

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра _____ Проектування та експлуатація електронних апаратів
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)
Спеціальність _____ 172 – Телекомунікація та радіотехніка
(код і повна назва)
Тип програми _____ Освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)
Освітня програма _____ Радіоелектронні апарати та засоби
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)
« ____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Чешко Євгенію Леонідовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи _____ Дослідження застосування методів колориметрії
для вимірювання кольору

Затверджена наказом університету від _____ 14 _____ 11 _____ 20 _____ 22 р. № 1475Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 02 _____ 12 _____ 20 _____ 22 р.

3. Вихідні дані до роботи _____ Цифрові колориметри, ЕОМ типу ПК

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____ 4.1 Перелік скорочень, умовних
познач, одиниць і термінів; 4.2 Вступ; 4.3 Сучасний стан методів та засобів
колориметрії. Вибір напрямку досліджень; 4.3.1 Розвиток колориметрії. Колір як
багатомірна величина; 4.3.2 Методи колориметрії; 4.3.2.1 Візуальні методи колориметрії;
4.3.2.2 Фотометричні методи колориметрії; 4.4 Розробка цифрових пристроїв для
вирішення задач оптичного контролю; 4.4.1 Аналіз існуючих варіантів побудови
цифрових датчиків для вирішення задач оптичного контролю та їх вдосконалення;
4.4.2 Створення пристрою (колориметра), який вирішує поставлені задачі; 4.5 Охорона
праці; 4.5.1 Аналіз умов праці; 4.5.2 Забезпечення виробничої санітарії за умов
виробництва; 4.5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях у приміщенні наукової лабораторії;
4.6 Висновки; 4.7 Перелік джерел посилання; 4.8 Додаток А. Презентація; 4.9 Відомість
атестаційної роботи

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Слайди презентації, що наведені в додатках, а також записані окремо на CD-диск.

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по-батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання		
2	Аналіз завдання		
3	Огляд літератури з теми дослідження		
4	Проведення експериментів		
5	Розрахунки		
6	Оформлення пояснювальної записки		
7	Подання атестаційної роботи в ЕК		

Дата видачі завдання 01 вересня 20 22 р.

Студент

(підпис)

Чешко Є.Л.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

проф. Хорошайло Ю.Є.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка має: 58 сторінок друкованого тексту, 18 рисунків, — таблиць, 56 використаних джерел інформації, 1 додаток.

КОЛОРИМЕТРІЯ, СПЕКТРОСКОПІЯ, ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЬ, ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ, СВІТЛОФІЛЬТРИ, ПОРІВНЯННЯ

Мета і завдання дослідження. *Метою* магістерської роботи є вдосконалення методів і створення технічного засобу для колориметричного експрес-контролю якості матеріалів, підвищення точності та вірогідності отриманих результатів за рахунок використання методів статистичного аналізу результатів вимірювань.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі науково-технічні *завдання*:

1. Розробити математичну модель лінійної системи контролю якості зернових культур для побудови датчиків кольору.
2. Розробити технічні засоби для вирішення задач оптичного контролю.
3. Розробити метод синтезу інформаційно-оптимальної системи одиничних показників колориметричного контролю в умовах невизначеності відтворення рівнів параметрів, що контролюються.

Представлена атестаційна робота відповідає ДСТУ 3008:2015 – Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання.[1]

ABSTRACT

Explanatory note: 58 pages, 18 figures, — tables, 56 sources,
1 appendices

COLORIMETRY, SPECTROSCOPY, EXPRESS CONTROL, DIGITAL
DEVICES, LIGHT FILTERS, COMPARISON

The purpose and tasks of the research. The purpose of the master's work is to improve methods and create a technical tool for colorimetric express control of the quality of materials, increase the accuracy and reliability of the obtained results due to the use of methods of statistical analysis of measurement results.

To achieve the goal, it is necessary to solve the following scientific and technical tasks:

1. Develop a mathematical model of a linear quality control system of grain crops for the construction of color sensors.
2. To develop technical means for solving problems of optical control.
3. To develop a method of synthesizing an information-optimal system of single indicators of colorimetric control in the conditions of uncertainty of reproduction of the levels of the controlled parameters.

The presented attestation work complies with DSTU 3008:2015 – Reports in the field of science and technology. Structure and rules of design.[1]

ЗМІСТ

Перелік скорочень, умовних позначок, одиниць і термінів	7
Вступ.....	10
1 Сучасний стан методів та засобів колориметрії. вибір напрямку досліджень.....	11
1.1 Розвиток колориметрії. Колір як багатомірний параметр.....	11
1.2 Методи колориметрії	15
1.2.1 Візуальні методи колориметрії.....	16
1.2.2 Фотометричні методи колориметрії.....	21
2 Розробка цифрових пристроїв для вирішення задач оптичного контролю	25
2.1 Аналіз існуючих варіантів побудови цифрових датчиків для вирішення задач оптичного контролю та їх вдосконалення.....	25
2.2 Створення пристрою (колориметра), який вирішує поставлені задачі.....	41
3 Охорона праці	46
3.1 Аналіз умов праці.....	46
3.2 Забезпечення виробничої санітарії за умов виробництва.....	47
3.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях у приміщенні наукової лабораторії	50
Висновки	52
Перелік джерел посилання	54
Додаток А. Презентація	59
Відомість атестаційної роботи.....	79

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

Джерело типу А – джерело, відносний спектральний розподіл енергії якого у видимій області спектра відповідає випромінюванню абсолютно чорного тіла за температури 2856 К (ГОСТ 7721–89).

А – колір.

Джерело типу В – джерело, відносне спектральне розподілення енергії якого у видимій області спектра відповідає випромінюванню абсолютно чорного тіла при температурі 4874 К. Відтворює умови прямого сонячного освітлення (ГОСТ 7721-89).

с – швидкість світла ($3 \cdot 10^8$ м / с).

Джерело типу С – джерело, відносний спектральний розподіл енергії якого у видимій області спектра відповідає випромінюванню абсолютно чорного тіла за температури 6774 К. Відтворює умови освітлення розсіяним денним світлом (ГОСТ 7721–89).

CRI – повний індекс кольору.

CRI_i – визначений індекс кольору.

d – відстань від точки, що характеризує досліджуване джерело випромінювання, до найближчої ізотермічної лінії на колірній діаграмі стандарту МКО 1976 р.

Джерело типу D65 – джерело, відносний спектральний розподіл енергії якого у видимій області спектра відповідає випромінюванню абсолютно чорного тіла при температурі 6504 К. Відтворює умови освітлення усередненим денним світлом (ГОСТ 7721-89).

Е – освітленість.

Е – колір білої поверхні, що освітлена джерелом типу Е.

Джерело типу Е – джерело, спектральна щільність випромінювання якого у видимій області спектра стала.

$f_B(Q)$ – розподіл носіїв у дозволених зонах невиродженого напівпровідника.

h – стала Планка ($h = 6,6262 \cdot 10^{-34}$ Дж · с).

h_ν – енергія кванта випромінювання.

I – сила випромінювання (сила світла).

K – ваговий коефіцієнт.

K_m – максимальна спектральна світлова ефективність випромінювання за умови, що $\lambda = 0,555$ мкм ($K_m = 683$ лм / Вт).

k – стала Больцмана ($k = 1,38067 \cdot 10^{-23}$ Дж / К).

k_c – множник.

k_v – квазіхвильовий вектор.

L – яскравість.

M – святість (світлість).

$M(\lambda)$ – спектральний розподіл світності джерела випромінювання.

m_e^* – ефективна маса електрона.

m_h^* – ефективна маса дірки.

m_r^* – наведена маса.

$\bar{n}_{air}$ – показник заломлення повітря.

$\bar{n}_s$ – показник заломлення напівпровідника.

$R_\lambda(\lambda)$ – розподіл спектральної густини випромінювання джерела за довжиною хвилі.

$R_{\lambda \max}$ – максимум розподілу спектральної густини випромінювання джерела.

Q – енергія.

Q_c – енергія екстремуму зони провідності.

Q_e – енергія електрона у зоні провідності.

Q_g – ширина забороненої зони.

Q_h – енергія дірок у валентній зоні.

Q_v – енергія екстремуму валентної зони.

RGB – триколірна система вимірювання кольору через три основні кольори $\vec{R}$, $\vec{G}$ та $\vec{B}$.

$R_i(\lambda)$ – спектральний розподіл відбивної здатності i -тої поверхні.

r – радіус.

$\overline{r}_0(\lambda), \overline{g}_0(\lambda), \overline{b}_0(\lambda)$ – фізіологічні криві додавання кольорів.

(r, f) – координати кольорів у колірному просторі Lu^*/v^* , що характеризують адаптивний колірний зсув координат (u^*, v^*) при використанні досліджуваного джерела освітлення.

T – температура у градусах Кельвіна.

t – тангенс нахилу ізотермічної лінії.

T_c – колірна температура джерела випромінювання.

T_c' – корельована колірна температура джерела випромінювання.

t_s – час.

u^*, v^* – координати кольоровостей на колірній діаграмі МКО 1976 р.

$V(\lambda)$ – відносна крива видимості ока (відносна спектральна світлова ефективність монохроматичного випромінювання).

x, y – координати кольоровостей на колірній діаграмі МКО 1931 р.

$\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ – координати кольору колірного простору XYZ.

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ – криві складання кольорів у XYZ системі вимірювання кольору.

$\bar{x}_w(\lambda), \bar{y}_w(\lambda), \bar{z}_w(\lambda)$ – координати кольору джерела білого світла у колірному просторі XYZ.

XYZ – триколірна система вимірювання кольору через три основні кольори $\vec{X}, \vec{Y}$ та $\vec{Z}$.

φ_c – критичний кут повного внутрішнього відбиття.

λ – довжина хвилі.

λ_{begin} – довжина хвилі «початку» спектрального розподілу.

λ_{dom} – домінуюча довжина хвилі.

λ_{end} – довжина хвилі «закінчення» спектрального розподілу.

λ_{max} – довжина хвилі максимуму спектрального розподілу.

$\rho(Q)$ – комбінована густина енергетичних станів залежно від енергії.

ВСТУП

У сучасній промисловості колориметрія має цілу низку переваг перед іншими методами, наприклад перед ваговим аналізом. Колориметрія (від лат. Color – колір і грец. Metreo – вимірюю) – це розділ метрології, в якому вивчаються методи вимірювання і кількісного вираження кольору [2]. Колориметричні визначення виконуються набагато швидше. Якщо у ваговому аналізі хімічна реакція є тільки початком визначення, за яким йде ряд тривалих операцій, то у колориметрії після хімічної реакції відразу проводять порівняння забарвлень. Отже колориметричний метод належить до методів експрес-контролю, який є пріоритетним видом технічного контролю, який використовує швидкодіючі методи перетворення фізичних величин, що контролюються у електричні сигнали, особливо, якщо ці величини відображують складні комплексні властивості об'єкта технічного контролю, промислових вимірювань, технічної діагностики [3; 4].

Вирішення проблеми зменшення ймовірностей помилок контролю як першого, так і другого роду може бути досягнуто за рахунок ускладнення інформаційно-вимірювальних перетворень із урахуванням імовірнісних властивостей використовуваних вимірювальних сигналів, які здатні підвищити вірогідність контролю [4].

Методи дослідження базуються на теорії вірогідності і математичної статистики, математичних моделей дисперсійного аналізу при дослідженні інформаційних показників колориметричного контролю матеріалів та об'єктів; коваріаційного аналізу для визначення факторного впливу на функціональне перетворення параметра контролю при колориметричному дослідженні; дискримінантного аналізу при оцінюванні інформативності показників при колориметричному контролі; теорії інформації при оцінюванні вірогідності контролю показників якості зернових культур.

Наукова новизна одержаних результатів:

– отримав подальший розвиток метод інформаційного аналізу системи

показників колориметричного контролю, що дозволив формувати систему показників в умовах невизначеності відтворення рівнів параметрів, що контролюються.

— запропоновані аналітичні співвідношення, що дають змогу оцінити кількість інформації для кожного з показників колориметричного контролю при факторному впливі на лінійну функцію перетворення цих показників.

1 СУЧАСНИЙ СТАН МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОЛОРИМЕТРІЇ. ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

В останні роки у зв'язку з розвитком інтернет-технологій, цифрового телемовлення, мультимедійних програмних засобів, анімаційних навчальних програм і тренажерів істотно зріс інтерес до засобів вимірювання кольору [5].

1.1 Розвиток колориметрії. Колір як багатомірна величина

Колориметрія – наука про методи вимірювання і кількісного вираження кольору, а також сукупність таких методів і засобів.

Колір – це афінна векторна величина трьох вимірів, що має спектральні властивості, загальні для всіх випромінювань, візуально нерозрізнені в колориметричних умовах спостереження. Під словом «випромінювання» слід розуміти світло, відбите і таке, що пропускається несамоосвітними тілами [6 – 10].

Питання про природу кольору і сприйняття його оком людини розглядалося в роботах багатьох відомих фізиків таких, як Р. Декарт, Р. Гук, Р. Бойль та ін. Істотний внесок в подальшому було зроблено цілою групою радянських вчених: Н. Д. Ньюбергом [6]; [11]; [12], Е. Н. Юстовой [13]; [14], Н. Т. Федоровим [11]; [15], Д. А. Шкловером [16], С. В. Кравковим [17], М. М. Гуревичем [18] та ін., а також зарубіжними: W. D. Wright [19]; [20]; [21], J. Kamler [22], J. B. Chatten [23], R. L. Devalois [24], G. Eppeldaner [25] та ін. Однак найбільш послідовний розвиток ідей Грассмана і Шредінгера знаходимо в роботах Ю. П. Шабанова-Кушнарєнка [26]; [27]; [28]; [29]; [30]; [31] та його учнів, Е. П. Путятіна, В. П. Пчелінова, Б. Д. Сердюченко, А. Г. Мурашко, Н. Г. Сарнайського, М. Ф. Бондаренко, Г.Ф. Дюбко і ін. [32]; [33]; [34].

