струменевий принтер, потім на кольоропробний і, нарешті, на фотонабірний автомат. Зрозуміло, кожен із них має власний колірний профіль. *Photoshop* враховує цю можливість спеціальними налаштуваннями друку.

Слід розглянути *другий спосіб*, в основі якого лежить процес створення замовленого профілю.

Для створення замовленого (користувальницького) CMYK-профілю використовується команда *Custom CMYK*, що знаходиться в списку CMYK діалогового вікна *Color Settings*.

Основними параметрами установки є такі:

1. ***Inc Colors* (налаштування фарби)**. Фарби для вітчизняного офсету використовуються зараз в основному європейські, а це в програмі називаються *Eurostandard* і *SWOP*. Кожен тип фарби градуюється за трьома категоріями, що визначають для друку, на якому папері призначена фарба: *Coated* – папір повинен бути крейдований, глясовий; *Uncoated* – некрейдований папір; *Newsprint* – газетний. Перед кольороподілом (переведенням у CMYK) необхідно змінити налаштування на *Coated*, *Newsprint* або *Uncoated* (рис. 6.8);

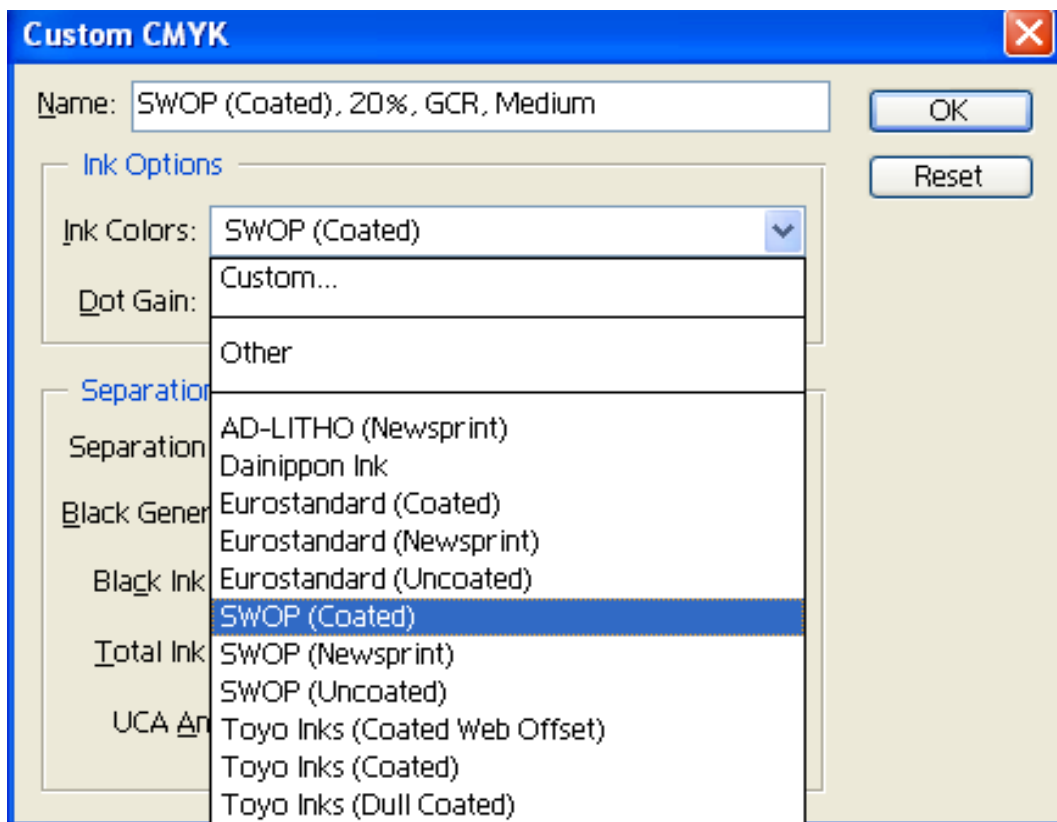


Рис. 6.8. Зміна настроювання паперу

## 2. *Dot Gain* (розтискування фарби).

**Розтискування** – це небажане збільшення щільності (відсотка) фарб під впливом убирання їх у папір і як наслідок фізичне й оптичне збільшення растрових елементів.

Зорово це сприймається як ущільнення (затемнення) зображення.

Потрапляючи на папір, фарба розтікається, убирається й придавлюється циліндром друкованої машини. Таким чином, растрова точка збільшується в розмірі. У результаті зображення може значно затемнюватися. Для компенсації даного небажаного ефекту застосовується компенсація розтискування. У поле *Dot Gain* вводиться величина розтискування (рис. 6.9).

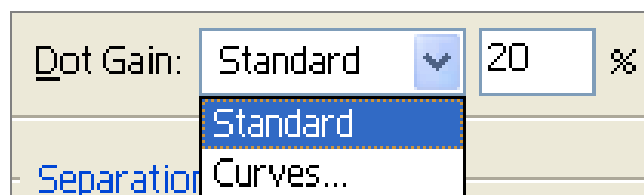


Рис. 6.9. Зміна настроювання розтискування

Існує два способи компенсації розтискування:

а) *Standart* – визначає відсоток збільшення 50-відсоткової точки растра;

б) *Curves* – визначає різні відсоткові значення збільшення растрової точки для різних тонів, дозволяє задавати різні розтискування для різних фарб СМΥК. Для точної компенсації розтискування необхідно в друкованому відтиску для використовуваних фарб і паперу виміряти збільшення растрової точки різних розмірів і задати ці значення у вікні **Dot Gain Curves** (рис. 6.10).