Зокрема, Ю. П. Шабановим-Кушнарєнко [26] на базі дещо інших ідей був уперше даний по суті вірний доказ припущення Шредінгера. Їм було запропоновано нове формулювання законів Грассмана, в якому не

використовуються поняття складання кольорів і множення кольору на постійне число, і в підсумку показано, що математична модель колірної зору може бути виведена у вигляді наслідків з нового формулювання законів Грассмана. Вперше було дано математичний опис входних та вихідних сигналів органу зору для випадку зорових картин довільного виду (нестационарних і неоднорідних) і сформульована задача математичного моделювання зору людини. Встановлено перетворення сигналів, що лежить в основі спектральної чутливості зору і описується наступними формулами:

$$\alpha_1(x, y, t) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} b_\lambda(x, y, t) \cdot e_1(\lambda) d\lambda$$

$$\alpha_2(x, y, t) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} b_\lambda(x, y, t) \cdot e_2(\lambda) d\lambda$$

$$\alpha_3(x, y, t) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} b_\lambda(x, y, t) \cdot e_3(\lambda) d\lambda$$

$$\bar{S}(x, y, t) = F[\bar{B}(x, y, t)]$$

Усе це відкрило шлях для глибокого проникнення математичних методів в дослідження різноманітних функцій зору таких, як інерція і іррадіація, статична і динамічна адаптація, явища крайового контрасту і ін. При цьому з'ясувалося, що для опису всіх цих властивостей доводиться використовувати інтегральні оператори більш спеціального виду. Це оператори згортки, оператори з факторіальними ядрами, суми інтегральних операторів і т.п. Саме цими питаннями займалися М. Ф. Бондаренко [32] та В. Я. Сердюченко [34]. Зокрема, М. Ф. Бондаренко вивчав властивість адаптації зору. Як інструмент моделювання їм використовувався метод кібернетичного «чорного ящика» і в результаті була отримана узагальнена модель адаптації зору у вигляді наступних рівностей:

$$Q = f(B)$$

$$T(t) = Q(t) - \lambda \int_{-\infty}^t Q(t) \cdot G(t - \tau) d\tau$$

$$S = \varphi(T),$$

де B – яскравість;

S – світлота;

Q, T – проміжні сигнали адаптаційного перетворення;

f – взаємно однозначна функція, певна для всіх $B > 0$ і безперервна, принаймні, в одній точці;

φ – взаємно однозначна функція;

G – функція Гріна, для якої

$$\int_0^{\infty} G(\tau) d\tau = 1,$$

де λ – деяке дійсне число.

Одним з операторів наведеної вище моделі є оператор згортки. Він зустрічається і в інших роботах, присвячених адаптації зору.

Явище крайового контрасту, яке докладно розглядалося в роботі В. Я. Сердюченко, приводить до моделі з інтегральним оператором типу

$$S(x) = V(x) + \int_{\alpha}^b V(\xi) \cdot K(x - \xi) d\xi.$$

При вивченні властивостей органу зору людини велику роль грає математична інтерпретація множини вхідних сигналів. Експериментальні дані переконливо свідчать про те, що ця множина є лінійним простором. Однак це поняття занадто загальне і його доводиться конкретизувати при побудові математичної моделі. Різні автори по-різному інтерпретують вхідні сигнали.

Розглядалися простори виду:

$$L_1[\lambda_1, \lambda_2], C[\lambda_1, \lambda_2], L_2[\lambda_1, \lambda_2], M \subset L_2[\lambda_1, \lambda_2], K \subset L_2[\lambda_1, \lambda_2], [26; 27; 29; 30; 34; 41],$$

де M – випукла множина;

K – позитивний конус.

У даній роботі прийнята інтерпретація вхідних сигналів у вигляді гільбертових просторів. Основна причина подібного вибору наступна. Як показують дослідження сенсорних систем, опис роботи органів почуттів часто приводить до лінійних функціоналів, загальний вигляд яких відомий саме в гільбертових просторах і просторах типу Lp .

У підсумку можна зробити висновок, що в даний час досягнуті великі успіхи у вивченні конкретних властивостей сенсорних систем. Це виражається в тому, що знайдений досить ефективний метод їх дослідження і побудовані математичні моделі, вже знайшли практичне застосування при побудові об'єктивних колориметрів, приладів розпізнавання і класифікації колірних відтінків, різних пристроїв з обробки і передачі найрізноманітніших зображень і т. ін. Однак в цілому задача ще далеко не вичерпана. Процеси, що описують роботу органів почуттів людини, багато в чому схожі один на одного. Їх можна об'єднати в один клас, так званих лінійних процесів рецепсії. Найбільш загальні властивості, притаманні їм, зустрічаються в багатьох технічних завданнях, тому їх математичне моделювання є актуальним напрямком в науці.

1.2 Методи колориметрії

На сьогодні відомо кілька методів колориметричних вимірювань. Одним з основних методів є візуальний (на ньому заснована вся колориметрія). Суть цього методу полягає в зоровому зрівнювання кольорів (колірних стимулів) [5].

Визначення концентрації розчинів – одна з численних дослідницьких задач. З величиною концентрації пов'язана велика кількість різних параметрів,

що представляють практичний інтерес для фахівців аналітичного профілю. Перевищення або нестача розчиненої речовини у розчині лікарського препарату загрожує порушенням якості ліків, а, отже, може завдати шкоди здоров'ю пацієнта [5].

1.2.1 Візуальні методи колориметрії

Візуальні колориметри – це прилади, в яких невідоме по своєму спектральному складу випромінювання заповнює одну частину поля зору, а інша прилегла частина поля зору (поле порівняння) може заповнюватися один за іншим відомими по спектральному складу потоками випромінювання. Проводячи регулювання кількостей відомих потоків, домагаються однобарвності обох полів порівняння. Показання регулювань в момент встановлення рівності кольорів приймаються в якості характеристик кольору досліджуваного світлового потоку. Потім вони можуть бути перераховані на координати кольору в системі XYZ [35].

У практичній роботі колориста лакофарбових шарів значний час займає вирішення завдання підбору рецептури фарби по поданому зразку з шаром фарби. Лакофарбове покриття складається з прозорої плівкоутворювальної речовини, до якої домішуються ті чи інші нерозчинні кольорові пігменти в дрібнодисперсному стані. Завдання колориста полягає у визначенні вагового співвідношення пігментів в складі фарби, від якого залежить її колір [5].

Відомо кілька способів визначення необхідного співвідношення. Найширше поширення в даний час, як найбільш дешевий, отримав спосіб карток кольору. В цьому випадку в розпорядженні колориста є набір карток кольору з відповідним рецептурним складом пігментів. Колорист, порівнюючи картки кольору зі зразком фарби, знаходить картку, найближчу за кольором до зразка. Далі він інтуїтивно методом проб, змінюючи обраний пігментний склад, підбирає оптимальну рецептуру фарби, найбільш близьку за кольором до поданого зразка.

Залежно від кваліфікації та досвіду колориста цей метод вимагає досить

значних витрат матеріалів і робочого часу на кілька викрасок.

За допомогою візуального колориметра спостерігач бачить поле, розділене навпіл, одну половину поля заповнює випромінювання, що вимірюється, а другу – суміш, зазвичай трьох потоків, наприклад, червоного, зеленого і синього кольору. Спостерігач, регулюючи величини цих потоків, домагається однобарвності поля з полем, що вимірюється. Така установка двох кольорів на рівність, тобто на зорову непомітність, називається узгодженням кольорів [5; 18]. В описуваному процесі узгодження кольорів не забезпечується однаковість спектральних складів двох порівнюваних випромінювань, і ці два узгоджених кольори в загальному випадку є метамірами, тобто оптичні спектри випромінювання різні, але викликають однакові колірні відчуття.

При відповідному виборі кольорів колориметра і регулювання заслінками можна отримати зорове узгодження з більшістю кольорів, але не з усіма [18]. Для узгодження більшого числа кольорів необхідно вибрати такі основні кольори колориметра, щоб їх багатокутник (часто трикутник) охоплював по можливості найбільшу площу колірного локусу. Відомі трикутники кольорів, запропоновані Райтом і Гілдом [19–21] (наведено на рисунку 1.1), з практично максимальним колірним обхватом для триколірного колориметра. Для побудови триколірного колориметра, що має широкий колірний обхват, основні кольори повинні бути спектрально чистими. У 1955 р Стайлс запропонував схему колориметра, в якому є три монохроматори, кожен з яких виділяє свій основний колір [36].

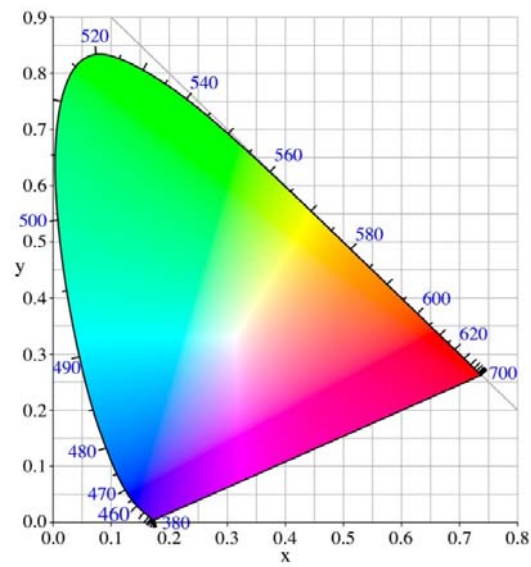


Рис. 1.1 – Трикутники кольорів, що запропоновані Райтом і Гілдом

Відомий шестикольоровий колориметр Доналдсона з полем зору 10° [37]. Шість основних кольорів приладу мають спектральний розподіл, що охоплює весь видимий спектр з деяким перекриттям. Ці кольори створюються лампою розжарювання в поєднанні з кожним з шести світлофільтрів. Крім того, в приладі є друга група таких же фільтрів, розташованих на турелі з сімома отворами, встановленої в пучку спостереження (сьомий отвір не заповнено фільтром). Спочатку проводиться грубе зрівнювання за кольором через шість фільтрів, встановлених на турелі. Оскільки окремі частини спектра обох випромінювань вже приблизно зрівняні, то буде мати місце наближена колірна рівність. Остаточна установка точної колірної рівності досягається зміною червоного, зеленого і синього основних кольорів. Колірна гама приладу охоплює майже всі досяжні кольори [5].

У субтрактивних колориметрах зорове узгодження з кольором досягається суміщенням на шляху світла одного або декількох каліброваних світлофільтрів. Колір досліджуваного випромінювання в деякій колірній системі виражається за допомогою спеціальних таблиць або графіків.

У субтрактивному колориметрі Джонса [38] колірний стимул у полі порівняння регулюється послідовним введенням в пучок випромінювання ламп трьох колірних желатинових клинів, забарвлених синьо-зеленим, пурпуровим і жовтим барвниками. Кольорова рівність досягається регулюванням положення цих клинів, що поглинають в основному червоне, зелене і синє випромінювання відповідно.

До методів суб'єктивної колориметрії відноситься також вимір кольору шляхом порівняння його з заздалегідь заготовленими еталонами. Набір таких еталонів утворює колірний атлас. Кольори атласу розташовуються в систематизованому за певними ознаками порядку. Найбільш відомі атласи Манселла, Оствальда, Рабкіна, Юстової [5].

У 1905 р. художник Манселл склав атлас кольорів (рис. 1.2), який у даний час містить понад 1200 кольорових зразків, виконаних на матовому і глянцевого папері.

Кожен зразок розглядають при стандартних умовах, а саме, на

однорідному сірому тлі з коефіцієнтом відображення 20 % і при освітленні, як зразка, так і фону світлом, близьким за своїми спектральним властивостям до денного.



Рис. 1.2 – Атлас кольорів Манселла

Сприймається колір кожного зразка, описується його тоном (HUE), насиченістю (названої Манселлом «глибина забарвлення» – Chroma) і світлотою (Value). Співвідношення цих характеристик Манселл представив у вигляді шкали (рис. 1.3). Художник виділив 5 основних тонів: синій, зелений, жовтий, червоний і пурпуровий (позначаються як С, З, Ж, Ч і П), а також 5 проміжних тонів (СЖ, ЗЖ, ЖЧ, ЧП і ПС). Ці 10 тонів можна розташувати по колу таким чином, щоб сприйняття відмінностей в тонах між сусідніми поверхнями (сегментами) було постійним. Всі тони, що розрізняються в свою чергу можна отримати розділом кожного сегмента на 10 частин, що в сумі дає вже 100 тонів [5].

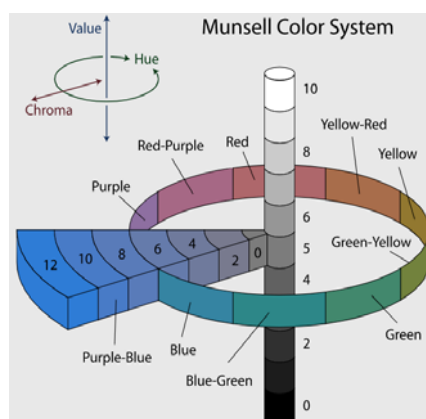


Рис. 1.3 – Колірна шкала по Манселлу

На шкалі Манселла чисті тони розподіляються по колу. Якщо позначити чорну і білу поверхні цифрами від 0 до 10, то під номерами від 1 до 9 будуть всі відтінки сірого, що відрізняються один від одного на рівні інтервали світлості.

Перевагою суб'єктивної колориметрії є простота. До недоліків можна віднести: низьку точність (вона залежить від суб'єктивних властивостей спостерігача), досить тривалий і виснажливий процес вимірювання і отримання координат в стандартних колірних системах.

У об'єктивній колориметрії найбільш широкого поширення набули триколірні колориметри. Ці колориметри бувають як одночасної дії (паралельного типу), так і почергової дії (послідовного типу) [5; 39].

Принцип роботи такого колориметра полягає в наступному. Оптичне випромінювання через коригуючі світлофільтри (КСФ) потрапляє на фотоприймач (ФП) (в колориметрі послідовного типу використовується один ФП, а КСФ по черзі змінюються), сигнали, з якого, після посилення реєструються гальванометром. КСФ підбираються так, щоб спектральні характеристики чутливості ФП були б пропорційні по всьому видимому спектру (з певним наближенням), наприклад, кривим складання $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ МКО 1931 р. Тоді гальванометри зареєструють сигнали, пропорційні координатам кольору [5].

У колориметрах послідовного типу можна замінити КСФ на монохроматор масками, що почергово вставляються в площину оптичного спектру. Маски виготовлені так, що отвори в них зроблені у формі кривих складання обраної колориметричної системи з урахуванням спектральної характеристики чутливості ФП. Така корекція спектральної чутливості ФП простіша за корекцію за допомогою КСФ.

Відомо достатню кількість приладів, що працюють за такими схемами [39, 40], відмінність в них полягає в методах обробки сигналів ФП.

Гідність цих колориметрів полягає в тому, що з їх допомогою можна вимірювати колір практично будь-якого випромінювання досить легко і швидко. Основною трудностю при створенні триколірних колориметрів є реалізація КСФ так, щоб наближення спектральних характеристик чутливості

ФП до кривих складання обраної колірної системи було максимальне [5].

1.2.2 Фотометричні методи колориметрії

Фотоколориметрія і спектрофотометрія засновані на взаємодії випромінювання з однорідними системами, і їх зазвичай об'єднують в одну групу фотометричних методів аналізу.

У фотометричних методах використовують виборче поглинання світла молекулами речовини, що аналізується. Згідно з квантовою механікою світло являє собою потік частинок, які називаються квантами або фотонами. Енергія кожного кванта визначається довжиною хвилі випромінювання. В результаті поглинання випромінювання молекула поглинає речовини переходить з основного стану з мінімальною енергією E_1 в вищий енергетичний стан E_2 . Електронні переходи, викликані поглинанням строго визначених квантів світлової енергії, характеризуються наявністю строго визначених смуг поглинання в електронних спектрах поглинаючих молекул. Причому, поглинання світла відбувається тільки в тому випадку, коли енергія, що поглинається квантом збігається з різницею енергій ΔE між квантовими енергетичними рівнями в кінцевому (E_2) і початковому (E_1) станах поглинаючої молекули [5]:

$$h \cdot \nu = \Delta E = E_2 - E_1, \quad (1.1)$$

де h – постійна Планка ($h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Дж · с);

ν – частота випромінювання, що поглинається, яка визначається енергією поглиненого кванта і виражається відношенням швидкості поширення випромінювання (швидкості світлової хвилі у вакуумі) до довжини хвилі λ ;

$\nu = c / \lambda$ – частота випромінювання ν вимірюється в герцах (Гц).

Природа смуг поглинання в ультрафіолетовій (діапазон значень від 10 нм до 400 нм) і видимій (діапазон значень від 400 нм до 760 нм) областях спектра

однакова і пов'язана головним чином з числом і розташуванням електронів в поглинаючих молекулах і іонах. В інфрачервоній області (діапазон значень від 0,8 мкм до 1000 мкм) вона більшою мірою пов'язана з коливаннями атомів в молекулах поглинаючої речовини [5].

Залежно від використовуваної апаратури у фотометричному аналізі розрізняють спектрофотометричний метод – аналіз по поглинанню монохроматичного світла і фотоколориметричний – аналіз по поглинанню поліхроматичного (немонохроматичного) світла у видимій області спектра. Обидва методи засновані на пропорційній залежності між світлопоглинанням і концентрацією поглинаючої речовини.

Інтенсивність світла, що поширюється в середовищі, може зменшуватися через його поглинання і розсіяння. Поглинанням світла називають ослаблення інтенсивності світла при проходженні через будь-яку речовину внаслідок перетворення світлової енергії в інші види енергії. При поглинанні світла можуть відбуватися нагрівання речовини, іонізація і фотохімічні процеси [5].

Закон, що описує поглинання, називають законом Бугера. Закон визначає ослаблення пучка монохроматичного світла при його проходженні через поглинаючу речовину. Якщо інтенсивність пучка світла, що падає на шар речовини товщиною l , дорівнює J_0 (рис. 1.4), то, відповідно до закону Бугера, інтенсивність пучка на виході з шару буде дорівнювати

$$J = J_0 \cdot e^{-kl} \quad (1.2)$$

де k – показник поглинання, різний для різних довжин хвиль λ , але не залежить від інтенсивності світла J .

Слід зазначити, що даний закон справедливий не тільки для інтенсивності світла J , але і для сили світла I і світлового потоку Φ [5].

Із виразу (1.2) витікає, що при $l = 1$ k відношення $J/J_0 = e^{-k}$ і $k = -\ln(J/J_0)$.

Отже, коефіцієнт поглинання речовини є величина, зворотна товщині

такого шару даної речовини, при проходженні якого інтенсивність світла послаблюється в e разів.

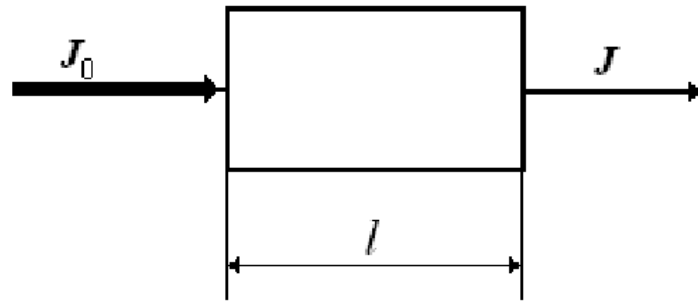


Рис. 1.4 – Ослаблення інтенсивності світла за рахунок поглинання

Для різних речовин коефіцієнт поглинання різний, наприклад, для повітря при нормальному тиску k має порядок 10^{-3}м^{-1} , а для скла 1м^{-1} . Коефіцієнт поглинання володіє селективним (виборчим) поглинанням, тобто значення коефіцієнта поглинання залежить від довжини хвилі світла. Так, наприклад, звичайне скло добре пропускає видиме світло, але значно послаблює інфрачервоне випромінювання і майже повністю поглинає ультрафіолетове випромінювання [5].

Для розчинів показник поглинання k можна представити у вигляді добутку концентрації поглинаючої речовини C на питомий показник поглинання X' , що характеризує ослаблення пучка світла в розчині одиничної концентрації і залежить від природи, стану речовини і довжини світлової хвилі λ . Тоді закон Бугера набуде вигляду (закон Бугера – Ламберта – Бера):

$$J = J_0 \cdot e^{-X' \cdot C \cdot l} \quad (1.3)$$

Закон Бугера – Ламберта – Бера відкритий експериментально французьким вченим П. Бугером у 1729 р, виведений теоретично німецьким вченим К. Ламбертом у 1760 р, а для розчинів сформульований німецьким вченим А. Бером у 1852 р. [5].

У лабораторній практиці закон Бугера – Ламберта – Бера зазвичай висловлюють через показову функцію з основою 10:

$$J = J_0 \cdot 10^{-X \cdot C \cdot l} \quad (1.4)$$

де X – молярний показник поглинання $X \approx 0,43 \cdot X'$.

Зазвичай X відносять до будь-якої довжини хвилі й називають монохроматичним молярним показником поглинання X_λ . [5].

Фізичний сенс закону полягає в утвердженні незалежності процесу втрати фотонів від їх щільності в світловому пучку, тобто від інтенсивності світла, що проходить через речовину. Це твердження справедливо в широких межах, однак, коли інтенсивність світла дуже велика (наприклад, випромінювання лазера), X стає залежним від інтенсивності і закон перестає бути справедливим. Це має місце і при високих значеннях концентрації в газах і розчинах. Внаслідок взаємодій між молекулами поглинаючої речовини X вже не буде постійною величиною [5].

Відношення потоку випромінювання, що пройшов крізь дане тіло або розчин, до потоку випромінювання, що впав на це тіло, називають коефіцієнтом пропускання:

$$T = J \cdot J_0. \quad (1.5)$$

Десятковий логарифм величини зворотнього коефіцієнту пропускання називають оптичною щільністю розчину:

$$\begin{aligned} D &= \lg 1 \\ T &= \lg J \cdot J_0 = X \cdot \lambda \cdot C \cdot l \end{aligned} \quad (1.6)$$

Таким чином, оптична щільність розчину лінійно залежить від його концентрації.

2 РОЗРОБКА ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ОПТИЧНОГО КОНТРОЛЮ

2.1 Аналіз існуючих варіантів побудови цифрових датчиків для вирішення задач оптичного контролю та їх вдосконалення

Сьогодні велика увага приділяється створенню пристроїв вимірювання кольору, які можуть бути використані для точного визначення кольору поверхні, що освітлена, або світиться сама. Колориметричні методи вимірювання здійснюються відповідно до міжнародного стандарту [42].

Цифровий датчик для вимірювання кольору був запропонований у роботі [43]. Він містить три світлофільтри, три світлочутливі елементи та три нормувальні підсилювачі, світловий потік, що проходить через світлофільтри, попадає на світлочутливі елементи, які з'єднані з входами нормувальних підсилювачів. Як світлочутливі елементи використано фотодіоди. В цифровий датчик додатково введені поляризаційний фільтр, який установлений перед світлофільтрами, три аналого-цифрових перетворювачі (АЦП), входи котрих з'єднані з виходами нормувальних підсилювачів, а виходи – з входами регістра стану, що виходом послідовно з'єднаний з входом інтерфейсу, вихід інтерфейсу з'єднаний з ЕОМ.

Структурну схему датчика наведено на рисунку 2.1.

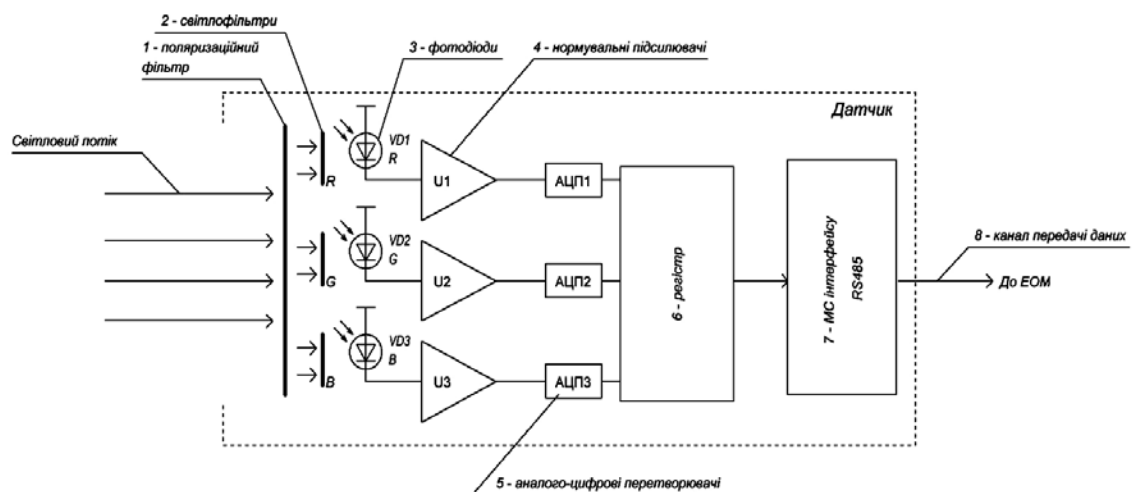


Рис. 2.1 – Цифровий датчик для вимірювання кольору

Схема цифрового датчика для розпізнавання кольору складається з поляризаційного фільтра – 1, трьох світлофільтрів (R , G , B) – 2, світлодіодів $VD1$ – $VD3$ – 3, нормувальних підсилювачів – 4, АЦП – 5, регістра стану – 6, мікросхеми інтерфейсу $RS-485$ – 7, каналу передачі даних до ЕОМ (персональний комп'ютер, мікроконтролерний пристрій і т.п.) – 8.

Світлодіоди $VD1$ – $VD3$ повинні розташовуватися в одній площині, в формі трикутника і максимально щільно один до одного – це зменшує розміри конструкції і дозволяє значно зменшити площу об'єкта, що можна аналізувати даним датчиком. Для запобігання неточності в роботі датчика рекомендується освітлювати об'єкт світлом білого кольору з температурою 5600 К. Для роботи датчика потрібне джерело живлення з напругою +5 В.