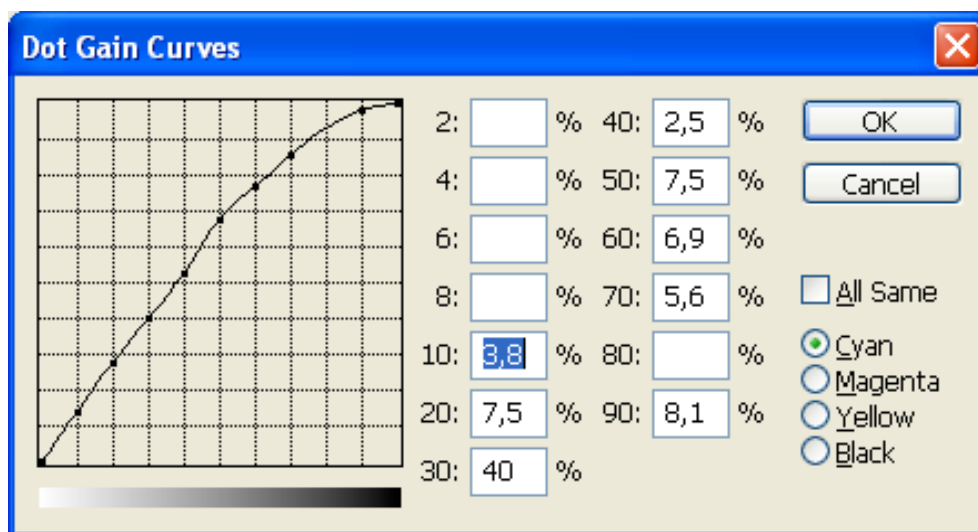


Рис. 6.10. Задавання значень збільшення растрової точки для *Cyan*

*Зауваження:* найбільш значуще це відбувається в зоні півтону – 50 %. Цей параметр варто використовувати як настроєчний.

3. **Separation Type** (тип кольороподілення). Справа в тому, що темні тріадні кольори можна представити як суму сірої (нейтральної) і кольорової складової.

Існує два типи (ще називають *методами*) кольороподілу (рис. 6.11):

а) **GCR** – нейтральна складова кольору заміщується на відповідний відсоток чорної фарби. Метод дає можливість зменшити ймовірність небажаного колірною зрушення під час друку й заощаджує дорогі кольорові барвники;

б) **UCR** – навпаки, глибокі тіні виходять за рахунок змішання великого відсотка кольорових фарб, а чорний має допоміжну роль. Рівень генерації чорного задає криву, за якою *Photoshop* і вибирає відсоток заміщення кольорових барвників чорним.



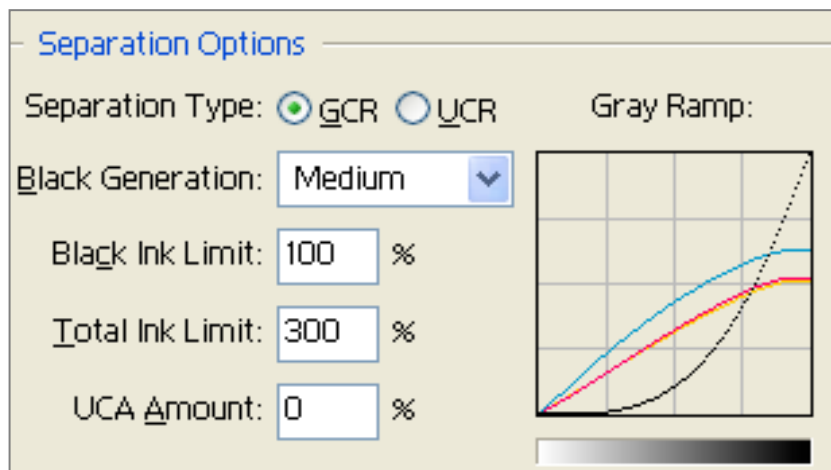


Рис. 6.11. Вибір типу (методу) кольороподілу

Обидва методи припускають, що в середніх і темних тонах замість деякої кількості CMY-фарб буде використовуватися відповідна деяка кількість чорної фарби. Це забезпечує обмеження загальної кількості фарб у тінях і більш точну передачу деталей. Звичайно, має сенс використовувати тип кольороподілу **GCR**, тому що він дає більш широкий діапазон налаштувань параметрів кольороподілу.

4. **Black Generation (інтенсивність генерації)**. Визначає інтенсивність чорної фарби залежно від тонів. Найчастіше використовуються два варіанти *Light* і *Medium* (рис. 6.12).

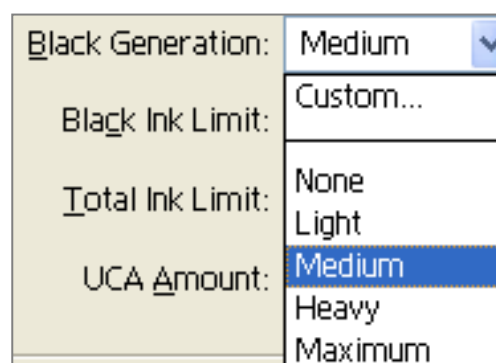


Рис. 6.12. Вибір значення для інтенсивності генерації чорного кольору

*Light Generation* визначає чорний в основному тільки в темних тонах і трохи в середніх, а *Medium Generation* визначає чорний як у середніх, так і в темних тонах. Для темних зображень краще використовувати варіант *Light*, а для світлих і нормальних – *Medium*;

5. **Black Ink Limit** (максимальна кількість чорної фарби в тінях) та **Total Ink Limit** (максимальна кількість всіх фарб СМΥК у тінях).

Значення даних параметрів визначаються кількістю паперу й типом друкованої машини. Цю інформацію необхідно уточнювати в друкарні.

### Висновки та узагальнення

Під кольорокорекцією слід розуміти зміну колірному змісту зображення оригіналу відповідно до вимог замовника, технологічного процесу й інших причин або виправлення фотоформ, отриманих у результаті кольороподілу.

Основне правило, що повинне виконуватися в рамках тонової корекції, – баланс за сірим.