Розглянемо більш докладніше роботу датчика. Датчик працює за рахунок того, що при попаданні на нього світла від поверхні, що освітлена, або світиться сама, світловий потік проходить через поляризаційний світлофільтр (1), який використовується для заглушення віддзеркалень від поверхні та корегування кольору за рахунок видалення віддзеркаленого поляризованого світла, попадає на три кольорові фільтри R , G та B (2), які розділяють світловий промінь на три складові – червону, зелену та синю, та через них попадає на фотодіоди (3). Фотодіоди (3) працюють у фотоперетворювальному режимі, тобто в залежності від інтенсивності світла відповідного каналу, змінюють величину струму, що проходить через них. Струм з фотодіодів (3) по трьох каналах передається на три нормувальні підсилювачі постійного струму (4), що призначені для нормалізації вхідного сигналу від фотодіодів до рівня, достатнього для роботи АЦП (5), після чого сигнал передається на АЦП (5). Аналоговий сигнал, що перетворений за допомогою АЦП (5) в цифровий, передається на послідовний регістр даних (6), а з нього на мікросхему інтерфейсу $RS-485$ (7). Далі сигнал по каналу $RS-485$ (8) передається на ЕОМ, де відбувається перетворення вхідного сигналу в систему XYZ , що стандартизована міжнародною комісією по освітленню CIE , за формулами

$$X = k_{XR}R + k_{XG}G + k_{XB}B, \quad (2.1)$$

$$Y = k_{YR}R + k_{YG}G + k_{YB}B, \quad (2.2)$$

$$Z = k_{ZR}R + k_{ZG}G + k_{ZB}B, \quad (2.3)$$

де X , Y та Z – відповідні координати системи XYZ ;

k_{XR} , k_{XG} , k_{XB} – коефіцієнти для підрахунку величини X ;

k_{YR} , k_{YG} , k_{YB} – коефіцієнти для підрахунку величини Y ;

k_{ZR} , k_{ZG} , k_{ZB} – коефіцієнти для підрахунку величини Z .

Після чого значення X , Y , Z , що отримані в результаті розрахунків, перераховуються в координати кольору x та y для діаграми кольору CIE_{xy} по формулах:

$$x = \frac{X}{X + E + Z}, \quad (2.4)$$

$$y = \frac{Y}{X + E + Z}. \quad (2.5)$$

Отримані координати x та y визначають розташування кольору на площині діаграми кольору CIE_{xy} , що дозволяє однозначно ідентифікувати колір об'єкта, що досліджується.

Таким чином авторами запропонованого цифрового датчика для вимірювання кольору досягнуто підвищення швидкодії і точності вимірювання, а також розширення функціональних можливостей [43].

До недоліків даного пристрою належать: велика похибка при вимірюванні оптичної проникності середовища (матеріалу), велика похибка при вимірюванні ступеня зміни кольору світла при проходженні через оптичні середовища (матеріали).

Задачею нового пристрою [44] є розширення функціональних можливостей датчика за рахунок додавання функції вимірювання ступеня проникності оптичних середовищ (будь-яких матеріалів, що пропускають світло) світлом за допомогою додаткових фотодіодів, використання спеціального математичного забезпечення та додавання джерела еталонного освітлення. Запропонований прилад [44] належить до пристроїв для

вимірювання проникності оптичних середовищ і може бути використаний для точного визначення ступеню проникності оптичних середовищ (матеріалів) світлом та ступеню зміни кольору світла при проходженні через дані середовища (матеріали).

На рисунку 2.2 наведено схему реалізації запропонованого датчика [44].

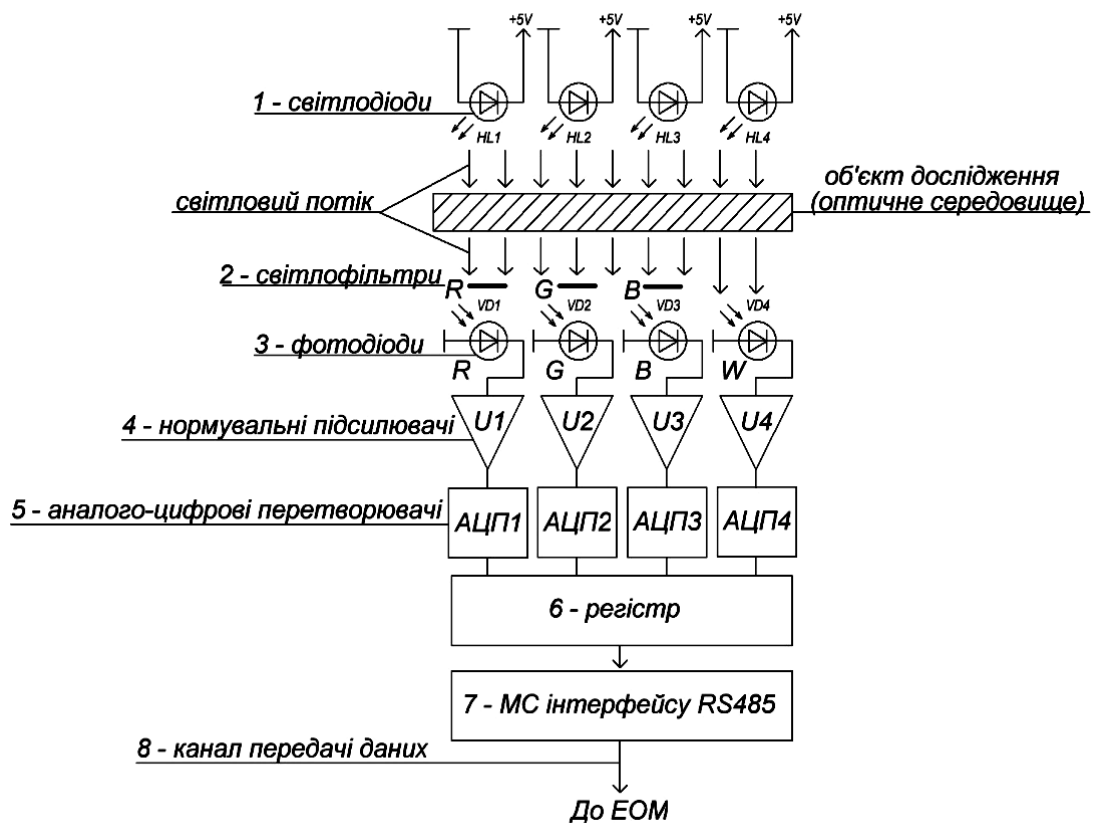


Рисунок 2.2 – Цифровий датчик вимірювання проникності оптичних середовищ

Схема цифрового датчика вимірювання проникності оптичних середовищ складається з світлодіодів $HL1 - HL4$ – 1, трьох світлофільтрів (R, G, B) – 2, фотодіодів $VD1 - VD4$ – 3, нормувальних підсилювачів – 4, АЦП – 5, регістра стану – 6, мікросхеми інтерфейсу $RS-485$ – 7, каналу передачі даних до ЕОМ (персональний комп’ютер, мікроконтролерний пристрій тощо) – 8.

Світлодіоди $HL1 - HL4$, фотодіоди $VD1 - VD4$ та оптичне середовище, що вимарюється, повинні розташовуватися в площинах, строго паралельних одна одній, що забезпечить відсутність похибки та паразитні віддзеркалення поверхні. Фільтри RGB не повинні перекривати світловий потік, що падає на фотодіоди для запобігання неточності в роботі датчика рекомендується

використовувати світлодіоди *HL1 – HL4* білого кольору з температурою 5600 К. Для роботи датчику потрібне джерело живлення з напругою +5 В [44].

Отримані з формул (2.4) та (2.5) координати x та y визначають розташування кольору на площині діаграми кольору CIE_{xy} , що дозволяє однозначно ідентифікувати колір світлового променя, що пройшов через оптичне середовище, що досліджується. В разі, якщо отримані результати відповідатимуть результатам, що отримані при вимірюванні ЕСП перед проходженням тесту, то можна зробити висновок, що оптичне середовище не спотворює світловий потік і не вносить в нього будь-якого забарвлення. Якщо ж результат відрізнятиметься від еталонного, то можна буде зробити висновок про те, що оптичне середовище змінює світловий потік за рахунок внесення в нього забарвлення, а ступінь та колір забарвлення можна визначити виходячи з отриманих результатів.

Для обчислення ступеня проникності оптичного середовища, тобто ступеня зменшення інтенсивності світлового потоку, що пройшов через оптичне середовище, використовується сигнал від фотодіодів (3). Фотодіоди (3) працюють у фото перетворювальному режимі, тобто залежно від інтенсивності світлового потоку, що пройшов через оптичне середовище, змінюють величину струму, що проходить через них. Порівнявши цю величину з величиною, що була отримана при вимірюванні ЕСП перед проходженням тесту, можна однозначно визначити ступінь проникності оптичного середовища [44].

Таким чином, запропонований пристрій має перевагу у порівнянні з прототипом. Авторами запропонованого пристрою досягнуто розширення функціональних можливостей датчика за рахунок додавання функції вимірювання ступеня проникності оптичних середовищ (матеріалів) світлом [44].

Сучасні методи та прилади для вимірювання кольору вийшли на абсолютно новий рівень. Техкон створив низку приладів і програм для вимірювання кольору в поліграфічній промисловості [45]. Ці пристрої постійно розвиваються та вдосконалюються, і те, що було абсолютно новим вчора, сьогодні вже переходить у вчора. А на його місце приходить щось нове,

досконаліше.

Гарні приклади динаміки бурхливого розвитку методів вимірювання кольору демонструє німецька компанія Techkon GmbH, у виробничій програмі якої останнім часом з'явилася низка приладів для денситометричних і спектрофотометричних вимірювань на відбитках.

Розглянемо останні розробки компаній у галузі вимірювання кольору, які були представлені, зокрема, на Drupe 2004 [47].

Скануючі денситометри (приклад яких наведено на рисунку 2.3) революціонізують автоматичне вимірювання щільності та відтінків на будь-якій друкованій контрольній шкалі. З таким пристроєм досить просто провести вручну над вимірюваною ділянкою. Привідні ролики в нижній частині пристрою забезпечують прямолінійність його проводки [47].



Рисунок 2.3 – Приклад скануючого денситометру

Прилад випускається в двох варіантах: скануючий денситометр RS 400, призначений для чотирьохкольорового друку; а RS 800 працює на спектральній основі і тому особливо підходить для вимірювань спеціальних кольорів.

Програмне забезпечення TECHKON ExPresso (наведено на рисунку 2.3) на базі операційної системи Windows миттєво відображає всі найважливіші дані

вимірювань на екрані монітора, за допомогою якого можна точно керувати друкарською машиною. В результаті скорочується час підготовки. Скорочується брак паперу та покращується якість друку [48].

Технічною новинкою є лінійний привід LT [34]. Скануючий денситометр розміщений на рухомому кронштейні і за допомогою двигуна переміщується по всій контрольній друкованій смужі. Додатковий накопичувач можна легко встановити на застарілі сканери.

Цифровий мікроскоп, що наведено на рисунку 2.4, один з пристроїв компанії DigitalMicroScope DMS 910. Такий цифровий мікроскоп дозволяє легко побачити те, що невидиме неозброєним оком. З великим збільшенням він демонструє на екрані комп'ютера екранізацію плівки або друкарської форми.



Рисунок 2.4 – Цифровий мікроскоп DigitalMicroScope DMS 910

Програмне забезпечення для середовища Windows TECHKON DMS Pro (наведено на рисунку 2.5), що входить до комплекту поставки, автоматично обчислює з цього цифрового зображення точні значення заливки областей фарбою, значення растру та кути нахилу растрових рядів [34]. У цьому випадку вимірювання можна проводити для різних методів екранування (амплітудно-модульованого (AM) і частотно-модульованого (FM) і для різних лініатур

екрану [34]).

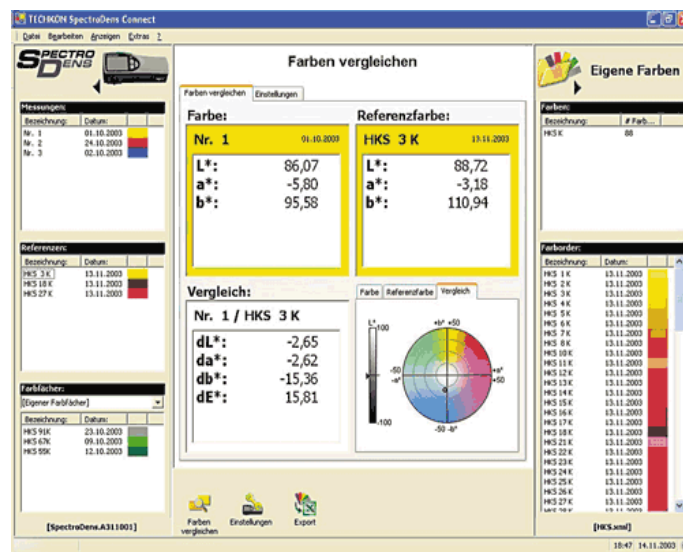


Рисунок 2.5 – Програмне забезпечення TECHKON ExPresso Pro

Обслуговування дуже просте. Вимірювальний прилад встановлюється вручну на поверхню друкованої форми. Вимірне поле можна точно візуалізувати завдяки видошукачу у верхній частині приладу. Виміряну площу можна відобразити на екрані комп'ютера при великому збільшенні. Заміри на плівці проводяться без проблем.

Завдяки режиму високої роздільної здатності цифрової камери з високоякісною мікроскопічною оптикою та повним аналізом зображення була досягнута точність вимірювання, яка ще не була досягнута. DMS 910 є незамінним інструментом для калібрування пристроїв для експонування плівок і пластин і особливо підходить для систем «Від комп'ютера до друку» (CtP) [49]. Плівковий денситометр T120/RT120 вимірює щільність і відсоток точок плівок.

Опція RT120 може додатково вимірювати чорно-білі відбитки у відбитому світлі. При вимірюванні у відбитому світлі за допомогою денситометра RT120 відсотки растру розраховуються за формулами Мюррея-Девіса або Юля-Нільсена [49]. Таким чином, прилад можна використовувати для вимірювань на друкованих формах. При вимірюванні в прохідному світлі надійне вимірювання оптичної щільності може бути зроблено для значень до $D = 6,0$. При вимірюванні у відбитому світлі на папері оцінюється щільність до

$D = 2,5$. При високих оптичних густинах вимірювання виконуються так само швидко і точно, як і при їх менших значеннях [36]. Світлові пластини LP 20 і LP 40 є ідеальними джерелами світла для точних вимірювань. Затискачі надійно фіксують пристрій на вимірюваній поверхні. Це створює інтегровану портативну вимірювальну систему, яка працює так само добре, як і великі настільні інструменти.

Модельний ряд включає дві спеціальні версії приладів: RT 120 PC з послідовним інтерфейсом і RT 120 Pol з вбудованим поляризаційним фільтром [36].

Ваги контролю друку TECHKON TCS є важливою допомогою для забезпечення якості багатоколірного друку. Вони побудовані на послідовних кольорових зонах. Це гарантує, що кожна кольорова зона має поля повного відтінку блакитного, пурпурового, жовтого та чорного. Інші елементи шкал: поля для 40% і 80% покриття області фарбою, баланс сірого, розмазування і дублювання, сприйняття фарби і точки високого освітлення. Контрольні друковані шкали випускаються на плівці або у вигляді цифрових наборів даних [37].

Спектральний денситометр SpectroDens (приклад якого наведено на рисунку 2.6) є сучасним вимірювальним приладом універсального застосування для вимірювання густини та кольору. Прилад вийшов на ринок на початку 2004 року. Призначений для контролю кольоропроби, поточного контролю якості на друкарській машині, для вхідного контролю паперу та друкованої продукції, а також може використовуватися в фарбовій лабораторії поліграфічного підприємства [37].

Яким чином спектральний денситометр SpectroDens поєднує в собі точність спектрофотометра з простотою обслуговування денситометра?

Зі спектральних даних можна отримати оптичну щільність, а також колориметричні значення. Прилад працює відповідно до стандартів і норм поліграфічної промисловості. Таким чином, Ugra/FOGRA wedge можна оцінити особливо швидко, оскільки одним натисканням кнопки відбувається перемикання між лабораторними вимірюваннями без поляризаційного фільтра

та вимірюваннями щільності з поляризаційним фільтром [37].



Рисунок 2.6 – Спектральний денситометр SpectroDens

Вимірювальний прилад можна підключити до комп'ютера за допомогою кабелю USB. Програмне забезпечення в середовищі Windows SpectroDens Connect візуально представляє вимірювані дані на екрані комп'ютера [37].

Основні переваги апарату SpéstroDens:

- запатентована вимірювальна головка для точного та швидкого розміщення на площі вимірювання;
- привабливий ергономічний дизайн;
- портативна і зручна конструкція;
- простий і зрозумілий сервіс;
- вимірювальна автоматика завжди показує правильну функцію вимірювання;
- поляризаційний фільтр включається і вимикається простим натисканням кнопки;
- точне та швидке вимірювання (приблизно за 1 с.);
- одного заряду акумулятора вистачає на 10 000 вимірювань;
- швидка зарядка на практичній зарядній консолі.

Лінійка спектроденситометрів Techkon SpectroDens виводить

вимірювання кольору в поліграфічній промисловості на абсолютно новий рівень. Справа в тому, що денситометричні та спектрофотометричні вимірювання, необхідні в поліграфічній промисловості, тепер можна вимірювати одним і тим же приладом. Якщо раніше для вимірювання оптичної щільності (насамперед, звичайно, кольорової) поліграфічному підприємству був потрібний спектроденситометр, який вимірює оптичну щільність ділянок зображення, а для спектрофотометричних вимірювань, який використовується для побудови колірних профілів, необхідних для кольору. прилади для перевірки та виробничого друку, спектрофотометр, то тепер для всіх цих вимірювань потрібен лише один прилад – SpectroDens від Techkon [37]. Всі функції поєднані в одному пристрої (пакет SpectroDens Premium). Ідея, закладена розробниками цього приладу, полягає в тому, що основним пристроєм у цій лінійці є базова модель – базова конфігурація (перший рівень пам'яті), яка призначена для вимірювань оптичної щільності кольору на відбитках [37].

Але SpectroDens має три таких рівня пам'яті. А щоб перейти на новий, більш високий рівень, необхідно лише оновити пристрій нижчого рівня.

Перший, найнижчий рівень приладу (режим Зразок) дозволяє заносити в його пам'ять результати звичайних контрольних вимірювань у процесі друку певної кількості копій (зі штампами дати та часу вимірювання). Ці дані дають можливість контролювати роботу поліграфічного обладнання та персоналу, дозволяють визначати відхилення від заданих значень, використовувати їх як статистичний матеріал для визначення допусків і резервів покращення якості [50].

Другий рівень пам'яті Розширена конфігурація (Референсний режим) містить стандарти для порівняння даних вимірювань [37]. Тут за інформацією, отриманою в результаті вимірювань на підписному аркуші і залишеною в якості еталону в пам'яті приладу, можна визначити величину відхилень зразка від наступних контрольних вимірювань і об'єктивно встановити, чи знаходяться вони в межах допустимі межі. Особливу зручність представляють такі об'єктивні порівняння з шкалою кольорів, наприклад, системи Pantone, що

повністю виключає можливість суб'єктивних помилок. На другому рівні є зручна можливість завантаження фарби, найближчої за кольором у порівнянні із зразками [37].

Третій рівень пам'яті – конфігурація Premium (режим Colorbook). Це справді електронний розмальовник, яким завжди можна користуватися, не заважаючи виконувати основну роботу. У цій «книзі» можна зберігати кольори шкал і різноманітні колірні діаграми як Pantone, переносячи їх на другий рівень лише тоді, коли цього вимагає конкретна робота. Підключивши SpectraDens до комп'ютера, ви можете створити практично необмежену кількість варіантів зберігання еталонних кольорів, шкал, результатів прес-тестів, різних видань, повторюваних складних колірних відтінків, пам'ятних кольорів, кольорів корпоративного бренду тощо.

SpectroDens дозволяє коригувати відхилення в показаннях вимірювань на приладах різних виробників, що особливо важливо для великих підприємств [37; 48; 51].

Новим у SpectroDens є можливість змінювати стандартну діафрагму на меншу діафрагму. Раніше для приладів, що вимірюють відбите світло, така операція через технічні труднощі могла бути проведена лише на заводі-виробнику і супроводжувалася повною переналагодженням приладу [37; 48; 51].

Новий апарат SpectraDens зберіг усі якості, які були притаманні попереднім апаратам. Така компактність забезпечується боковим розташуванням апертури, що дозволяє точно орієнтувати прилад уздовж вимірюваного поля, відсутністю рухомих частин. Всі моделі мають вбудований поляризаційний фільтр, завдяки якому можна отримувати незмінні результати вимірювань на «мокрих» і «сухих» відбитках. Для колориметричних вимірювань поляризаційний фільтр можна вимкнути [37].

Усі пристрої ТЕХКОН працюють за допомогою спеціального фірмового програмного забезпечення. Програми, які використовуються в роботі кольоровимірювачів ТЕХКОН, уже згадувалися вище [37].

На рисунку 2.7 наведено вікно програми TECHKON Photolab [37].

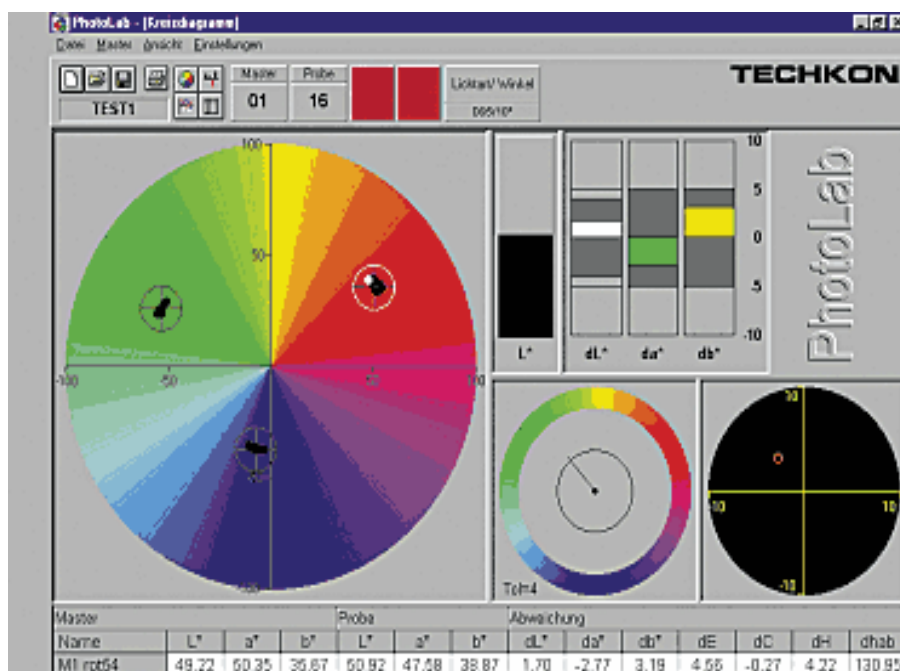


Рисунок 2.7 – Вікно програми TECHKON Photolab

Програма TECHKON ExPresso Pro наочно відображає результати вимірювань контрольних друкованих ваг у вигляді профілів щільності. Програма призначена для друку спеціальними фарбами до 8 кольорів.

Програмне забезпечення TECHKON SpectroDens Connect для операційної системи Windows, яке призначене для збору, відображення та накопичення даних вимірювань, які раніше були отримані за допомогою приладу SpectroDens. Пристроєм також можна керувати з персонального комп'ютера за допомогою того ж програмного забезпечення [37].

Автоматичний колориметр Koehler K13300 (приклад якого наведено на рисунку 2.8) використовується для аналізу кольору, прозорості, жовтизни та інших оптичних характеристик нафтопродуктів, є можливість аналізу твердих речовин. Забезпечує фотометричне вимірювання кольору для контролю чистоти та якості в діапазоні довжин хвиль від 340 нм до 900 нм. Час аналізу менше 1 хв. Результати можна вивести на рідкокристалічний дисплей або роздрукувати на принтері [51].

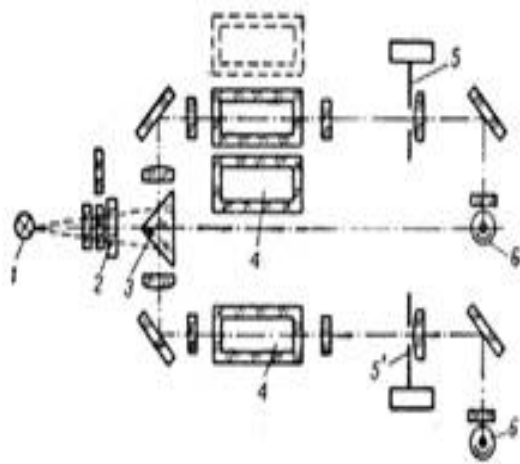


Рисунок 2.8 – Приклад автоматичного колориметру Koehler K13300
(зовнішній вигляд)

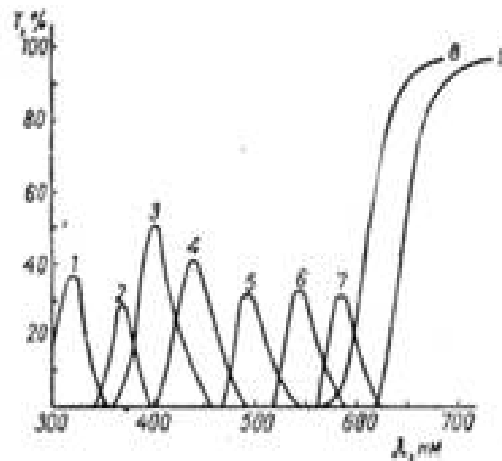
Для вимірювання оптичної густини та світлопроникності розчинів у спектральній області 315 нм – 630 нм використовується двопроменевий фотоелектричний колориметр ФЭК-56 (приклад якого наведено на рисунку 2.9) [38]. Як джерела світла використовуються дві змінні лампи: лампа розжарювання, яка дає суцільний спектр випромінювання у видимій області спектру, і ртутна лампа з лінійчатим спектром випромінювання в ультрафіолетовій і видимій областях.



а)



б)



в)

Рисунок 2.9 – Фотоелектроколориметр ФЭК-56: а) – зовнішній вигляд;
б) – оптична схема; в) – спектральні характеристики фільтрів

Світлоприймачами є два сурм'яно-цезієві фотоелементи Ф-4, з'єднані за диференціальною схемою. Прилад оснащений комплектом вузькосмугових світлофільтрів, розташованих на поворотній турелі. У комплект входять фільтри з максимумом пропускання 315 нм, 364 нм, 400 нм, 434 нм, 490 нм, а також 540 нм та 582 нм (опції – 597 нм і 630 нм).