Специфіка роботи із кольором полягає в тому, що здійснюваний на окремий колірний компонент вплив відбивається на всіх інших, тому головним принципом колірної корекції є настроювання балансу кольорів.

Для більш точної передачі якого-небудь відтінку в поліграфії застосовують плашкові або прості кольори, отримані шляхом попереднього простого змішування фарб у змішувачі. Найбільш популярними каталогами плашечних кольорів є: *Pantone Coated* та *Pantone Uncoated*.

Кольороподілене зображення – це одноколірне зображення, отримане на екрані монітора видавничої системи або на твердому носії. *Photoshop* дозволяє настроювати параметри кольороподілу двома різними способами: за колірним профілем пристрою виведення та введенням усіх параметрів кольороподілу.

### Теоретичні запитання

1. Опишіть місце дисципліни в рамках загального процесу кольорового відтворення.
2. Дайте визначення таким поняттям: "колірний режим" та "кольорокорекція".
3. Опишіть специфіку організації процесу тонової корекції.
4. Які існують інструментальні засоби тонової корекції?
5. Що таке "тоновий діапазон"?
6. Як звучить основне правило тонової корекції?
7. Сформулюйте основний принцип колірної корекції.
8. Опишіть специфіку організації процесу колірної корекції.

9. Які існують інструментальні засоби здійснення процесу колірної корекції?
10. Сформулюйте правила роботи з *Curves*.
11. Опишіть теоретичний інструментарій (базові елементи) кольорокорекції.
12. Які існують методи кольорокорекції?
13. Поясніть, як вирішується проблема відтворення відтінків (на прикладі системи *Pantone*).
14. Дайте визначення процесу кольороподілу та його змісту.
15. Опишіть способи настроювання параметрів кольороподілу.
16. Як створити замовлений (користувальницький) профіль?
17. Що таке розтискування? Які є способи його компенсації?

## 7. Друкарське кольоровідтворення

### Основна ідея

Присвячено розгляду специфіки друкарського кольоровідтворення та чинників, що впливають на якість даного процесу.

**Ключові поняття:** друкарське кольоровідтворення, контролювання кольору, визначення відхилень.

### Основні питання

- 7.1. Загальна характеристика процесу друкарського кольоровідтворення.
- 7.2. Контролювання кольору в процесі тиражу.

### Цілі вивчення

**Метою** є розкриття особливостей процесу друкарського кольоровідтворення та відповідних денситометричних вимірювань.

Інформація, подана далі, надає студентові можливість сформулювати такі **компетентності**:

#### **знання:**

характеристики процесу друкарського кольоровідтворення;  
особливостей денситометричного вимірювання;

**уміння:**

здійснювати друкарське кольоровідтворення зображень;  
обґрунтовувати доцільність здійснення колірних вимірювань та контролювати колір у процесі тиражу;

**комунікації:**

професійна допомога в урахуванні параметрів, що повинні бути враховані в процесі друкарського кольоровідтворення;

**автономність і відповідальність:**

самостійне контролювання кольору в процесі тиражу;  
професійна підготовка осіб, що займаються денситометричними вимірюваннями.

## Вступ

Для отримання якісного результату в процесі друку необхідно здійснювати відповідний денситометричний контроль за параметрами, що впливають на якість кольору на задрукованому матеріалі (папері, картоні та ін.). У якості таких параметрів є: оптична щільність друкарських фарб, форма растрової точки, розтискування тощо.

Розкрито питання, що стосуються здійснення колірних вимірювань і контролю кольору в процесі тиражу.

### 7.1. Загальна характеристика процесу друкарського кольоровідтворення

Якість процесу друкарського кольоровідтворення залежить від підготовки, виконаної на додрукарській стадії, способу друку, обладнання, що застосовується, властивостей матеріалів, що використовуються для виготовлення друкованої продукції (в першу чергу, від характеристик паперу й фарб). Якість кінцевого друкованого продукту залежить і від післядрукарського оброблення.

Якість відтиску (одно- або багатофарбового) або друкарського відтиску, що містить растрове, штрихове зображення й текст одночасно, визначається точністю кольоро- й тоновідтворення, точністю суміщення в багатокольоровому друці й властивостями поверхні віддрукованого зображення усієї друкованої полоси (або листа).

З позиції теорії кольору, на якість друкарського кольоровідтворення впливають такі **фактори**: координати кольору, оптична щільність, форма растрової точки, розтискування (фарбосприйняття), двоїння, рівномірність розподілу фарби на поверхні.

## 7.2. Контролювання кольору в процесі тиражу

З позиції можливості здійснення контролювання кольору в процесі тиражу інтерес становлять денситометричні вимірювання, що засновані на **оцінювання товщини фарбового шару**. Денситометром визначаються не тільки оптичні щільності, а також параметри растрового друку, такі, як розтискування й відносний контраст друку. Той факт, що за допомогою вимірювань можливо визначити фарбосприйняття (захват) фарби матеріалом має дуже велике значення в технології багатофарбового друку.

У багатофарбових машинах фарбоподача в кожній друкарській секції повинна регулюватися окремо. У растровому зображенні має місце накладання декількох фарб, тому візуальне й інструментальне оцінювання окремих фарб на самій репродукції складні. На сигнал, вимірюваний від однієї фарби, впливають інші фарби, що обмежує точність вимірювань. Тому поряд з основним зображенням на обрізаному полі друкованої сторінки прийнято друкувати колірні шкали, вимірювальні поля яких відповідають певним фарбам (рис. 7.1).