Принцип роботи пристрою полягає в наступному. Світло від джерела, проходячи через світлофільтр, потрапляє в призму, яка розділяє потік на 2 пучка: лівий і правий. Далі ці промені проходять паралельними каналами через кювети, діафрагми і потрапляють на фотоелементи. Фотоелементи з'єднані диференціальним ланцюгом через підсилювач з індикаторною лампою, яка використовується як нульовий індикатор. Вимірювання щільності або світлопропускання здійснюється шляхом обертання щілинного приводного барабана. Змінюючи розмір щілини, досягається рівність світлових потоків, що падають на фотоелементи двох каналів. Рівність позначається нульовим показником. Шкали, нанесені на барабани, визначають густину або пропускання відносно еталонного каналу, в який можна помістити кювету з холостою або еталоном [38].

Нижче наведено складові частини фотоелектричного колориметра ФЭК-

56, зображеного на рисунку 2.9(б):

- 1 – джерело світла;
- 2 – світлофільтр;
- 3 – світлоділюча призма;
- 4 – кювети для досліджуваного та стандартного розчинів;
- 5 – компенсаційна діафрагма;
- 6 – фотоеlementи.

Колориметри ФЭК-56 є приладом загального призначення. Незважаючи на те, що вони широко використовуються в клініко-діагностичних лабораторіях, вони не є спеціалізованими медичними виробами і не призначені для виконання суто медичних завдань, у тому числі для забезпечення необхідної якості лабораторних досліджень [38].

Основними недоліками таких пристроїв для клінічної хімії є використання клиноподібного клапана, який зменшує світловий потік, що проходить через кювету для компенсації, використання широкосмугових світлофільтрів, відсутність контролю температури та відносно малий оптичний діапазон.

Високочутливий волоконно-оптичний спектрофотометр AvaSpec-2048 (приклад якого наведено на рисунку 2.10) рекомендований як фотоколориметр, радіометр, нефелометр, флуориметр, люмінометр для аналітичних досліджень у спектральному діапазоні 200 нм – 1100 нм з дуже високою фотометричною чутливістю та оптичною роздільною здатністю від 0,04 нм [39].



Рисунок 2.10 – Високочутливий волоконно-оптичний спектрофотометр
AvaSpec-2048

Високочутливий спектрофотометр AvaSpec-2048 (приклад якого наведено на рисунку 2.10) створений на базі платформи AvaBench-75 із симетричним оптичним стендом Черні-Тернера та 2048-елементною детекторною матрицею CCD [39].

До основних оптичних елементів спектрофотометра відносяться: вхідний волоконно-оптичний роз'єм SMA (стандарт), дифракційна решітка, колімуюче і фокусуюче дзеркало. Можливість встановлення будь-якого з 14 типів дифракційних решіток з різними дисперсійними характеристиками, вхідної оптичної щілини, циліндричної колімаційної лінзи для підвищення чутливості, спеціальних покриттів детектора для досягнення діапазону спектральних вимірювань 150 нм і придушення впливу хвиль 2-го порядку дозволяє оптимізувати спектрофотометричну платформу відповідно до реальних експериментальних умов.

2048-елементний профіль спектрального розподілу з матриці ПЗЗ-детектора знімається керованою мікропроцесором електронною платою AC-161 спектрофотометра з 14-розрядним аналого-цифровим перетворювачем і передається на персональний комп'ютер через інтерфейс USB/RS-232.

Спектрофотометр має 15-контактний цифровий роз'єм входу/виходу, який забезпечує зовнішнє спрацювання спектрофотометра, керування затвором та джерелом імпульсного випромінювання в абсорбційному режимі дослідження.

Крім того існують ще декілька режимів – фотокolorиметричний, радіометричний, нефелометричний, флуориметричний та люмінометричний.

Швидкість передачі експериментальних даних зі спектрофотометра можна значно збільшити за допомогою програмного забезпечення AvaSoft за рахунок звуження діапазону реєстрованого спектрального розподілу [39].

Таким чином, існує потреба в подальшій розробці нових засобів і методів вимірювання кольору.

2.2 Створення пристрою (колориметра), який вирішує поставлені задачі

Для вирішення поставлених задач було розроблено пристрій, опис

якого наведено в [46].

Прилад належить до пристроїв вимірювання проникності оптичних середовищ і може бути використана для точного визначення ступеня проникності оптичних середовищ (матеріалів) світлом, ступеня зміни кольору світла при проходженні через дані середовища (матеріали), а також рівномірності оптичної проникності оптичних середовищ.

Технічною задачею запропонованого пристрою [46] є розширення функціональних можливостей пристрою за рахунок використання додатково внесених до схеми пристрою вимірювального блока з масивом датчиків, зовнішнього запам'ятовувального пристрою та системи автоматичної подачі матеріалу, що дає можливість вимірювання рівномірності оптичної проникності оптичних середовищ та побудови схеми зон з однорідною проникністю, а також одночасного вимірювання великої площі матеріалу.

Пояснення суті корисної моделі [46] наведено на рисунку 2.11.

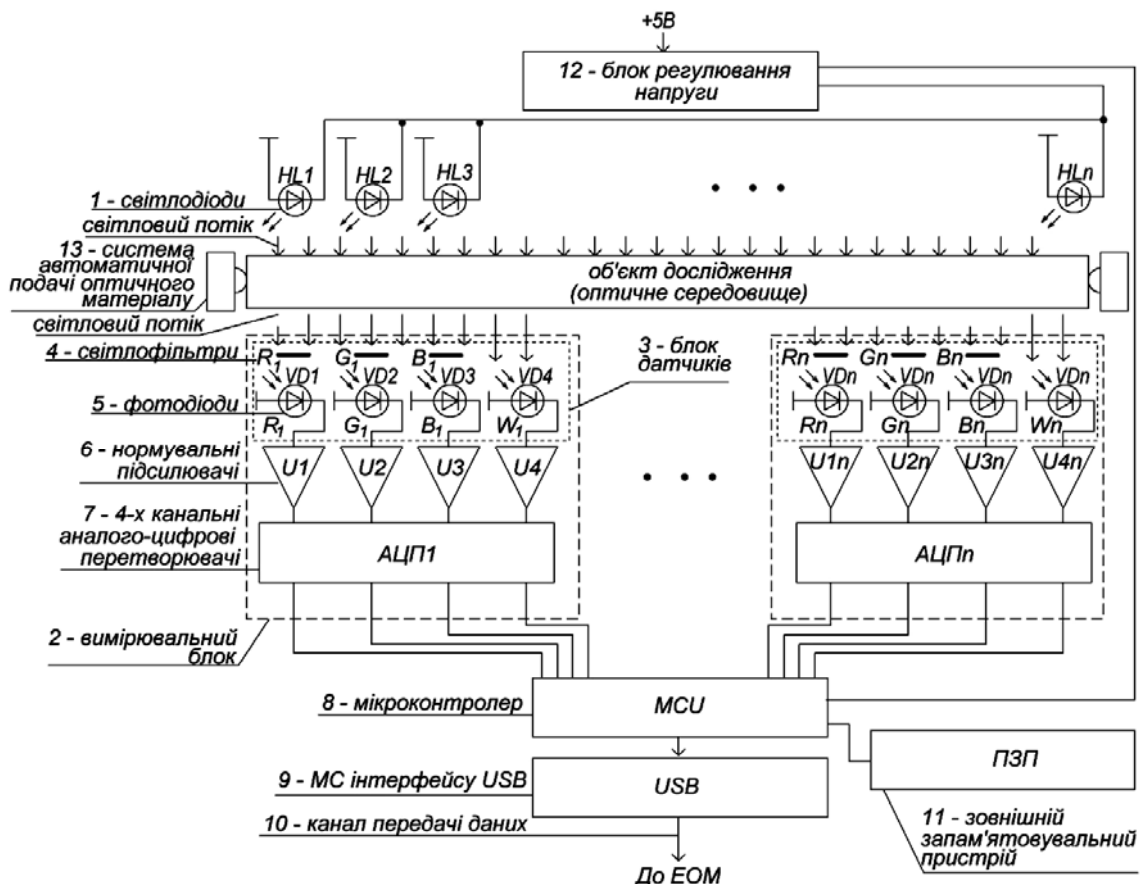


Рисунок 2.11 – Схема реалізації цифрового пристрою для вимірювання рівномірності проникності оптичних середовищ [46]

Схема цифрового пристрою вимірювання рівномірності проникності оптичних середовищ складається з світлодіодів $HL1 - HLn - 1$, вимірювального блока – 2, блока датчиків – 3, світлофільтрів ($R1, G1, B1 - Rn, Gn, Bn$) – 4, фотодіодів $VD1 - VDn - 5$, нормувальних підсилювачів $U1 - U4n - 6$, 4-канальних АЦП ($АЦП1 - АЦПn$) – 7, мікроконтролера MCU – 8, мікросхеми інтерфейса USB – 9, канала передачі даних до ЕОМ (персональний комп'ютер і т.п.) – 10, зовнішнього запам'ятовувального пристрою – 11, блока регулювання напруги – 12, системи автоматичної подачі оптичного матеріалу – 13 [46].

Розглянемо більш докладніше роботу пристрою [46]. Для його роботи потрібно, щоб виконувались деякі умови, а саме – світлофільтри RGB не повинні перекривати світловий потік, що падає на фотодіоди $W1 - Wn$. Для запобігання неточності в роботі датчика рекомендується використовувати світлодіоди $HL1 - HLn$ білого кольору з температурою 5600 К. Для роботи пристрою потрібне джерело живлення з напругою + 5 В. Система автоматичної подачі оптичного матеріалу повинна мати рівномірну швидкість подачі та не перекривати матеріал, що досліджується. Пристрій працює за рахунок того, що еталонний світловий потік (ЕСП) від джерела еталонного світла, що забезпечується світлодіодами $HL1 - HLn$, проходить через оптичний матеріал, рівномірність проникності якого вимірюють, частина ЕСП попадає на кольорові світлофільтри $R1, G1, B1 - Rn, Gn, Bn$ (4), які розділяють світловий промінь на три складові – червону, зелену та синю, та через них попадає на фотодіоди $R1, G1, B1 - Rn, Gn, Bn$ (5), а частина ЕСП напряму попадає на фотодіоди $W1 - Wn$ (5). Фотодіоди (5) працюють в фотоперетворювальному режимі, тобто в залежності від інтенсивності світла відповідного каналу, змінюють величину струму, що проходить через них. Струм з фотодіодів (5) по чотирьом каналам передається на чотири нормувальні підсилювачі постійного струму (6), що призначені для нормалізації вхідного сигналу від фотодіодів до рівня, достатнього для роботи 4-канальних АЦП1 – АЦПn (7), після чого сигнал передається на АЦП1 – АЦПn (7). Аналоговий сигнал, що перетворений за допомогою АЦП1-АЦПn (7) в цифровий, передається по каналам одночасно на

мікроконтролер (8), де за допомогою програмного забезпечення, що в нього встановлено, обробляється. Отримані дані передаються на мікросхему інтерфейсу *USB* (9) і далі по каналу передачі даних (10) на ПК. При необхідності проведення вимірювань ступеня проникності оптичних середовищ світловим потоком змінної яскравості, мікроконтролер подає відповідну команду на блок регулювання напруги (12), який зменшує або збільшує рівень напруги живлення світлодіодів (1), тим самим зменшує або збільшує яскравість світлового потоку, і виконує декілька вимірювань в залежності від кількості ступенів зміни яскравості світлового потоку. При цьому, матеріал, що досліджується, рівномірно проходить через блок датчиків (3) за допомогою системи автоматичної подачі оптичного матеріалу (13), що являє собою наприклад роликову систему подачі або будь-яку аналогічну систему, а пристрій виконує ряд вимірювань, частота яких залежить від швидкості подачі матеріалу та площі матеріалу, що може бути досліджена за одне вимірювання, тим самим забезпечуючи рівномірне дослідження всієї площі матеріалу [46].

В мікроконтролері відбувається перетворення вхідного сигналу від фотодіодів $R1, G1, B1 - Rn, Gn, Bn$ в систему XYZ , що стандартизована міжнародною комісією по освітленню *CIE*, по формулам (2.1) – (2.3).

Після цього значення X, Y, Z , що отримані в результаті розрахунків, перераховують в координати кольору x та y для діаграми кольору CIE_{xy} за формулами (2.4) та (2.5) [46].

Отримані координати x та y визначають розташування кольору на площині діаграми кольору CIE_{xy} , що дозволяє однозначно ідентифікувати колір світлового променя, що пройшов через оптичне середовище, що досліджується.

Дані, що отримані для кожного дослідження, зберігаються в зовнішньому пам'ятовувальному пристрої (11) та порівнюються мікроконтролером між собою.

В разі, якщо отримані результати відповідають результатам, що отримані при вимірюванні ЕСП перед проходженням тесту, то можна зробити висновок, що оптичне середовище не спотворює світловий потік і не вносить в нього

будь-якого забарвлення. Якщо ж результат відрізнятиметься від еталонного, то можна буде зробити висновок про те, що оптичне середовище змінює світловий потік за рахунок внесення в нього забарвлення, а ступінь та колір забарвлення можна визначити, виходячи з отриманих результатів. А у випадку виявлення відхилення результатів, що отримані, при будь-якому з вимірювань від інших – можна зробити висновок про нерівномірність оптичної проникності матеріалу, що досліджується [46].

Для обчислення ступеня проникності оптичного середовища, тобто ступеня зменшення інтенсивності світлового потоку, що пройшов через оптичне середовище, використовують сигнал від фотодіодів W (5). Фотодіоди W (5) працюють в фотоперетворювальному режимі, тобто в залежності від інтенсивності світлового потоку, що пройшов через оптичне середовище, змінюють величину струму, що проходить через них. Порівнявши цю величину з величиною, що була отримана при вимірюванні ЕСП перед проходженням тесту, можна однозначно визначити ступінь проникності оптичного середовища [46].

Проте, у випадку значного забарвлення світлового потоку після проходження ним оптичного середовища, даний варіант вимірювання може мати суттєву похибку. Для виключення даної похибки, у випадку вимірювання забарвленого світлового потоку, розрахунок його інтенсивності буде проводитися по емпіричній формулі (2.6) [46].

$$Y = 0,2125 \cdot R + 0,7154 \cdot G + 0,0721 \cdot B, \quad (2.6)$$

де 0,2125 – емпіричний коефіцієнт для червоного кольору (R);
0,7154 – емпіричний коефіцієнт для зеленого кольору (G);
0,0721 – емпіричний коефіцієнт для блакитного кольору (B).

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз умов праці

Науково-дослідна лабораторія (НДЛ) має розміри: довжина 14 м, ширина 8,5 м, висота 4 м. Кількість робочих місць 12. У приміщенні встановлені 6 апаратів для паяння, оскільки при проведенні досліджень проводиться монтаж та паяння різних елементів [52]. Також на інших робочих місцях встановлено ПК: монітори LCD; споживана потужність 400 Вт; ЦПУ – Intel Core i7 (4790); оперативна пам'ять типу DDR3 (1833 МГц) – 16 Гб. На кожну людину припадає площа 9,91 м² та об'єм 39,6 м³, що відповідає вимогам ДСанПІН 3.3.2–007–98 «Державні санітарні правила і норми» .

Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»: на одного працівника у приміщенні, оснащеному ЕОМ, площа не менше 6 м² та об'єм не менше 20 м³ та 4,5 м² та 15 м³ відповідно для робочих місць без ПК.

На рисунку 5.1 наведено функціональну схему обладнання на робочому місці працівника лабораторії.



Рисунок 3.1 – Функціональна схема обладнання на робочому місці інженера

Технічні характеристики обладнання: паяльник – вхідна напруга – 220 В, потужність – 25 Вт; Осцилограф "Rigol" – вхідна напруга – 220 В, споживана потужність – 50 Вт.

Все це обладнання, при досягненні своїх функціональних характеристик здатне виділяти зайве тепло, що, своєю чергою, впливає негативно на стан працівника наукової лабораторії.

Внаслідок гігієнічної оцінки умов праці визначили, що робоче місце працівника НДЛ належить до третього класу першого ступеня шкідливості. Одним із шкідливих факторів є напруженість аналізаторських функцій – зору. Для усунення необхідно дотримуватись раціонального режиму праці та відпочинку працівників з наданням їм регламентованих перерв для проведення спеціальної зорової та загальної гімнастики з урахуванням зорово-напружених робіт за комп'ютером.

Переважаючий небезпечний фактор – підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини.

3.2 Забезпечення виробничої санітарії за умов виробництва

Технічний та організаційний рівень робочих місць відповідає умовам, що описані в ГОСТ 12.2.032–78 ССБП. «Робоче місце під час виконання робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги (2.2.032–78)». Робочі місця відносно світлових отворів розташовуються так, що природне світло падає з лівого боку, розташовані на відстані 1 м від стін зі світловими отворами.

Конструкція робочого місця повинна забезпечувати підтримку оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками:

- стопи ніг – на підлозі або на підставці для ніг;
- стегна – у горизонтальній площині;
- передпліччя – вертикально;
- лікті – під кутом 70 °С – 90 °С до вертикальної площини;
- зап'ястя – зігнуті під кутом трохи більше 20 °С відносно горизонтальної площини;
- нахил голови – 15 °С – 20 °С відносно вертикальної площини.

Робочі місця розташовані у два ряди. Апарати для паяння знаходяться на дерев'яних столах. Висота робочої поверхні столу становить 725 мм, ширина –

800 мм, глибина – 1000 мм. Робочий стіл має простір для ніг заввишки щонайменше 600 мм, шириною 500 мм, глибиною на рівні колін 450 мм, глибиною на рівні витягнутої ноги 650 мм. Робочий стіл обладнаний підставкою для ніг шириною 300 мм, глибиною 400 мм з можливістю регулювання по висоті в межах 150 мм та кута нахилу опорної поверхні – в межах 20 °С, що має рифлену поверхню та борт на передньому краї, висота якого становить 10 мм [53] .

Робоче сидіння – підйомно-поворотне та регулюється: по висоті, куту нахилу сидіння та спинки, по відстані спинки до переднього краю сидіння, висоті підлокітників [54].

На рисунку 3.2 наведено план розміщення робочих місць.

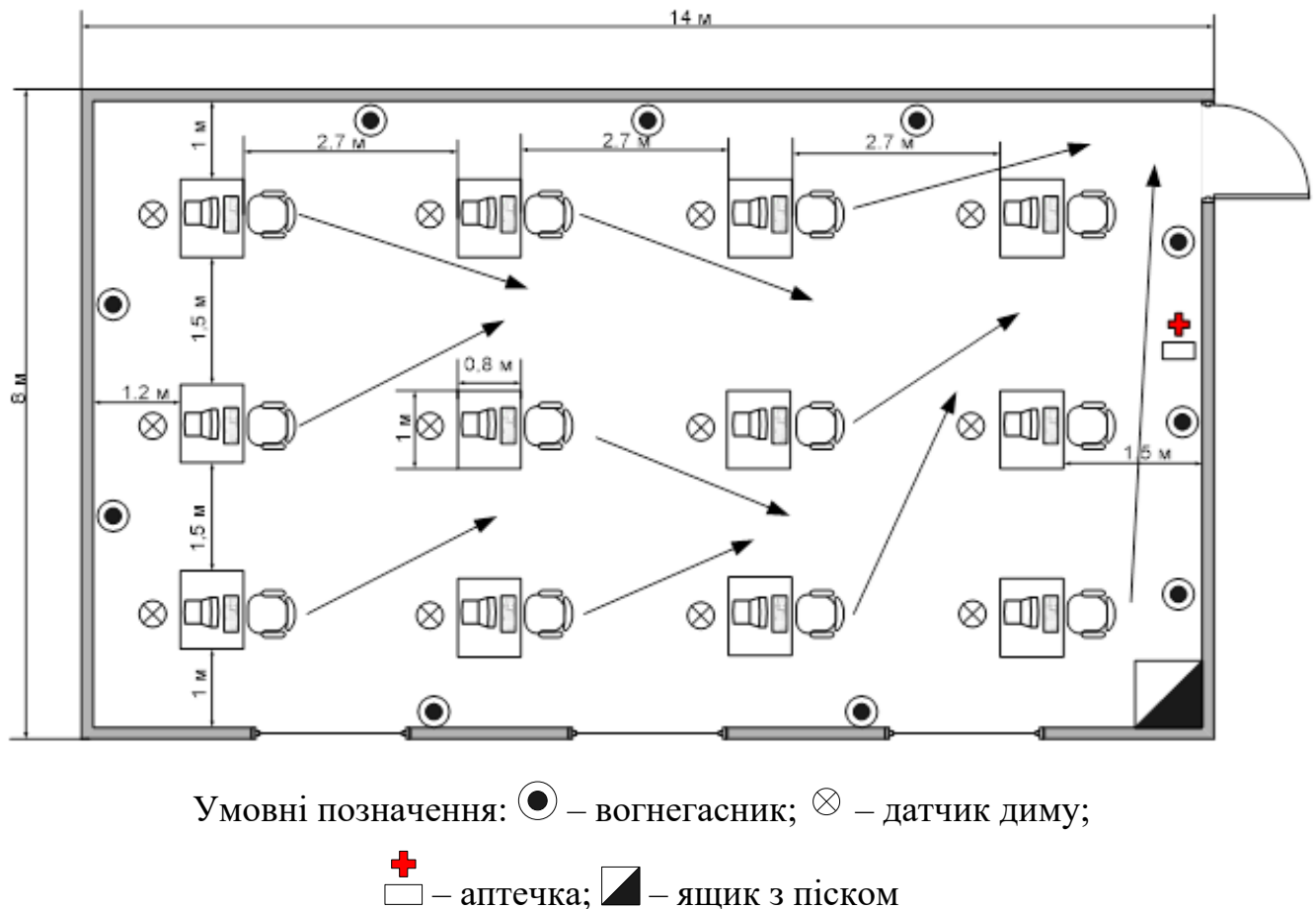


Рисунок 3.2 – План розміщення робочих місць

У лабораторії метеорологічні параметри підтримуються відповідно до ДСН 3.3.6.042–99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» та становлять:

– у холодний період: температура повітря в межах 22 °С – 24 °С, відносна вологість 40 % – 60 % та швидкість руху повітря близько 0,1 м / с;

– у теплий період: температура повітря в межах 23 °С – 25 °С, відносна вологість 40 % – 60 % і швидкість руху повітря близько 0,1 м / с.

Підтримка значень метеорологічних параметрів на оптимальних значеннях забезпечується за рахунок радіаторів центрального опалення в холодний період та припливно-витяжної вентиляції у теплий період [55].

Рівень шуму в приміщенні лабораторії становить близько 50 дБ, що не виходить за межі допустимого значення згідно ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Приміщення мають природне та штучне освітлення, рівень якого відповідає ДБН В.2.5–28:2018 «Природне і штучне освітлення».

Природне висвітлення забезпечує коефіцієнт природного висвітлення не нижче 1,5 %, штучне висвітлення має бути оснащено системою загального рівномірного висвітлення та давати освітленість на робочому місці 300 лк. Природне освітлення до лабораторії проникає через віконний отвір. Штучне освітлення реалізується за допомогою світильників із люмінесцентними лампами типу ЛБ.

Відповідно до ДСанПІН 3.3.2–007–98 «Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» встановлюються такі внутрішньозмінні режими праці та відпочинку при роботі з ЕОМ: при 8 – годинній денній робочій зміні, залежно від характеру, слід призначати регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 15 хвилин через кожен годину роботи.

3.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях у приміщенні наукової лабораторії

В університеті за безпеку при НС відповідає штаб цивільної оборони, йому підпорядковуються територіальні штаби цивільної оборони, спеціальні підрозділи міністерств та інших центральних органів державної виконавчої влади, залучені до виконання завдань захисту населення та надання допомоги у НС, та на штатних працівників організації.

На рисунку 3.3 наведено структурну схему штабу цивільної оборони Харківського національного університету радіоелектроніки.

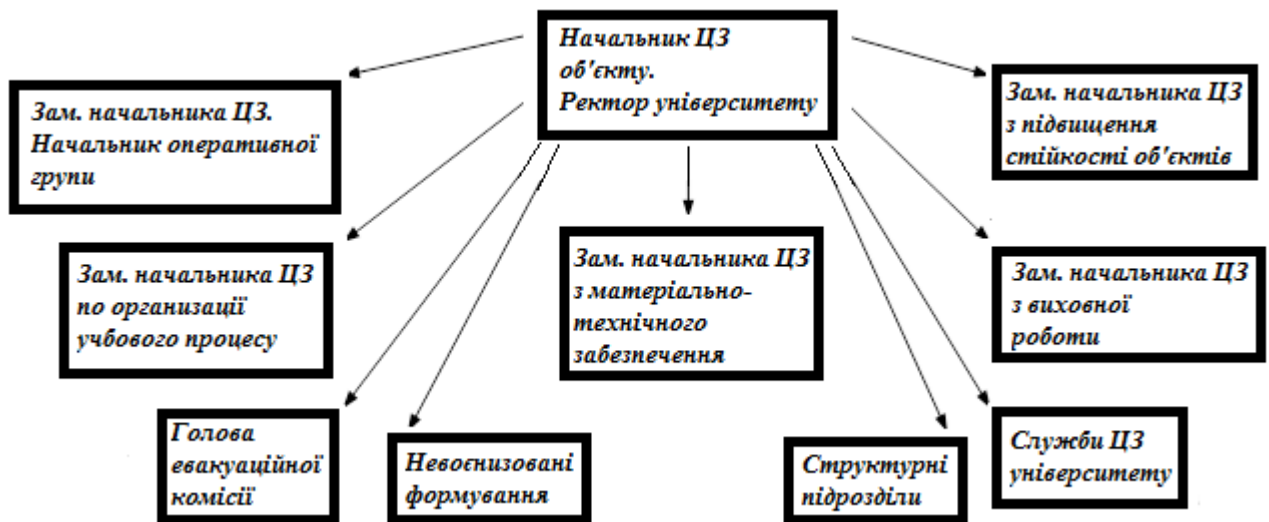


Рисунок 3.3 – Структурна схема штабу цивільного захисту ХНУРЕ

Як правило, в більшості випадків, основною надзвичайною ситуацією в приміщенні наукової лабораторії є загроза виникнення пожежної ситуації.

Науково-дослідна лабораторія розташована в будівлі, виконаній із залізобетонних конструкцій, при роботі тут застосовуються тверді вогнетривкі матеріали. Тому згідно з ДБН В.1.1–7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» будівля має I ступінь вогнестійкості, виробництво в НДЛ з пожежо-вибухобезпеки відноситься до категорії В, а за НПАОП 40.1–1.21–98 (ДНАОП 0.00–1.21–98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок

споживачів» приміщення відноситься до класу П–Па. Вимоги щодо пожежо-вибухобезпеки виконані.

Причиною пожежі в НДЛ може бути коротке замикання електропроводки; несправність ПЕОМ та іншого електрообладнання; нагрівання провідників; куріння в недозволеному місці.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.004–91 «Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги» та ДБН В.2.5–56:2010 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд. Зі зміною № 1», приміщення НДЛ має бути оснащено [56]:

- димовими пожежними сповіщувача у кількості 12 одиниць (з розрахунку 2 сповіщувача на кожні 20 м² площі приміщення);
- вуглекислотними переносними вогнегасниками ємністю не менше 2 л у кількості 5 одиниць (з розрахунку 1 вогнегасник на 20 м² площі, але не менше 2 на приміщення). Тип обраного вогнегасника ВЛК–3,5;
- кошмою.