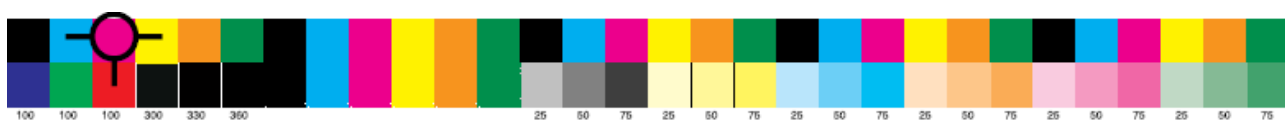


Рис. 7.1. Контрольна шкала друкарського процесу з полями для вимірювання кольору

Такі контрольні шкали набули широкого застосування на практиці і наносяться по всій ширині друкарського листа, у цьому разі окремі поля розташовуються так, що відповідають зонам подачі фарби.

Щільність полів шкал на відтиску контролюються за допомогою денситометра. За значенням щільностей легко можуть бути визначені зміни в подачі фарби.

Оптична щільність ( $D$ ) визначається таким логарифмічним співвідношенням:

$$D = \log 1/\beta = \log I_0/I, \quad (7.1)$$

де коефіцієнт відображення  $\beta$  дорівнює відношенню інтенсивності світла  $I$ , відбитого від фарбового шару, до відбиття  $I_0$  від ділянки незадрукованого паперу. Зі збільшенням товщини фарбового шару коефіцієнт відбиття  $\beta$  зменшується. Для того, щоб отримати дані вимірювань, пропорційні вимірюванню товщини фарбового шару, під час розрахунку оптичної платності спочатку знаходять зворотну величину ( $1/\beta$ ), а потім обчислюють її логарифм.

На рис. 7.2 наведені характерні для багатофарбової офсетної репродукції криві зміни щільності фарбового шару реальних друкарських фарб залежно від його товщини.

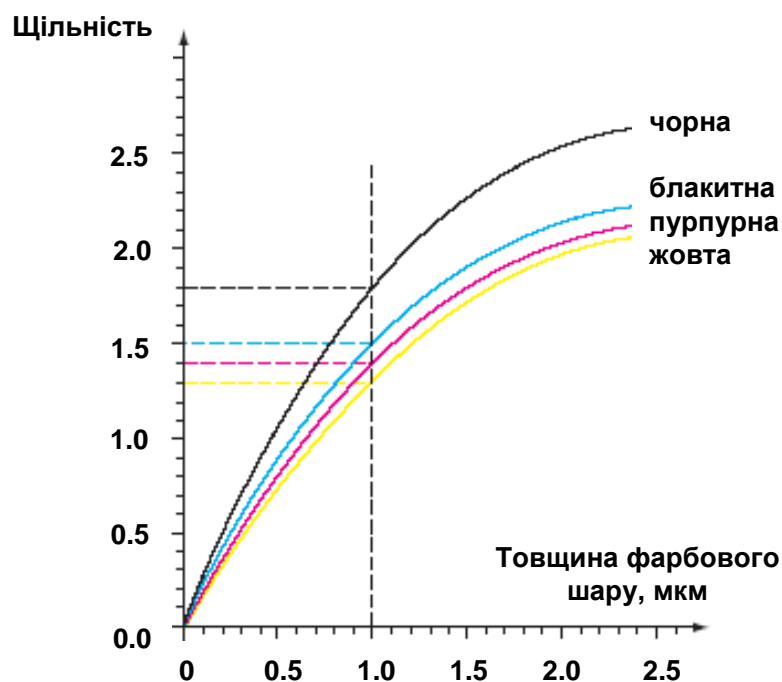
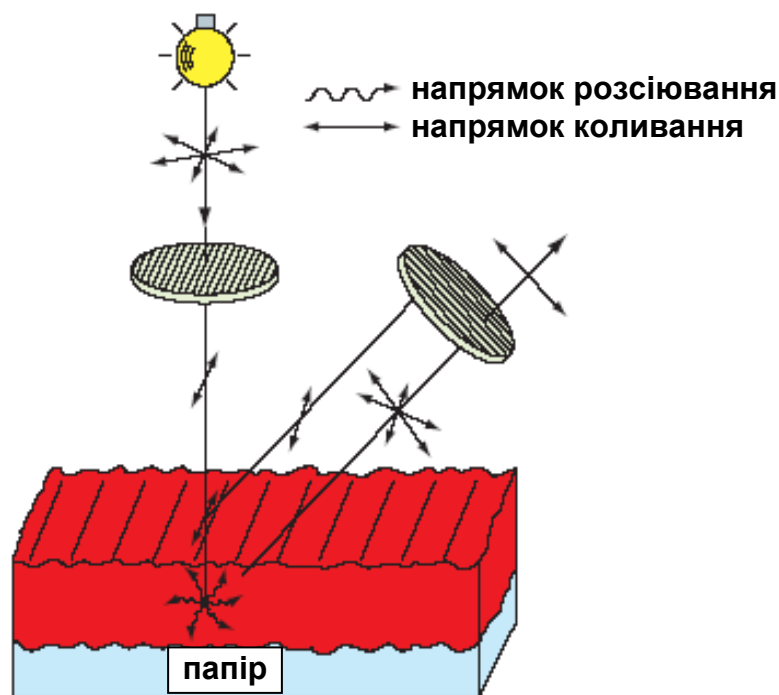


Рис. 7.2. Оптична щільність друкарських фарб за різної товщини фарбового шару

За допомогою денситометрів можна вимірювати як сухі, так і ще сирі фарбові шари. Для останніх характерна відносно гладка, глянцева поверхня. Під час висихання фарбовий шар деякою мірою набуває нерівномірної шорсткої структури поверхні паперу й втрачає первинний глянець. Якщо

провести вимірювання спочатку по сирому, а потім по сухому шару, то результати вимірювань будуть різні (величина вимірюваної щільності по сирому вища, ніж по сухому шару).

Для того, щоб компенсувати таку неузгодженість, на оптичному шляху встановлюють два лінійних поляризаційних фільтри з площинами, що схрещуються. Із світлових хвиль, що поширюються на всі сторони поляризаційні фільтри пропускають хвилі тільки одного напрямку. Частина поляризаційних променів, що пройшли через перший поляризаційний фільтр, дзеркально відображується фарбовим шаром. Другий поляризаційний фільтр повернутий щодо першого на  $90^0$ , тому дзеркально відображені світлові промені ним не пропускаються (рис. 7.3).



**Рис. 7.3. Дія поляризаційних фільтрів, що виключає дзеркальне відображення гладких поверхонь у разі зміни оптичної щільності**

Дзеркально відображене світло таким чином з вимірювань виключається. Але, якщо промені світла проникають у фарбовий шар і відбиваються або від нього або від задрукованого матеріалу, вони втрачають свою поляризацію. А отже, ці промені частково пройдуть через другий поляризаційний фільтр і потраплять на фотоприймач.

Таким чином, за рахунок виключення частини світла, що дзеркально відображається від шару сирій фарби, досягають приблизної рівності результатів вимірювань "по сирому" та "по сухому". Іншими словами, сирій

шар невисохлої фарби з великим глянцем дає такі ж показники, як, якби він був уже сухим. Завдяки поглинанню поляризаційного фільтра на фото-приймач потрапляє зменшена відображена складова, що приводить до більш точних вимірюваних значень.

Достовірна кольоропередача растрового зображення дуже критична до **зміни розміру растрових точок**, оскільки ці відхилення приводять до зрушення в тоно- й кольоропередачі. Має місце множина факторів, що впливають на градаційну передачу під час растрування, і тому (з метою стандартизації) вони повинні контролюватися.

У репродукційному процесі найпростішою контрольованою величиною градаційної передачі є *відносна площа растрових точок* на полях колірних контрольних шкал (див. рис. 7.1).

Відносна площа растрових точок ( $F_D$ ) на відтиску (тобто площа, занята покритими друкарською фарбою растровими точками на полі контрольної шкали) також може бути виміряна денситометром. Величина  $F_D$  (у відсотках) розраховується за рівнянням Мюрея – Девіса із значень інтенсивності світла, відображеного від плашкового фарбового шару і растрового поля, як:

$$F_D = \frac{1 - \beta_R}{1 - \beta_V} 100 \%, \quad (7.2)$$

де  $\beta_R$  – відображення растрового поля;

$\beta_V$  – відображення плашкового шару.

У цьому разі припускається, що фарбовий шар на растрових точках і плашках має однакову товщину. Підставляючи виміряні значення оптичної щільності у формулу (7.2.), відносну площу растрової точки обчислюють за такою формулою:

$$F_D [\%] = \frac{1 - 10^{-D_R}}{1 - 10^{-D_V}} 100 \%, \quad (7.3)$$

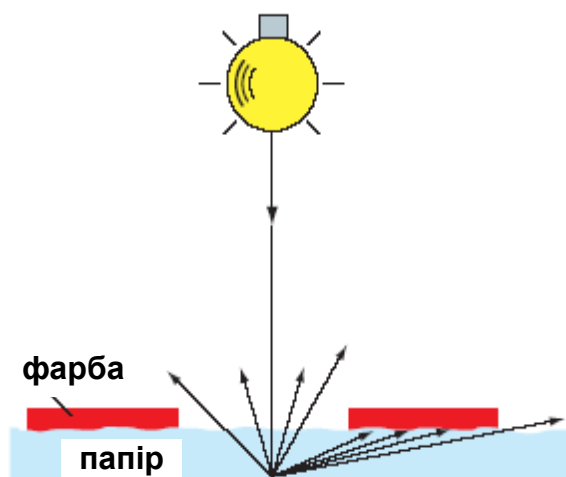
де  $D_R$  – оптична щільність плашки;

$D_V$  – оптична щільність растрового поля.

У процесі денситометричного оцінювання оптичної щільності растрових полів вимірювальні значення відповідають не геометричній відносній площі растрових точок (тобто співвідношенню площ, зайнятих растровими точками і незадрукованим папером), а оптично ефективної



задрукованої площі. Різниця між геометричною та оптично ефективною задрукованою площею виникає через те, що, як під час розгляду, так і під час денситометричних вимірювань частина світла, що падає на пробіли, розсіюється в товщині паперу і, потрапляючи під растрову точку, поглинається її фарбовим шаром (рис. 7.4).



**Рис. 7.4. Поглинання світла, що поступає від пробілу ділянкою пофарбованої поверхні паперу**

У процесі оцінювання репродукційного процесу з урахуванням властивостей використовуваних матеріалів відносна площа растрових елементів відтиску стає найважливішою вимірювальною величиною й основною кількісною характеристикою.

Під час **розтискування** збільшення растрових точок ( $Z$ ) розраховують із відносної площі растрових точок на фотоформі ( $F_F$ ) як оригіналу для виготовлення друкованих форм і їх кінцевої відносної площі на відтиску ( $F_D$ ), отриманої на задрукованому матеріалі в процесі друку. Розрахункова формула має такий вигляд:

$$Z [\%] = F_D [\%] - F_F [\%]. \quad (7.4)$$

Так, якщо відносна площа точки, наприклад, по блакитній фарбі (рівною 55 %) утворюється за допомогою вимірювання щільностей плашки і поля тонової шкали з відносною площею растрової точки фотоформи 40 %, то приріст відносної площі точки до відомого її розміру (40 %) на фотоформі складає 15 %. Приріст, зазвичай, позитивний, оскільки гумове полотно збільшує точку під час її передавання на папір. Припускається, що відносна площа під час переходу від фотоформи до друкованої форми

змінюється незначно. Зміна градації, що відбувається, повинна бути врахована у процесі кольороподілу та виготовлення фотоформ.

У стандартизованому позитивному копіювальному процесі виготовлення друкарських форм растрові точки з фотоформи копіюються на друкарську форму з декілька зменшеними розмірами. Зв стандартних умов ведення процесу друку площі растрових точок знову збільшуються. На рис. 7.5 проілюстрована типова градаційна крива друкарського процесу. Розтискування в значному ступені залежить від властивостей поверхні паперу та її вбираючої здатності, реологічних властивостей фарб, декеля, тиску під час друку й ін.

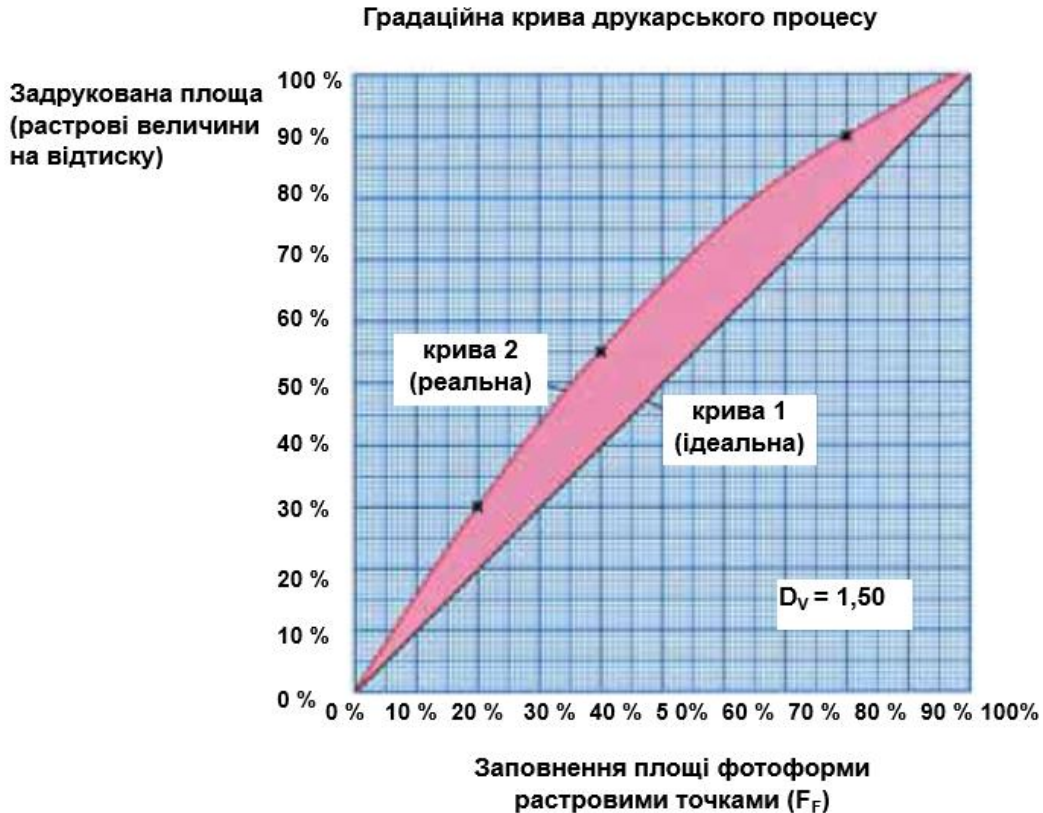
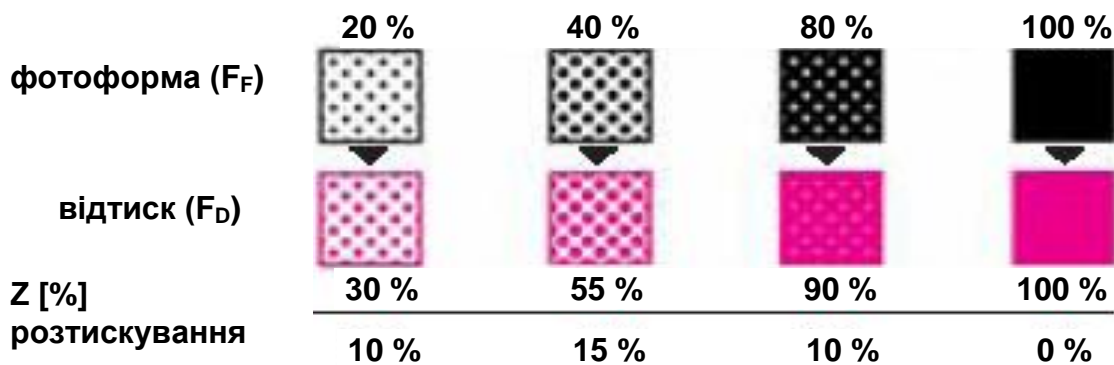


Рис. 7.5. Градаційна крива друкарського процесу та розтискування

Під час розроблення стандартів офсетного друку були нормовані значення розтискування від фотоформи до відтиску. Ці дані щодо розтискування стали для працівників поліграфічних підприємств тими нормами, якими вони користуються для обґрунтованого вибору матеріалів, регулювання параметрів обладнання та контролювання кольору в процесі його друкарського кольоровідтворення.

### **Висновки та узагальнення**

На якість друкарського кольоровідтворення впливають такі чинники: координати кольору, оптична щільність, форма растрової точки, розтискування (фарбосприйняття), двоїння, рівномірність розподілу фарби на поверхні.

Денситометром визначаються не тільки оптичні щільності, а також параметри растрового друку, такі, як розтискування й відносний контраст друку.

За допомогою денситометрів можна вимірювати як сухі, так і ще сирі фарбові шари.

Достовірна кольоропередача растрового зображення критична до зміни розміру растрових точок, оскільки ці відхилення призводять до зрушення в тоно- й кольоропередачі.

### **Теоретичні запитання**

1. Які чинники необхідно враховувати в процесі друкарського кольоровідтворення?
2. Як ураховуються особливості структури та властивостей паперу?
3. Як ураховуються особливості обладнання?
4. Як визначаються припустимі відхилення?
5. Поясніть роль і місце денситометричних вимірювань під час здійснення контролю кольору друкованої продукції (книг, журналів тощо) в процесі тиражу.
6. Як робити вимірювання діапазону оптичної щільності зразка?
7. Як визначається ступінь розтискування?
8. Як вимірювати відсоток растрової точки?
9. Яким чином здійснюється регулювання балансу за сірим?

## Глосарій

**Адитивний синтез** – це об'єднання різноколірних растрових точок, які розташовані поруч, оком спостерігача.

**Вихідна кольоровість** – це кольоровість рівноенергетичного білого кольору Е, тобто кольору випромінювання з рівномірним розподілом інтенсивності по всьому видимому спектру.

**Зоровий образ об'єкта** складається зі світлових відчуттів, викликаних імпульсами, переданими в потиличні долі мозку.

**Квантування кольору** – процес, що полягає в зменшенні кількості кольорів, використовуваних у зображенні.

**Колір** – це:

1) форма світлової енергії, переданої у вигляді хвиль;  
2) властивість спектрального складу випромінювань, що не розрізняються візуально.

3) оптичне явище, почуттєве відчуття, створюване оком і мозком. Це відчуття, що виникає у свідомості людини, під час впливу на її зоровий апарат електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі в діапазоні від 380 до 760 нм (770 нм).

**Колірна діаграма** використовується для зображення колірної охоплення ока (всі видимі кольори), а всередині неї колірні охоплення різного устаткування.

**Колірна температура** – це характеристика джерела світлового випромінювання, що визначає його спектральний склад.

**Колірна модель** – це математичне визначення колірної простору. Колірна модель визначає діапазон кольорів, які в зображенні можна показати на екрані або одержати за умови остаточного друку.

**Колірний тон** – це властивість кольору, що дозволяє оку людини сприймати й визначати червоний, жовтий, синій і інший спектральний кольори.

**Кольороведення** – це наука, що вивчає коло питань, пов'язаних з оптикою й фізіологією зору, психологією сприйняття кольорів, а також теоретичні основи й техніку вимірювання й відтворення кольорів.

**Кольоропередача** – це психологічно точне відтворення на відтиску кольорів і колірних відтінків оригіналу під час порівняння зображень оригіналу й відтиску в однакових умовах освітленості.

**Кольороподілом** називається процес розкладання кольорового зображення з режиму RGB на чотири складові фарби CMYK, що потім з'єднуються під час друку, утворюючи багатокольорове зображення.

**Метрологія кольору (або колориметрія)** – вивчає методи вимірювання кольору; встановлює способи кількісного вираження кольорів, основи їх класифікації, методи встановлення колірних допусків

**Насиченість хроматичного кольору** – це ступінь відмінності цього кольору від ахроматичного сірого, рівного йому за світлотою.

**Психології кольору** – вивчає співвідношення між фізичними характеристиками випромінювання й відчуттями, які викликаються діями випромінювань.

**Профіль** становить таблицю, в якій кольори, відображувані (або ті, що реєструються) пристроєм, описані в єдиній колірній моделі. Профіль пристрою містить інформацію про те, як воно представляє кольори. Тобто, опис колірного простору і є **колірним профілем**.

**Світлова чутливість** – це здатність ока реагувати на можливо малий потік випромінювання. Вона вимірюється як величина граничної яскравості.

**Світлота** – це властивість кольорової поверхні відбивати більшу або меншу кількість падаючих променів світла.

**Система управління кольором** – це сукупність програмних і апаратних засобів, розроблених для узгодження розходжень відтворення кольору сканерами, моніторами, принтерами й друкарськими машинами, щоб гарантувати стабільне відтворення кольору протягом даного процесу (тобто кольори оригіналів точно представляють кольори, отримані на відтиску).

**Спектральні кольори** – це кольори, які людина бачить під час розщеплення сонячного світла за допомогою призми, а саме: червоний, жовтогарячий, жовтий, зелений, блакитний, синій і фіолетовий.

**Субтрактивний синтез** – це послідовне накладення растрових точок для різних фарб.

**Тріада** – це трійка лінійно незалежних кольорів.

**Фізика кольору** – розглядає властивості світла, головним чином розподіл світлового потоку за спектрами випущення й відбиття, а також способи одержання цих спектрів, апаратуру й приймачі випромінювання.

**Фізіологія кольору** – розглядає дію випромінювань на око, причини виникнення зорового відчуття, зоровий апарат і його робота.

**Хроматичні кольори** – це кольори та їх відтінки, які людина розрізняє в спектрі.

## Предметний покажчик

Адитивний синтез .....	66
Вихідна кольоровість .....	83
Зоровий образ об'єкта .....	26
Квантування кольорів .....	105
Колір .....	6, 7
Колірна модель .....	19
Колірна діаграма .....	29
Колірна температура .....	27
Колірний тон .....	10
Кольороведення .....	8
Кольоропередача .....	139
Кольороподіл .....	76
Метрологія кольору .....	9
Насиченість хроматичного кольору .....	11
Психології кольору .....	9
Профіль .....	117
Світлова чутливість .....	26
Світлота .....	11
Система управління кольором .....	115
Спектральні кольори .....	21
Субтрактивний синтез .....	66
Тріада .....	44
Фізика кольору .....	9
Фізіологія кольору .....	9
Хроматичні кольори .....	10

## Використана література

1. Бондар І. О. Фактори впливу на сприйняття кольору поліграфічної продукції / І. О. Бондар // Матеріали міжнародної конференції "Проблеми й перспективи розвитку ІТ-індустрії". Харків, 20 листопада 2009 рік. – Х. : ХНЕУ, 2009. – С. 228–230.
2. Вейсберг Дж. Управление цветом в Microsoft Windows XP / Дж. Вейсберг ; пер. с англ. В. В. Котов. – М. : НТ Пресс, 2007. – 336 с.
3. Домасев М. В. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения / М. В. Домасев, С. П. Гнатюк. – СПб. : Питер, 2009. – 224 с. : ил.
4. Измайлов Ч. А. Психофизиология цветового зрения / Ч. А. Измайлов, Е. Н. Соколов, А. М. Чериоризов. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 206 с.
5. Киппхан Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Г. Киппхан ; пер. с нем. – М. : МГУП, 2003. – 1280 с.
6. Маргулис Д. Photoshop для профессионалов: классическое руководство по цветокоррекции. Четвертое издание / Д. Маргулис ; пер. с англ. – М. : ООО "Интерсофтмарк", 2003. – 464 с.
7. Маргулис Д. Photoshop LAB Color: загадка каньона и другие приключения в самом мощном цветовом пространстве / Д. Маргулис ; пер. с англ. – М. : Интелбук, 2006. – 480 с.
8. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Теорія кольору" для студентів напряму підготовки "Видавничо-поліграфічна справа" всіх форм навчання / укл. О. І. Пушкар, І. О. Бондар. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2009. – 100 с.
9. Миано Дж. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии / Дж. Миано. – М. : Издательство Триумф, 2003. – 336 с.
10. Нельсон Р. Э. Что полиграфист должен знать о красках / Р. Э. Нельсон ; [пер. с англ.]. – М. : ПРИНТ-МЕДИА Центр, 2005. – 328 с.
11. О'Квин Д. Допечатная подготовка. Руководство дизайнера : учеб. пособ. / Д. О'Квин ; пер. с англ. – М. : ИД "Вильямс", 2003. – 592 с.
12. Пушкар О.І. Теорія кольору: конспект лекцій для студентів напряму підготовки "Видавничо-поліграфічна справа" всіх форм навчання / О. І. Пушкар, І. О. Бондар. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 147 с.
13. Саттон Т. Гармония цвета: Полное руководство по созданию цветовой комбинация / Т. Саттон, Б. Вилен ; пер. с англ. В. П. Воропаева. –

М. : ООО «Издательство "Астрель"» ; ООО "Издательство АСТ", 2004. – 215 с.

14. Фрейзер Б. Реальный мир управления цветом, искусство допечатной подготовки / Б. Фрейзер, К. Ф. Мэрфи ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : ООО ИД "Вильямс", 2006. – 560 с.

15. Хейнз Б. Художественные приемы работы в Photoshop CS / Б. Хейнз, У. Крамплер, Ш. Дугган ; пер. с англ. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2005. – 552 с.

16. Цифровое преобразование изображений : учеб. пособ. для вузов / под ред. проф. Р. Е. Быкова. – М. : Горячая линия – Телеком, 2003. – 228.

17. Яньшин П. В. Цвет как фактор психологической регуляции / П. В. Яньшин // Прикладная психология. – 2000. – № 4. – С. 14–27.

18. Все о цвете и цветовой калибровке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.realcolor.ru>.

19. Сайт журнала "КомпьюАрт". – Режим доступа : <http://www.compuart.ru>.

20. Сайт журнала "Компьютерра". – Режим доступа : <http://www.computerra.ru>.

21. Сайт Webmascon, содержащий статьи по теории цвета. – Режим доступа : <http://www.webmascon.com/topics/colors>.



## Зміст

Вступ.....	3
Розділ 1. Теоретичні основи організації та представлення кольору.....	5
1. Основні поняття теорії кольору.....	5
1.1. Колір та його основні властивості.....	6
1.2. Колірні моделі та схеми.....	15
2. Гармонія колірних сполучень.....	31
2.1. Теоретичні основи організації колірних сполучень.....	32
2.2. Колірні системи.....	43
2.3. Психологія кольору.....	47
2.4. Сполучення і шрифт.....	60
3. Адитивні та субтрактивні системи цифрового представлення кольору.....	64
3.1. Теоретичні основи організації систем цифрового представлення кольору.....	66
3.2. Математика кількісного опису кольору.....	80
3.3. Математичне перетворення.....	89
4. Графічні формати файлів.....	93
4.1. Характеристика та структура основних форматів файлів.....	95
4.2. Особливості стиснення зображень.....	105
Розділ 2. Цифрове опрацювання зображень та синтез кольору в процесах друкарського кольоровідтворення.....	110
5. Вимірювання та управління кольором у кольорометричних системах.....	110
5.1. Теоретичні основи вимірювання кольору.....	111
5.2. Керування кольором.....	115
6. Комп'ютерне кольоровідтворення.....	128
6.1. Загальна характеристика процесу комп'ютерного кольоровідтворення.....	130
6.2. Проблема відтворення відтінків.....	136
6.3. Особливості та специфіка здійснення комп'ютерного кольороподілу.....	139

7. Друкарське кольоровідтворення .....	147
7.1. Загальна характеристика процесу друкарського кольоровідтворення.....	148
7.2. Контролювання кольору в процесі тиражу .....	149
Глосарій.....	156
Предметний покажчик.....	158
Використана література .....	159

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Бондар Ірина Олександрівна**

## **ТЕОРІЯ КОЛЬОРУ**

**Навчальний посібник  
для студентів напряму підготовки  
6.051501 "Видавничо-поліграфічна справа"**

Відповідальний за видання *О. І. Пушкар*

Відповідальний редактор *М. М. Оленич*

Редактор *В. О. Бутенко*

Коректор *В. О. Бутенко*

План 2016 р. Поз. № 23-НП.

Підп. до друку 15.09.2016 р. Формат 60 x 90 1/16. Папір офсетний. Друк цифровий.  
Ум. друк. арк. 10,25. Обл.-вид. арк. 12,81. Тираж 400 пр. Зам. № 156.

---

Видавець і виготовлювач – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61166, м. Харків, просп. Науки, 9-А

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК № 4853 від 20.02.2015 р.*