Необхідно проводити наступні організаційні заходи:

- призначити відповідального за НДЛ за пожежну безпеку;
- включати питання щодо пожежної профілактики у всі інструктажі з техніки безпеки;
- заборонити куріння в недозволеному місці, а також використання в НДЛ нестандартних (саморобних) електроприладів, насамперед нагрівальних, призначити заходи адміністративної відповідальності за порушення цих заборон;
- контролювати ізоляцію та стан електропроводки та електрообладнання.

У приміщенні 12 осіб, тож, згідно з ДБН В.1.1–7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» та ГОСТ 12.1.004–91 «Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги», евакуацію під час пожежі можна проводити через робочий вихід.

Схему евакуації розмістити на чільному місці біля виходу з приміщення.

Схему евакуації наведено на рисунку 3.2.

ВИСНОВКИ

У ході виконання досліджень проведено аналіз існуючих варіантів побудови цифрових датчиків для вирішення задач оптичного контролю

Отримано аналітичні співвідношення (2.6), за якими можна однозначно визначити ступінь проникності оптичного середовища у випадку забарвлення світлового потоку.

У результаті проведеного аналізу існуючих варіантів побудови цифрових пристроїв для вирішення задач оптичного контролю запропоновано пристрій [43], що дозволяє досягнути підвищення швидкодії, точності вимірювання, а також розширення функціональних можливостей приладу [42]. Завдяки вдосконаленню отримана можливість використання портативного приладу [46] при проведенні оптичного контролю .

Запропоновано вдосконалення цифрового пристрою для вимірювання проникності оптичних середовищ. Завдяки використанню моделі [46] досягнуто розширення функціональних можливостей пристрою [44] за рахунок додавання функції вимірювання ступеню проникності оптичних середовищ (матеріалів) світловим потоком змінної яскравості; додавання функції обробки даних безпосередньо пристроєм та підвищення швидкодії за рахунок використання 4-канального АЦП, мікроконтролера та інтерфейса USB.

Доведено, що завдяки використанню цифрового пристрою для вимірювання рівномірності покриття оптичних середовищ [46] досягнуто розширення функціональних можливостей пристрою [44] за рахунок використання додатково внесених до схеми пристрою [46] вимірювального блоку з масивом датчиків, зовнішнього запам'ятовувального пристрою та системи автоматичної подачі матеріалу, що дає можливість вимірювання рівномірності оптичної проникності оптичних середовищ та побудови схеми зон з однорідною проникністю, а також одночасного вимірювання великої площі матеріалу.

Запропоновано алгоритм настройки датчика кольору який дозволяє проводити розрахунок апроксимуючих коефіцієнтів для кривих складання та математично описана процедура знаходження коефіцієнтів апроксимації. Розроблено корисну модель цифрового пристрою для вирішення задач оптичного контролю, що дозволяє досягнути підвищення швидкодії, точності вимірювання, а також розширення функціональних можливостей приладу. Отримана можливість використання портативного приладу при проведенні оптичного контролю якості зернових культур.

Запропоновано вдосконалення цифрового пристрою для вимірювання проникності оптичних середовищ. Досягнуто розширення функціональних можливостей приладу за рахунок додавання функції вимірювання ступеню проникності оптичних середовищ. Досягнуто розширення функціональних можливостей пристрою за рахунок використання додатково внесених до схеми пристрою вимірювального блоку з масивом датчиків, зовнішнього запам'ятовувального пристрою та системи автоматичної подачі матеріалу, що дає можливість вимірювання рівномірності оптичної проникності оптичних середовищ та побудови схеми зон з однорідною проникністю, а також одночасного вимірювання великої площі матеріалу.

Цілком безпечних та нешкідливих виробництв не існує.

Проте завдання охорони праці – підвищення продуктивності та культури праці на обчислювальних центрах з одночасним забезпеченням комфортних умов, забезпечення безпеки праці, вирішення проблем гігієни та фізіології праці, попередження професійних захворювань, виробничого травматизму.

Виходячи з цього, найважливішим фактором безпеки праці є виконання всіх норм і правил при будівництві приміщень, їх оснащенні, монтажі та підключенні апаратури, а також неухильне дотримання правил безпеки усіма працівниками ВЦ.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення[Текст]. – Введ.22.06.2015. – К.:ДП«УкрНДНЦ», 2015.– 26 с.;
2. Колориметрия. URL: <https://www.lkmportal.com/enc/kolorimetriya>.
3. Ключев В. В., Ф. Р. Соснин, В. Н. Филинов. Неразрушающий контроль и диагностика : справочник. Москва : Машиностроение, 2003. 656 с.
4. Осина Т. Г. Развитие методов многопараметрического экспресс-контроля состава органических сыпучих материалов : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.13. Харьков, 2008. 203 с.
5. Цой В. В. Введение в теорию цвета. Томск : ТПИ, 1985. 72 с.
6. Юстова Е. Н. Опытная проверка новых функций сложения цветов. Москва : Светотехника, 1964. С. 3–8.
7. Ньюберг Н. Д. Математические основы задачи построения цветового тела. Современное состояние колориметри / под. ред. Н. Т. Федорова. Москва : Гостехтеориздат, 1933. С. 169–183.
8. Ньюберг Н. Д. Новый способ определения положения основных физиологических цветов из опытов с цветослепыми. Доклады Академии наук СССР. 1948. Т. 63. № 4. С. 379–381.
9. Федоров Н. Т. Современное состояние колориметри. Москва : Гостехтеориздат, 1933. С. 192.
10. Шкловер Д. А., Иоффе Р. С. Универсальный фотоэлектрический колориметр. Известия АН СССР, ОТ Н, ВЭИ. 1951. № 5. С. 667–681.
11. Кравков С. В. Цветовое зрение. Москва : Изд-во АН СССР, 1951. С. 176.
12. Гуревич М. М. Цвет и его измерение. Москва : АН СССР, 1950. 267 с.
13. Юстова Е. Н. Цветовые измерения (Колориметрия). Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2000. 397 с.
14. Wright W. D. The Measurement of Colour. 3 ed. London : Higler and

Watts, 1964. 394 p.

15. Wright W. D. The Measurement of Colour. London : Higler and Watts, 1960. 340 p.

16. Wright W.D., The Measurement of Color, Adam Hilger, 1960.

17. Kamler J. Трехцветный колориметр для цветного телевидения. Prace List. Tele – J Radiotechn. 1961. № 3 (16).

18. Chatten J. B. Wide – rage chromaticity measurements with photoelectronic colorimeter. Proc. JRE. 1954. Vol. 42. № 1.

19. Devalois R. L., Tacobs G. H. Primate color vision. Science. 1968. Vol. 162. P. 533–540.

20. Eppeldaner G., Schanda J. Srines television kepernyo tenysii seget es srinkoordinatait mero berenderes. Hinadastech – nika. 1973. Vol. 24, № 11. P. 340–343.

21. Шабанов-Кушнарeнко Ю. П., Еремин Г. С., Качко Е. Г. К вопросу об относительном построении математических моделей. Проблемы бионики. 1971. Вып. 6. С. 70–74.

22. Шабанов-Кушнарeнко Ю. П. Математическое моделирование некоторых функций человеческого зрения : дис. ... д-ра техн. наук. Харьков, 1970. 290 с.

23. Шабанов-Кушнарeнко Ю.П. Математическая модель переработки информации в органе зрения человека. Моделирование в биологии и медицине. 1966. Вып. 2. С. 100–106.

24. Шабанов-Кушнарeнко Ю. П. Математическая модель обработки информации в глазу человека. Труды науч.-техн. конф., посвященной Дню радио. Секция бионики. 1966. С. 8–18.

25. Шабанов-Кушнарeнко Ю. П. О математическом моделировании цветового зрения человека. Киев : Изд-во АН УССР, 1967.

26. Шабанов-Кушнарeно Ю. П. Аксиоматическое построение модели цветового зрения. Проблемы бионики. 1970. Вып. 4. С. 30–50.

27. Бондаренко М. Ф., Шабанов-Кушнарено Ю. П., Шляхов В. В. Предикаты n-мерной линейности и их свойства. Харьков : ХИРЭ. Деп. ВИНТИ, № 4764-82, 1982.
28. Сарнавский Н. Г., Шабанов-Кушнарено Ю. П. Координатная формулировка законов цветового зрения. АСУ и приборы автоматики. 1982. № 61. С. 79–86.
29. Сердюченко В. Я. Математические модели краевого контраста и индуктивных свойств зрения человека и их технические приложения : дис. ... канд. техн. наук. Харьков, 1973. 186 с.
30. Сегментация изображения. URL: <http://habrahabr.ru/post/128768>.
31. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Кн. 1, 2. Москва : Наука, 2000. 1024 с.
32. Фестиваль педагогических идей. Открытый урок. URL: <http://festival.1september.ru/articles/565866>.
33. Ульштейн И. С. Цвет и телевидение. Москва : Знание, 1973. 64 с.
34. Шахмаев Н. М. Физические основы телевидения. Москва : Просвещение, 1970. 127 с.
35. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента. Москва : Мир, 1981. 517 с.
36. Візуальні колориметри. URL: <https://mash-xxl.info/info/646602>.
37. Аргюшина Л. Ф. Цвет в науке и технике. Пер. с англ. Москва : Мир, 1978. 592 с.
38. Кривошеев М. И., Кустарев А. К. Цветовые измерения. Москва : Энергоиздат, 1990. 239 с.
39. Лукьянчук А. И. Цвет в промышленности. Москва : Логос., 2002. 396 с.
40. Шефе Г. Дисперсионный анализ. Пер. с англ. Б. А. Севостьянова. 2-е изд. Москва : Наука, 1980. 512 с.
41. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике. Москва : Мир, 1971. 266 с.

42. Пат. u2016 06243 Україна, МПК G01J 3/46, G01R 21/133, G02B 5/20, F21V 9/00 Цифровий пристрій для вимірювання проникності оптичних середовищ / Хорошайло Ю. Є, Семенов С. Г, Лимаренко В. В., Єфименко С. А. ; заявник і патентовласник Харківський національний університет радіоелектроніки. № 123529 ; заявлено 25.10.2017 ; опубл. 26.02.2018, Бюл. № 4 (2018).

43. Пат. u2019 10509 Україна, МПК G01J 3/46, G01R 21/133, G02B 5/20, F21V 9/00 Цифровий пристрій для вимірювання рівномірності покриття оптичних середовищ / Хорошайло Ю. Є, Семенов С. Г, Лимаренко В. В., Подгайко О. І., Єфименко С. А. ; заявник і патентовласник Харківський національний університет радіоелектроніки. № 142432 ; заявлено 21.10.2019 ; опубл. 10.06.2020, Бюл. № 11 (2020).

44. Пат. u2017 09934 Україна, МПК G01J 3/46 Цифровий портативний пристрій вимірювання кольору / Хорошайло Ю. Є, Семенов С. Г, Лимаренко В. В., Єфименко С. А., Меньяло О. Д. ; заявник і патентовласник Харківський національний університет радіоелектроніки. № 123485 ; заявлено 13.10.2017 ; опубл. 26.02.2018, Бюл. № 4 (2018).

45. Качанов М. П. Повышение точности измерительных преобразователей при двухпараметровом контроле влажности сыпучих материалов в условиях неустраняемого факторного влияния насыпной плотности : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.13 / НТУ «ХПИ». Харьков, 2007.
176 с.

46. Пат. u2016 06243 Україна, МПК G01J 3/46, G01R 21/133, G02B 5/20, F21V 9/00 Цифровий пристрій для вимірювання проникності оптичних середовищ / Хорошайло Ю. Є, Семенов С. Г, Лимаренко В. В., Єфименко С. А. ; заявник і патентовласник Харківський національний університет радіоелектроніки. № 123529 ; заявлено 25.10.2017 ; опубл. 26.02.2018, Бюл. № 4 (2018).

47. Chaurand M., Lempereur I., Roulland T.M. et al. Genetik and agronomic effects on semolina milling value of durum wheat. Crop Science. 1999. Vol. 39, № 3. P. 790–795.

48. Малайчук В. П., Мозговой О. В., Петренко О. М. Інформаційно-вимірювальні технології неруйнівного контролю : навч. посіб. Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. 240 с.

49. Маєвський С. М., Бабак В. П., Щербак Л. П. Основи побудови систем аналізу сигналів у неруйнівному контролі. Київ : Либідь, 1993. 200 с.

50. Зажигает Л. С., Кишьян А. А., Романиков Ю. И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. Москва : Атомиздат, 1978. С. 92–99.

51. Бородюк В. П., Вошинин А. П., Иванов А. З. и др. Статистические методы в инженерных исследованиях : учеб. пособие / под ред. Г. К. Круга. Москва : Высшая школа, 1983. 217 с.

52. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у випускних роботах ОКР «бакалавр» усіх форм навчання [Текст] / Упоряд. Б.В.Дзюндзюк, В.А.Айвазов, Т.Є.Стиценко. – Харків: ХНУРЕ, 2012. – 28 с.

53. ДСанПІН 3.3.2–007–98 «Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

54. ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ. «Робоче місце під час виконання робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги (2.2.032–78)».

55. ДСН 3.3.6.042–99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

56. ГОСТ 12.1.004–91 «Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги».