

СЕКЦІЯ 2

ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

УДК 621.383; 681.513

МЕТОДИ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ОБ’ЄКТІВ

¹Демченко Л.І., ¹Русняк І.М., ¹Стефанович В.Т., ²Колобродов В.Г., ¹НДІ “Квант”,
м. Київ, Україна, ²Національний технічний університет України “Київський політехнічний
інститут”, м. Київ, Україна

Останні кілька десятиліть інтенсивно проводяться дослідження методів телевізійного супроводження об’єктів (МТСО) з метою створення оптико-електронних систем з телевізійними системами автоматичного супроводження (ТСАС). Аналіз стану використання ТСАС показав, що такі системи все ще не набули широкого поширення, незважаючи на їх актуальність. Головними причинами цього є специфічні вимоги, що ставляться до таких систем, і складність шляхів їх задоволення. Зокрема, ТСАС повинні супроводжувати:

- всі класи об’єктів, від точкових і малорозмірних (ТО і МО) до протяжних (ПО), в умовах впливу широкого діапазону можливих фонових ситуацій;
- об’єкти, амплітуди сигналів яких можуть мати дуже низьке співвідношення сигнал / шум (≤ 3);
- об’єкти, що можуть бути як нерухомими, так і мати високу зміну кутової швидкості переміщення (високодинамічні об’єкти).

На даний час невідомий такий універсальний МТСО, який був би здатен задовільнити всім цим вимогам. Тому цього досягають застосуванням сукупності методів, і однією з проблем, яку необхідно вирішити при розробці ТСАС, є оптимізація такої сукупності. В відомій літературі цьому питанню приділено недостатню увагу, зокрема відсутні порівняльний аналіз МТСО з метою вибору їх оптимальної сукупності і умови їх поєднання.

В доповіді проводиться порівняльний аналіз наступних МТСО, що використовуються в ТСАС реального часу:

- 1) для ТО і МО – методи на основі виділення перепадів в сигналах шляхом диференціювання сигналів і віднімання з сигналів їх постійної складової;
- 2) для ПО – кореляційні методи (середньої абсолютної різниці і бінарної кореляційної функції) і методи на основі сегментації зображень.

Для методів супроводження ТО і МО по результатам порівняльного аналізу встановлено ті умови, при яких має перевагу використання того чи іншого методу виділення перепаду сигналів в залежності від стану оточуючого об’єкта фону. Зокрема в умовах рівномірних і слабкозмінних фонів перевагу слід надати методу на основі віднімання з сигналів їх постійної складової, а в умовах швидкозмінних фонів – на основі диференціювання сигналів. Для супроводження ПО перевагу слід надати комбінованому методу на основі сегментації

зображення з подальшим обчисленням БКФ. Отримані результати дають змогу обґрунтовано вибирати сукупність МТСО при розробці ТСАС, виходячи з конкретних вимог та умов їх функціонування. Напрямом подальших досліджень пов'язаний з уточненням результатів порівняльного аналізу і можливостей використання комбінацій МТСО по мірі уточнення вимог до супроводжуваних об'єктів і фонів з відповідними розрахунками технічних характеристик розроблюваних ТСАС.

Ключові слова: оптико-електронні системи, телевізійне супроводження.

УДК 621.327 : 612.84

АНАЛІЗ ВІДОМИХ МОДЕЛЕЙ ЗОРОВОГО СПРИЙНЯТТЯ

Колобродов В.Г., Прожейко О.Б., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Визначення характеристик оптико-електронних приладів спостереження потребує якнайповнішої інформації про об'єкти спостереження, фони, характеристики атмосфери, параметри оптичної системи, приймача випромінювання, відеозображуючого пристрою та характеристики зорової системи людини. Перші шість пунктів вже вивченні достатньо добре, враховуванню ж законів зорового сприйняття при розрахунку характеристик оптико-електронних систем спостереження, не приділяють необхідної уваги і тому, зазвичай, врахування впливу законів зорового сприйняття здійснюється наближено. Але зорова система людини являється останньою ланкою будь-яких систем спостереження і тому характеристики систем спостереження знаходяться в прямій залежності від характеристик зорового аналізатора. А отже чим краще узгоджена оптико-електронна система спостереження з характеристиками зорового сприйняття, тим більш ефективною є робота оператора з цією системою. Для досягнення такого узгодження необхідна розробка якомога точної та універсальної моделі зорового сприйняття.

Дана робота присвячена аналізу існуючих моделей та законів зорового сприйняття виявлення їх переваг та недоліків. Була розглянута деяка кількість моделей, та проведений їх порівняльний аналіз. В результаті виявилось, що найбільш адекватною та ефективною є модель прогнозування ймовірності розрізнення (ПВР), яка розроблена на основі теорії пошуку, закону Фехнера, константності та ієрархії інформаційних рівнів сприйняття. Дана модель в повній мірі враховує нерівномірність фону та зашумленість сцени, що спостерігається. Також модель ПВР оперує фундаментальними параметрами зорового сприйняття, та з більшою достовірністю описує ймовірність візуального розрізнення об'єктів сцени при наявності фонових сигналів. Також було здійснено аналіз існуючих законів зорового сприйняття, та було виявлено, що закони, які основані на визначенні операціональних порогів просторового розділення та сприйняття контрастів об'єктів, найбільш адекватні і тому саме з їх допомогою мож-

на побудувати більш ефективну модель для визначення характеристик зорового аналізатора. Одним з таких законів є АВСт закон, що був розроблений американськими вченими. Він являє собою рівняння закритої форми, що пов’язує між собою основні параметри зорового сприйняття.

Така робота стане у нагоді для створення більш узагальненої та універсальної моделі зорового сприйняття, що значно покращить розрахунок характеристик систем спостереження.

Ключові слова: модель зорового сприйняття, закони зорового сприйняття, оператор.

УДК 681.7.013.8

МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ТА АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ОПФ ІНФРАЧЕРВОНИХ ОБ’ЄКТИВІВ В РАЗІ ОБМЕЖЕНЬ ПРОСТОРОВОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИЙМАЧА.

Кучеренко О.К., Кравченко І.В. Національний технічний інститут України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Сучасна стендова вимірювальна апаратура, що призначена для визначення оптичної передавальної функції (ОПФ) об’єктивів базується на аналізі імпульсного відгуку оптичної системи, як функції розсіювання лінії (ФРЛ), з подальшим Фур’є-перетворенням для розрахунку складових ОПФ – модуляційної передавальної функції (МПФ) та функції передачі фази (ФПФ). В якості приймача в подібних стендах найчастіше використовуються лінійні прилади з переносом заряду (ЛППЗ). Основними характеристиками таких приймачів є спектральний діапазон чутливості, період слідування чутливих елементів (ЧЕ), кількість ЧЕ або довжина.

Для того, щоб задовольнити точності вимірювань характеристики об’єктивів, що випробуються, ЛППЗ, а також проекційного мікрооб’єктиву, що входить у схему стендів, повинні певним чином узгоджуватись. Умовою узгодженості є виконання нерівності:

$$(2p)^{-1} > (\lambda k |\beta|)^{-1},$$

де: p – період слідування чутливих елементів ЛППЗ;

λ – довжина хвилі, на якій проводяться вимірювання;

k – діафрагмове число об’єктиву, що випробується;

β – збільшення мікрооб’єктиву.

Нерівність може бути виконана, якщо використовувати ЛППЗ з мінімально можливим кроком слідування ЧЕ, або мікрооб’єктив з максимально можливим збільшенням. Кращі зразки ЛППЗ, що чутливі в інфрачервоній області спектру, характеризуються значенням періоду слідування ЧЕ $p \geq 25$ мкм. Існують певні проблеми з комплектацією стендів добре розрахованими й виготовленими інфрачервоними мікрооб’єктивами, що не мають центрального екранування і ма-

ють збільшення $\beta > 20^\circ$. Ці фактори унеможливають проведення вимірювань ОПФ з необхідною точністю.

Авторами запропоновані два варіанти можливих схемотехнічних рішень і алгоритмічного забезпечення для розв’язання існуючої технічної проблеми. Перший полягає в розвороті ЛППЗ відносно оптичної осі стенду. Необхідний кут розвороту α пов’язаний з похибкою вимірювань Δ через перетворення Фур’є, що має вигляд:

$$\left| F\left(\beta \frac{1}{2p \cos \alpha}\right) \right| \leq \Delta.$$

Другий варіант базується на тому, що під час вимірювань ЛППЗ покроково зсувається у напрямку перпендикулярному до зображення ФРЛ з кроком p/n , де n визначається точністю вимірювань. Дані вимірювань накопичуються в пам’яті ЕОМ, а потім обчислюються за спеціальним алгоритмом. В доповіді наведені попередні оцінки точності вибраних алгоритмів розрахунку ОПФ.

Ключові слова: об’єктив, оптична передавальна функція, вимірювання, алгоритм.

УДК 681.7.013.8

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ФОКУСУВАННЯ ФОТОПРИЙМАЧА В СТЕНДІ ВИМІРЮВАННЯ ОПФ ОБ’ЄКТИВІВ

Кучеренко О.К., Савекін А.В. Національний технічний інститут України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

При проектуванні стендів для вимірювання оптичної передавальної функції (ОПФ) об’єктивів необхідно вирішувати питання пов’язані з установкою фотоприймача (ФП) в площину найкращого зображення об’єктиву, що випробується. Виконання цієї операції вручну потребує багато часу, а точність позиціонування ФП багато в чому залежить від навичок оператора. В зв’язку з цим, в сучасних стендах запроваджується система автоматичного фокусування (САФ). Особливості тієї чи іншої САФ пов’язані з вимогою органічного поєднання з вже існуючою оптико-механічною частиною стенда та програмою розрахунку Фур’є-перетворення імпульсного відгуку оптичної системи для визначення ОПФ.

За допомогою програми “Oral” були проведені розрахунки, що дозволили сформулювати вимоги до точності САФ в залежності від впливу похибки позиціонування на результати розрахунку ОПФ об’єктивів. При розрахунках було прийнято, що похибка визначення однієї з складових ОПФ – модуляційної передавальної функції (МПФ) знаходиться в межах 5%. Дослідження показали, що для якісних об’єктивів похибка позиціонування для найгіршого випадку визначення МПФ на краю поля зору повинна складати $\Delta = 10$ мкм.

Авторами розроблена функціональна схема САФ для стенду, що вимірює функцію розсіювання лінії (ФРЛ) об’єктиву. Фотоприймачем в стенді є лінійний прилад з переносом заряду (ЛППЗ). Електромеханічний привід включає кроковий двигун, диференційний гвинтовий механізм та направляючу для високоточного позиціонування. Робота САФ базується на визначенні максимального значення МПФ, обчисленої за допомогою перетворення Фур’є від виміряного значення ФРЛ. САФ може бути використана для точного позиціонування ФП при отриманні розфокусувальних кривих. Розроблений алгоритм керування САФ, що узгоджений із основною програмою стенду по розрахунку ОПФ об’єктиву. Проведені розрахунки по визначенню конструктивних параметрів САФ для отримання необхідної точності позиціонування.

Ключові слова: об’єктив, оптична передавальна функція, кроковий двигун, система автоматичного фокусування.

УДК 621.383.52

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФОТОПРИЙМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ НА БАЗІ ФОТОДІОДУ

Коваль С.Т., Мороз Р.М., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, Київ, Україна

Фотоприймальні пристрої (ФПП) обов’язково входять до складу оптико-електронних приладів, тому створення якісного ФПП є актуальною проблемою. В результаті застосування теоретичних засад створення ФПП було отримано рівняння, яке узагальнено пов’язує велику кількість параметрів, що впливають на відношення сигнал-шум:

$$\frac{S}{N} = \frac{m \left[\frac{R_{\Sigma}}{\sqrt{1 + (2\pi f_0 C_{\Sigma} R_{\Sigma})^2}} \right]_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \Phi(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\sqrt{\frac{\Delta f (2q i_t + \bar{i}_{amp}^2) R_{\Sigma}^2}{1 + (2\pi f_0 C_{\Sigma} R_{\Sigma})^2} + \Delta f \left(\left[\frac{4kT}{R_d} + \frac{4kT}{R_L} + \frac{4kT}{R_{in}} \right] \frac{R_{\Sigma}^2}{1 + (2\pi f_0 C_{\Sigma} R_{\Sigma})^2} + 4kTR_f \right) + \Delta f e^2_{amp}}} =$$

$$= \left[\frac{\sqrt{(2\pi f_0)^2 \left[1 + \left(\frac{\Delta f}{f_0} \right)^2 / 12 \right]} \cdot T_{obs}}{2 \ln [1 - P_{f.a.}]} \right]^{\frac{1}{2}} - z_s,$$

де $m, \lambda_{\min}, \lambda_{\max}$ – коефіцієнт модуляції та мінімальна і максимальна довжина хвилі потоку випромінювання, $\Phi(\lambda), S(\lambda)$ – спектральний потік та чутливість ФП, f_0

– частота першої гармоніки, $R_{\Sigma} = (R_d^{-1} + R_L^{-1} + R_{in}^{-1})^{-1}$, $C_{\Sigma} = C_d + C_s + C_{in} + C_f$ – сумарний опір та ємність ланцюга вхідної частини ФПП, $R_d, R_L, R_{in}, C_d, C_L, C_{in}$ – опір і ємність фотодіоду, навантаження, входу підсилювача, C_f, R_f – ємність і опір зворотного зв’язку, Δf – еквівалентна шумова смуга, q – заряд електрона, i_i – струм насичення ФД, $\bar{i}_{amp}, e_{amp}$ – спектральні щільності вхідного шумового струму та шумової напруги операційного підсилювача, T – температура елементів, T_{obs} – час спостереження, $P_{f.a.}$ – ймовірність помилкового виявлення, $\Phi(z_s) = 1 - 2P_{find}$ – інтеграл Лапласа, P_{find} – ймовірність виявлення, z_s – відносний поріг помилкового виявлення.

В результаті аналізу були зроблені важливі для практики висновки й започаткована розробка програмного продукту.

Ключеві слова: фотодіод, фотоприймальний пристрій, пороговий потік.

УДК 681.327.66:621.38

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ДИСПЛЕЯ НА ЙМОВІРНІСТЬ РОЗПІЗНАВАННЯ В ОГЛЯДОВІЙ ТЕЛЕВІЗІЙНІЙ СИСТЕМІ

Гаврилюк А.І., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Оглядова телевізійна система (ОТС) призначена для спостереження за загальною обстановкою заданого простору, що обмежена полем зору, а також візуального або автоматичного пошуку, виявлення, розпізнавання та ідентифікації цікавих для оператора об’єктів.

З масовим поширенням сучасних рідино-кристалічних дисплеїв (РКД) повстало завдання дослідити доцільність та особливості при використанні таких дисплеїв в ОТС. Такі дисплеї мають ряд переваг порівняно з традиційними дисплеями на променевих трубках: малі габарити та вага, мала потужність живлення, висока роздільна здатність. До недоліків РКД слід віднести – інерційність, при спостереженні за динамічними об’єктами, залежність сприйняття зображення від кута нахилу дисплея.

Одним з критеріїв оцінки якості зображення ОТС можна вважати максимальну відстань розпізнавання (МДР) об’єкта. МДР – це максимальна відстань між об’єктом та ОТС, на якій оператор ще може розпізнати зображення об’єкта на екрані дисплея ОТС. Якість зображення в ОТС досить сильно залежить від параметрів та характеристик основних її елементів. Розпізнавання зображення ОТС носить ймовірнісний характер та залежить від умов спостереження, стану атмосфери, пори року та часу доби. Велику роль при вирішенні задачі розпізнавання зображення об’єктів відіграє також зорове сприйняття оператора.

У загальному випадку ймовірність розпізнавання об’єкта з врахуванням кількості елементів (числа рядків) і величини сигналу можна записати у вигляді

$$P_r = P_d P_r(N),$$

де $P_d = \frac{1}{2} [1 + \operatorname{erf}(SNR_p - SNR_{th})]$ – ймовірність виявлення об’єкта ОТС, SNR_p – відношення сигнал/шум, яке сприймається оператором, $SNR_{th} = 3,2$ – порогове відношення сигнал/шум, що сприймається оператором; $P_r(N)$ – ймовірність розпізнавання по критерію Джонсона, N – число телевізійних ліній по горизонталі та вертикалі, з яких складається зображення об’єкта.

Значення відношення сигнал/шум, що сприймається оператором та яке перераховане до виходу фотоприймача, можна записати як

$$SNR_p = SNR_{sys} \frac{MTF_{eye}(v_x, v_y) MTF_{dys}(v_x, v_y)}{M(v_x, v_y) N(f)},$$

де SNR_{sys} – відношення сигнал/шум системи на виході електронного блоку; $MTF_{eye}(v_x, v_y), MTF_{dys}(v_x, v_y)$ – модуляційні передаточні функції (МПФ) зорового аналізатора та дисплею відповідно; v_x, v_y – горизонтальна та вертикальна просторові частоти у просторі об’єктів; $M(v_x, v_y), N(f)$ – функції, що описують просторову та часову інтегруючу здатність зорового аналізатора.

Отриманий вираз дозволяє оцінити вплив параметрів дисплея на ймовірність розпізнавання зображення об’єкта ОТС. Також можливо проаналізувати вплив параметрів дисплея на максимальну дальність розпізнавання об’єкта ОТС, що є досить важливим для багатьох практичних застосувань.

Ключові слова: телевізійна система, дисплей, розпізнавання зображення об’єкта.

УДК 621.384.3

ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОННО-ОПТИЧНОГО ВІЗИРА

¹⁾Гордієнко В.І., ²⁾Олексенко О.В., ¹⁾НВК “Фотоприлад”, м. Черкаси, Україна,
²⁾Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,
м. Київ, Україна

Основними вимогами до електронно-оптичних візирів (ЕОВ) є підвищення дальності дії, підвищення захищеності від завад та зниження залежності тактико-технічних характеристик від стану атмосфери.

Підвищення дальності дії забезпечуються чутливістю фотокатода електронно-оптичного перетворювача (ФК ЕОП), відношенням сигнал/шум та якістю оптики. Яскравість екрана зв’язана з чутливістю ЕОП і характеристиками оптики наступним співвідношенням:

$$L_{ек} = \frac{\eta_D}{4\pi \cdot \beta_D^2} \cdot \tau_o \cdot \tau_a \cdot k_r \cdot H \cdot E_n \cdot (\rho_t - \rho_b),$$

де E_n — освітленість об'єкта; ρ_t, ρ_b — коефіцієнт відбивання об'єкта та фона відповідно; H — світлосила об'єктива; η_D — коефіцієнт перетворення ЕОП; β_D — електронно-оптичне збільшення ЕОП; k_r — коефіцієнт використання випромінювання ФК ЕОП; τ_o, τ_a — коефіцієнт пропускання об'єктива та атмосфери відповідно.

Наприклад, при оптимальному коефіцієнті підсилення ЕОП, $R_D = 240$ мкА/лм і $E_n = 4 \cdot 10^{-3}$ лк для забезпечення аналогічних умов спостереження при $E_n = 4 \cdot 10^{-4}$ лк чутливість фотокатода повинна складати $R_D = 2.4 \cdot 10^3$ мкА/лм. Аналогічний ефект досягається при зсуві чутливості фотокатода в область спектра $\Delta\lambda = 1.4 - 1.5$ мкм.

Відношення сигнал/шум пов'язано з чутливістю наступним співвідношенням:

$$\mu = R_D \cdot H \cdot E_n \cdot (\rho_t - \rho_b) \cdot \tau_o \cdot \tau_a \cdot k_r / (4 \cdot j_{th}),$$

де R_D — інтегральна чутливість ФК ЕОП; j_{th} — щільність темнового струму ФК ЕОП.

З аналізу приведеного співвідношення випливає, що відношення сигнал/шум може бути поліпшено лише при підвищенні чутливості ЕОП, світлосили об'єктива або знову за рахунок зсуву чутливості ФК ЕОП в ІЧ область спектра. Підвищення захищеності від завад і зниження впливу стану атмосфери також пов'язано зі зсувом чутливості в ІЧ область спектра.

В даний час розроблені фотокатоли ЕОП, що дозволяють здійснити зсув в область спектра до $\Delta\lambda = 1.4 - 1.5$ мкм. Це дозволяє істотно підвищити характеристики ЕОВ.

Ключові слова: електронно-оптичний перетворювач, електронно-оптичний візир, дальність дії.

УДК 681.2

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ РІДИН МЕТОДОМ ЛЕЖАЧОЇ КРАПЛІ

*Горєлов В.О., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Вимірювання поверхневого натягу чистих рідин і розчинів дозволяє передбачати кінцевий результат і оперативно здійснювати керування технологічними процесами, у яких фізико-хімічні параметри на межі контакту рідина-повітря відіграють важливу роль. Особливо актуальна ця задача для технологічних процесів, де використовуються розчини поверхнево-активних речовин, наприклад, при інтенсифікації видобування нафти і газу, при виготовленні миючих

засобів, при розробці і виробництві, власне, поверхнево-активних речовин різних функціональних призначень.

Метод лежачої краплі дозволяє проводити оперативне та точне вимірювання поверхневого натягу рідин і розчинів.

Сучасні вимірювальні засоби, що базуються на використанні відеотехніки, дають можливість автоматизувати сам процес вимірювання і усунути вплив суб’єктивних факторів на отримуваний результат.

Нами пропонується здійснювати вимірювання поверхневого натягу на основі значень площі верхньої частини профілю меридіанного перерізу лежачої краплі, обмеженої її вершиною і екваторіальним діаметром, та вказаного діаметра.

Для цього теоретичний профіль краплі розраховують шляхом розв’язування основного рівняння капілярності. Далі знаходять безрозмірні площі S/a^2 (де a^2 – капілярна постійна) верхньої частини профілю краплі, обмеженої екваторіальним діаметром і вершиною краплі та її безрозмірні екваторіальні діаметри $d_{екв}/a$, що описують процес росту лежачої краплі. Нескладне перетворення дозволяє привести цю залежність до такого вигляду: $S/a^2 (d_{екв}^2/S)$.

Для застосування на практиці вказаної методики необхідно виміряти зазначені параметри лежачої краплі і за отриманою залежністю визначити значення капілярної постійної, яке безпосередньо пов’язане із поверхневим натягом рідини чи розчину.

Використання як інтегрального інформаційного параметра площі підвищує точність вимірювання і робить дану методику придатною для проведення дистанційних досліджень, що забезпечує додаткову віброізоляцію.

Ключові слова: методика, поверхневий натяг, метод лежачої краплі, поверхнево-активна речовина.

УДК 628.9:535.24

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ АБСОРБЦІЙНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗОВОЇ КЮВЕТИ

Макієвський О.М., Міхеєнко Л.А., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Похибка абсорбційного газоаналізатору перш за все визначається температурними похибками, викликаними температурною залежністю інтегральної інтенсивності ліній поглинання. Нестабільність лазера та неточна настройка частоти лазера на максимальне поглинання можуть приводити до істотних похибок. У зв’язку з цим запропонований метод, який дозволяє приблизно на один порядок зменшити ці похибки. Метод полягає в тому, що в газоаналізатор вбудована термостабілізаційна дифузійна комірка і використовується стабільність швидкості дифузії молекул газу через полімерну мембрану з тефлону при даних температурних умовах. Стабільність швидкості дифузії молекул через мембра-

ну зберігається при відносно великих змінах тиску и швидкості прокачування газової суміші тривалий час.

В роботу приладу покладено метод диференціального поглинання. Вимір здійснюється на основі диференціального методу, який при порівнянні величин сигналів дозволяє зменшити похибку, викликану нестабільністю інтенсивності випромінювання лазера. Дифундуючи через тefлонову мембрану молекули вимірюваного газу потрапляють в трубку, котра з'єднує обидві кювети. При послідовному прокачуванні, завдяки дифузії, газова суміш у другій кюветі збагачується відомою кількістю молекул вимірюваного газу.

Вимір концентрації газу проводиться дворазово. На основі вихідних сигналів приймачів, спочатку визначається величина перетину поглинання молекулами вимірюваного газу, а потім концентрація газу у газовій суміші. Обидва виміри проводяться практично в однакових термодинамічних умовах, отже, величини перетину поглинання для обох вимірів можна прийняти однаковими. Нагріванням газу за час прокачування з однієї кювети в другу можна знехтувати, оскільки цей час на два порядки менший тривалості часу перехідного процесу при нагріванні. У зв'язку з цим похибка, викликана температурною залежністю інтегральної інтенсивності ліній поглинання и коефіцієнта розширення тиском, а також похибка, викликана розширенням тиском, зменшується на 1...2 порядки, а сумарна похибка приладу в 3 рази.

Похибки виміру концентрації цим абсорбційним газоаналізатором будуть визначатися помилками виміру потужності світлових імпульсів й стабільністю прокачування газової суміші.

Важливою особливістю запропонованої конструкції приладу є те, що в нього вбудований фізичний еквівалент, котрий дозволяє проводити постійну або періодичну перевірку приладу без застосування перевірочних газових сумішей. Крім цього, в приладі можна здійснювати стабілізацію частоти випромінювання лазера по максимальному поглинанню.

Це дозволяє зменшити похибки нестабільності частоти випромінювання лазера та одержати мінімальний поріг чутливості. Можливість автономної стабілізації частоти випромінювання лазера та автономної перевірки газоаналізатора дозволяють поліпшити метрологічні характеристики газоаналізатора.

Ключові слова: газоаналізатор, абсорбція, кювета, фокусуюча оптична система.

УДК 681.784.83

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЦИФРОВОГО МИКРОСКОПА

*Боровицкий В.Н., Кондратенко Д.А., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

В работе представлен математический аппарат, который позволяет оценить

пространственную разрешающую способность (ПРС) цифрового микроскопа, а также выполнить параметрическую оптимизацию такого микроскопа по критерию максимизации ПРС. Данный математический аппарат учитывает влияние таких параметров как цифровая апертура и линейное увеличение оптической системы, размеры и пространственный период фоточувствительных элементов цифровой камеры, характеристики шума, коэффициенты цифрового фильтра и тип цифровой интерполяции изображения (Рис). В отличие от известных методик, в качестве критерия ПРС рассматривается вероятность правильного выделения штрихов в изображении тест-объекта в виде шпальной мира при использовании адаптивной пороговой сегментации изображения (Рис). В работе приведены рекомендации по выбору коэффициентов цифрового фильтра для типовых цифровых микроскопов.

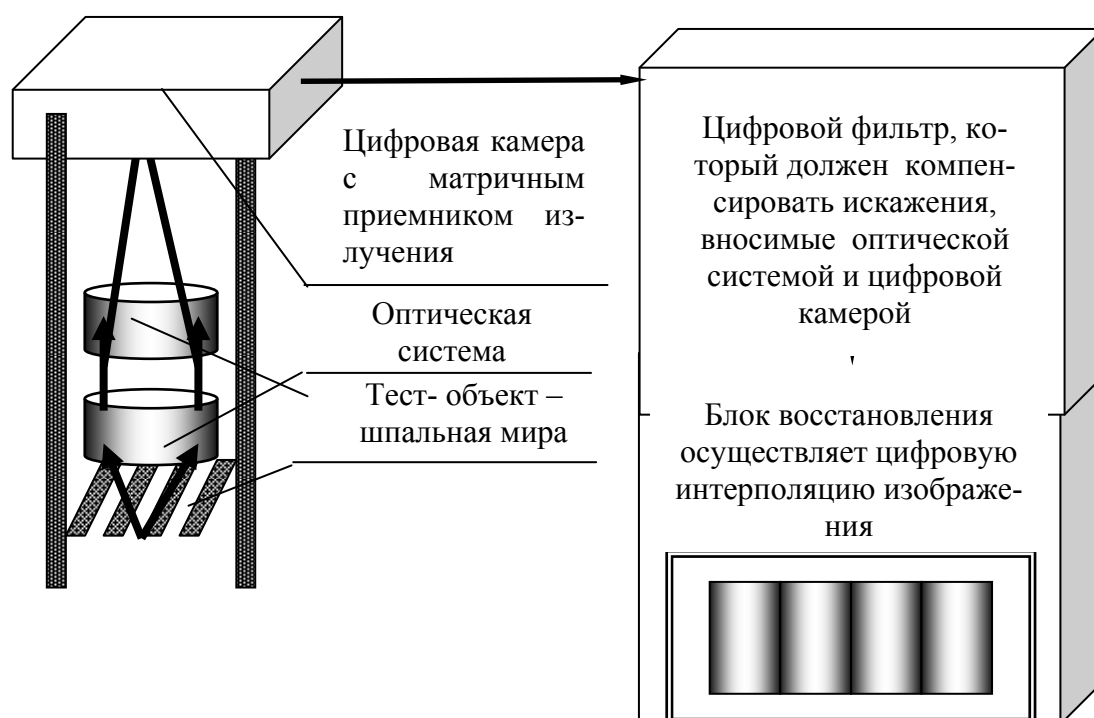


Рисунок - Функциональная схема цифрового микроскопа

Ключевые слова: цифровая апертура, адаптивная пороговая сегментация, цифровой микроскоп.

УДК 666.189.2:535.8

**ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫЕ
НПФ «ОПТРОН»**

Ваганов В.А., ООО «НПФ ОПТРОН», г. Мелитополь, Украина

Оптическое волокно. Волокно изготавливается из специальных марок оптического стекла диаметром от 15 до 80 мкм и поставляется заказчику в пучках диаметром до 16 мм и длиной до 4 метров. На фирме оптическое волокно используется для изготовления жестких или гибких световодов, различных технических и медицинских смотровых устройств.

Световоды. Гибкие световоды используются для подвода светового потока от источника света (осветителя) непосредственно в зону осмотра. и могут иметь как стандартные размеры и типы наконечников, так и произвольные. Световоды изготавливаются также в виде многоканальных коллекторов.

Один из видов жестких световодов представляет собой заполненную оптическим волокном изогнутую металлическую трубку, на обоих торцах которой волокно пропитывается клеящим составом и полируется. Такие световоды снабжаются специальными замками и обычно применяются в качестве осветительных адаптеров для смотровых инструментов.

Другой вид световодов изготавливается методом горячего прессования и используется для передачи мощных световых потоков, например, в стоматологических фотополимеризационных аппаратах.

Осветители. Выпускаемые на фирме осветители предназначены для подключения к ним гибких волоконно-оптических световодов. В качестве источника света в них используется галогенная лампа мощностью 150 Вт.

Налобный прожектор. Прожектор содержит закрепленную на шлеме оптическую фокусирующую систему, которая с помощью волоконно-оптического жгута подсоединяется к осветителю и обычно используется при хирургических операциях. Диаметр зоны освещения прожектора на расстоянии 350 мм регулируется от 40 до 100 мм.

Эндоскопы. Эндоскопы, в зависимости от их назначения могут изготавливаться жесткими или гибкими, а также иметь управляемый дистальный конец как в одной, так и в двух плоскостях. Такие эндоскопы находят применение в медицине и технике. Например, через свечное отверстие можно определить состояние узлов камеры сгорания ДВС, с помощью специальных каналов провести диагностику авиационных двигателей непосредственно на самолетах или увидеть качество обработки поверхностей в глубоких отверстиях, например, в винтовочных стволах.

Ключевые слова: оптическое волокно, световод, многоканальный коллектор, осветитель, эндоскоп.

Фирма осуществляет также ремонт всех видов и марок эндоскопических устройств.

УДК 629.7.054.07:621.375.826

ЩОДО МОЖЛИВОСТІ ВІДОБРАЖЕННЯ СИМВОЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ПОВІТРІ

Ігнатенко К.С., Коваль С.Т., Національний технічний університет України “Київський

Добре відомо, що локалізована світлова пляма може бути створена колімованим жмутом променів за допомогою, наприклад, прожектора або лазера, якщо на шляху жмута знаходиться не прозора перешкода, яка розсіює світло у зворотньому напрямку. Застосовуючи рух і модуляцію інтенсивності плями, можна на рівній поверхні екрану відтворювати статичні і динамічні символи і композиції, як це робиться у кінематографі чи проєкційних системах, і спостерігати все це на досить великій відстані. Але обов’язковою умовою при цьому є наявність екрану значного розміру і спеціальних приміщень, що можна вважати суттєвим недоліком.

З метою створення інформаційного табло великого розміру у вільному просторі пропонується ідея, за якою можна використати розсіювання оптичного випромінювання на аерозолях атмосфери лише в межах відносно малого світлового об’єму в повітрі. В нічний час світлова пляма, локалізована високо у повітрі, буде досяжна для спостереження великої кількості людей. Якщо ж забезпечити за допомогою керованих комп’ютером дефлекторів чи дзеркал відповідний рух світлової плями, то це дасть змогу зробити, наприклад, “безекранну” рекламу для великої аудиторії. Обговорюються принципи і методи створення локалізації світлової плями в довільній точці простору за допомогою системи синхронізованих лазерів.

Ключові слова: атмосферна оптика, оптична локація, розсіювання світла, розповсюдження лазерного випромінювання, реклама.

УДК 616.471

ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ГЕМОГЛОБІНА У БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИНАХ

Гуцина О.Г., Міхєєнко Л.А., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Важливим показником стану здоров’я людини є вміст у його крові та тканинах гемоглобіну та динаміка його зміни. Однак для більшості існуючих методів визначення вмісту гемоглобіну необхідно брати проби крові пацієнта з наступною процедурою її обробки. В роботі аналізується прилад, який дозволяє робити аналіз неінвазивно, тобто без механічного проникнення в тканину і без її ушкодження.

Вимірювання проводиться спектрофотометричним методом, який базується на наявності у гемоглобіну характерних смуг поглинання у синій та червоній областях спектру, на відміну від інших компонентів тканини. У інфрачервоній області спектру біологічні тканини майже не поглинають випромінювання. Тому при неінвазивному визначенні вмісту гемоглобіну на тканину направляється випромінювання на двох довжинах хвиль. Одна з них співпадає з смугою пог-

линання гемоглобіну (вимірювальна довжина хвилі), а інша лежить за смугою поглинання (опорна довжина хвилі). По відношенню двох сигналів на цих довжинах хвиль і судять про концентрацію гемоглобіну.

На людському тілі мало ділянок, що дозволяють робити вимірювання “на просвіт”, причому в різних людей вони мають свою товщину. Результат вимірювання залежить не тільки від вмісту гемоглобіну, але і від морфології відповідної ділянки тіла. У зв'язку з цим, запропонована схема вимірювання “на відбиття”, відповідно до якої монохроматичним пучком світла опромінюється тканина у визначеному місці шкіри. Частина випромінювання після багаторазових розсіювань на оптичних неоднорідностях тканини дифузно відбивається від неї і виходить у виді розмитої плями назад.

У приладі використана фокусуюча оптична система на основі широкопольного лінзового авторефлектора темного поля для здійснення прийому виключно розсіяної компоненти відбитого від об'єкта потоку випромінювання. Така система більш раціональна з точки зору зменшення рівня шумів та фонового випромінювання і отримання максимальної чутливості. З цією ж метою використовується низькочастотна модуляція освітлення біологічного об'єкта.

Ключові слова: гемоглобін, спектрофотометричний метод, смуга поглинання, фокусуюча оптична система.

УДК 681.7.013.8

ЮСТУВАННЯ СТЕНДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ОПФ ОБ'ЄКТИВІВ

¹Овчар М.І., ¹Гураль Т.І., ²Кучеренко О.К., ¹Казенне підприємство «Центральне конструкторське бюро «Арсенал», Київ, Україна, ²Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Стенд для вимірювання оптичної передавальної функції (ОПФ) об'єктивів є метрологічною установкою, яка повинна в повній мірі задовільняти вимогам точності та метрологічної атестації. Одночасно треба відзначити, що стенд є нестандартизованим засобом вимірювань і питання його юстування треба вирішувати в залежності від конкретної схеми і конструкції. Найбільш перспективною схемою оптико-механічної частини стенду є схема з використанням позаосьового коліматора з дзеркальним параболічним об'єктивом. Переваги її полягають в універсальності щодо номенклатури об'єктивів, які можуть бути випробувані на цьому стенді.

На основі аналізу оптичної схеми, конструкції та умов роботи стенду авторами сформульована юстувальна задача, тобто виявлені характеристики стенду, на які діють похибки встановлення його деталей та вузлів. Проведене дослідження дозволило визначити основні конструкторські та юстувальні бази та сформулювати вимоги до точності їх взаємоорієнтування. Крім того були визначені діючі похибки вузлів стенду та знайдені їх передавальні функції, що до-

зволило теоретично обґрунтувати вимоги до точності юстувальних засобів та приладів контролю.

Встановлено, що основними юстувальними операціями є:

- визначення положення оптичної осі позаосьового параболічного дзеркального об'єктиву коліматора;
- встановлення оптичної осі об'єктиву коліматора паралельно направляючій оптичній лави стенду;
- суміщення оптичної осі об'єктиву коліматора з віссю освітлювача та одночасне юстування системи освітлювача;
- усунення паралаксу та децентрування тест-об'єкту коліматора;
- юстування об'єктивотримача, в який встановлюються об'єктиви для випробувань;
- юстування візуального каналу;
- юстування вузла фотоприймального блоку.

На основі проведеного аналізу розроблена раціональна послідовність юстувань та запропоновані засоби усунення похибок стенду з необхідною точністю. Запропонована також методика контролю параметрів стенду, що дозволила прямо, або опосередковано, визначити значення залишкових похибок.

Проведені дослідження можуть бути використані розробниками та використовувачами оптичної випробувальної стендової апаратури, що використовується в оптичному виробництві.

Ключові слова: вимірювальний стенд, оптична передавальна функція, юстування, метрологічна атестація.

УДК 535.21

ДО ВИБОРУ КРИТЕРІЮ РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

¹⁾Колобродов В.Г., ¹⁾Овечкін В.С., ²⁾Лихоліт М.І., ¹⁾ Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна, ²⁾“КП” ЦКБ “Арсенал”, м. Київ, Україна

На сьогоднішній день дуже широко використовуються системи, що працюють в інфрачервоній (ІЧ) області спектра для розпізнавання наземних і повітряних цілей. Розпізнавання проводиться оператором, тому необхідно враховувати особливості сприйняття зображення цілі на екрані відеооглядового пристрою (ВОП) зоровим аналізатором (ЗА) людини. Тому інтерпретація зображення об'єкта носить ймовірносний характер і залежить від цілого ряду параметрів: характеристик об'єкта спостереження (відношення сигнал/шум, контрасту, кутових розмірів, форми, розміщення, орієнтації і швидкості руху по екрану); характеристик зображення на екрані (яскравості фону, щільності і складності перешкод, розмірів екрана); характеристик тепловізійної системи спостереження (ТСС) (передаточної функції і пов'язаних з нею критеріїв розділення, частоти

кадрів, розділення екрана, передачі сірої шкали градацій яскравості, динамічного діапазону); характеристик спостерігача (особливостей зору, тренуваності, інтелекту). Було розроблено багато критеріїв розпізнавання тепловізійних зображень. Серед них найбільш відомі: критерій Джонсона, критерій Ллойда, критерій за стандартом NATO 4247, Національна Інтерпретаційна Оцінювальна Шкала Зображень (NIIRS). Критерії дають уяву при якій саме якості і величині зображення на екрані ВОП оператор спроможний розпізнати об'єкт. Критерії Джонсона і Ллойда були розроблені ще у 50-70х роках ХХ століття, тому вони поступово замінюються більш досконалыми і точними критеріями, такими як NIIRS і у стандарті NATO 4247.

Нами було розглянуто відомі критерії і відзначено, які ж переваги і недоліки мають відомі критерії розпізнавання. Найбільш прогресивним критерієм є NIIRS. Цей критерій передбачає вплив як технічних характеристик ТСС, так і психофізичних властивостей оператора. Тому саме цьому критерію приділяється найбільше уваги у сучасній науці. Однак, на сучасному етапі неможливо врахувати вплив усіх параметрів на сприйняття зображення ЗА оператора. Адже сприйняття зображення ЗА має складну нелінійну залежність і досліджується багатьма вченими і донині. Сучасні критерії дають результати дуже близькі до експериментальних даних.

Розгляд критеріїв допоміг висунути вимоги до сучасного критерію розпізнавання та визначити вплив на максимальну дальність розпізнавання.

Ключові слова: тепловізор; критерії розпізнавання; ймовірність розпізнавання.

УДК 528.7:629.78

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОСМИЧЕСКИХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СКАНЕРОВ

Колобродов В.Г., Михеенко Л.А., Микитенко В.И., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

В ходе предполетной аттестации космических сканеров, предназначенных для дистанционного зондирования Земли, проводятся измерения их энергетических и пространственно-временных характеристик. В настоящее время в Украине не существует методик и оборудования для измерения характеристик первой группы. Авторы предложили соответствующее схемотехническое решение [1]. Однако, для его реализации необходимо решить ряд научных и технических проблем.

Данный доклад посвящен исследованиям метрологических и фотометрических характеристик интегрального излучателя, который используется для измерения функции передачи сигнала сканера. Для этого была построена математическая модель и проведено численное моделирование. Установлено, что для интегрального излучателя в виде последовательно расположенных на оптической оси тела накала и рассеивающей площадки:

- градуировочная характеристика в ближней зоне существенно отличается от этой характеристики в дальней зоне;
- распределение яркости излучающей площадки существенно нелинейно по поверхности и зависит от расстояния между телом накала и площадкой;
- перенос измерений в дальнюю зону сопровождается значительным уменьшением динамического диапазона и увеличением требуемой мощности излучателя.

Разработаны рекомендации по практическому изготовлению интегрального излучателя.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, пространственно-временные характеристики, интегральный излучатель, численное моделирование.

Литература

1. Колобродов В.Г., Микитенко В.И., Міхеєнко Л.А. Стендова апаратура для вимірювання енергетичних характеристик оптико-електронних приладів космічного базування // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. - 2003. - №3. - С.98–104.

УДК 629.7.018

МОНОБЛОЧНЫЙ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИЙ ВИЗИР МАЛОГО УВЕЛИЧЕНИЯ

¹⁾Сенаторов Н.В., ²⁾Микитенко В.И., ¹⁾Казенное предприятие «ЦКБ «Арсенал», г. Киев, Украина, ²⁾Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

Современная теория оптических систем рассматривает толстую телескопическую линзу как оптический элемент, который используется в составе сложных приборов либо в учебных целях. В то же время при усложнении конструкции она может использоваться как телескопический визир (ТВ) галилеевского типа в моноблочном исполнении.

Цель данного исследования – разработка методики габаритного расчёта моноблочного ТВ и оценка достижимых характеристик (увеличения, поля зрения и качества изображения).

С целью создания вспомогательного оптического канала для ввода в поле зрения визирной сетки, на первую преломляющую поверхность линзы радиуса r_1 предлагается нанести светоделитель. При этом в обратном ходе лучей эта поверхность становится зеркальным объективом, фокусное расстояние которого составляет $r_1/2$. Сетка наносится на вторую преломляющую поверхность радиуса r_2 в виде светоотражающих штрихов, которые освещаются естественным светом через светоделитель и боковую полированную поверхность моноблока или искусственным источником через торец линзы. При использовании стекла марки ТФ10, у которого $n_e = 1,8138$ [4], получаем максимальное увеличение ТВ равным $1,41^x$. Рабочие формулы для габаритного расчёта моноблочного ТВ имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}r_1 &= 1,543 d; \\r_2 &= 1,094 d; \\f'_3 &= 0,709 d; \\m' &= 0,709 d; \\tg\beta &= 0,5028 m / (t + 0,391 d),\end{aligned}$$

где d – толщина линзы по оптической оси, f'_3 – фокусное расстояние в канале визирной сетки, m' – зона, в пределах которой оператор не теряет из поля зрения изображения визирной сетки, 2β – поле зрения ТВ, $2m$ – диаметр линзы, t – удаление глаза от визира.

Предложенная методика позволяет проводить габаритный расчёт и оценивать качество изображения ТВ в моноблочном исполнении. Такое исполнение решает проблемы запотевания внутренних оптических поверхностей при перепаде температуры и разюстировки при жёстких условиях эксплуатации визира.

Ключевые слова: телескопический визир, поле зрения, качество изображения.

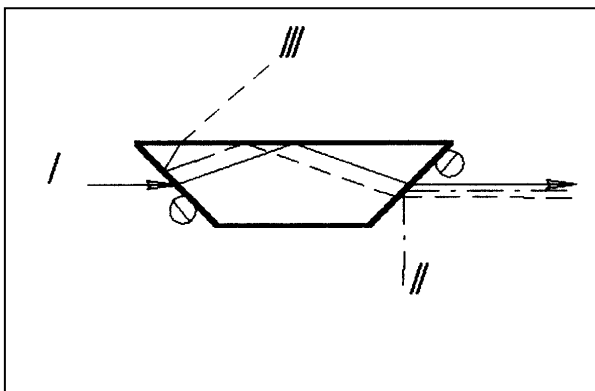
УДК 681.7.065.23

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЗМИ ДОВЕ В ЯКОСТІ СВІТЛОПОДІЛЮВАЧА

*Мазурін І.В., Соловійов Г.Я., Гордієнко В.І., Науково-виробничий комплекс
«Фотоприлад», м. Черкаси, Україна*

При роботі з виробами, де існує необхідність поділу або з'єднання світлових потоків, практично завжди виникає проблема сторонніх відблисків, викликаних природою світлоподілюючих елементів приладів.

Особливо помітно це виявляється в системах з малими робочими сигналами при реєстрації потоків, розсіяних об'єктами із малими коефіцієнтами розсіювання, зокрема, в офтальмологічних приладах для дослідження очного дна або сітківки. У цих виробках буває складно відокремити сигнал, відбитий об'єктом, від стороннього відблиску.



Так, при поділі пучків за допомогою традиційної призми-куба, що найчастіше використовується як світлоподілюваний елемент, виникають відблиски від поверхні, що перпендикулярна напрямку світлового потоку. Оцінка співвідношення світлових потоків від грані призми-куба і від сітківки ока людини показує, що відблискова частина потоку, яка приходить на устрій, що реєструє, може перевищувати потік, який відбивається і розсіюється сітківкою, приблизно в 5 – 10 разів, що, звичайно, неприпустимо.

що, звичайно, неприпустимо.

Плоскопаралельна пластина як світлоподілювач також має цілу низку недоліків. Як світлоподілювач можливо використовувати призму Дове.

На відміну від традиційних світлоподілювачів, робочі грані призми не рівнобіжні одна одній і не перпендикулярні напрямку робочих пучків, тому напрямки сторонніх відблисків не збігаються з напрямками потоку, що зондує, і корисного потоку. Крім цього, призма Дове дозволяє зводити світлові потоки з трьох напрямків в один або розділити робочий пучок на три різних (I-I, II-II, III-III – напрямки ходу пучків, що поєднуються або розділяються). Сторонні відблиски при цьому не виникають.

Належним вибором характеристик покриттів робочих граней призми Дове можна забезпечити в широких межах довільні співвідношення між розділеними потоками.

Призму Дове в якості світлоподілювача було застосовано в оптичній системі приладу для діагностики і вимірювання дефектів ока. Це дало можливість повного усунення відблисків в системі.

Ключові слова: світлоподілюючий елемент, призма Дове, очне дно, сітківка.

УДК 623.4.052.5: 623.4.023.43

СОГЛАСОВАНИЕ КАНАЛОВ НАБЛЮДЕНИЯ И ЛАЗЕРНЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ В КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ ПРИБОРАХ НАБЛЮДЕНИЯ И ПРИЦЕЛИВАНИЯ

*Соловьев Г.Я., Гордиенко В.И., Мазурин И.В., Замосенчук В.Н., Сухомлинов П.А.,
НПК «Фотоприбор», г. Черкассы, Украина*

В состав современных приборов наблюдения и прицеливания, как правило, входят каналы наблюдения и лазерные дальномеры (ЛД), содержащие излучающие и приемные каналы.

В работе рассмотрены факторы, влияющие на согласование осей при изготовлении и эксплуатации приборов, дан краткий обзор изделий с системами согласования каналов и контроля согласования, как правило, выпускаемых нашим предприятием.

Согласование осей канала наблюдения и излучающего канала ЛД за счет чисто конструктивных методов обеспечивается жесткостью конструкции с соблюдением необходимых требований.

В разработанном и изготовленном на нашем предприятии изделии И.256.10 конструктивные меры, принятые для обеспечения точности и стабильности положения осей визуального канала и излучающего канала ЛД, позволили добиться их согласования с погрешностью не более 1 угл. мин. в нормальных климатических условиях (НКУ) и не более 1,5 угл. мин. при предельных температурах эксплуатации.

В изделии 1А40 (ТПД-К1) кроме основной прицельной марки, находящейся на сетке в визирном канале, с помощью встроенного коллиматора с подсветкой

формируется независимая марка дальномера. Эта марка вводится в поле зрения визирного канала через спектроделительные пластины. Для измерения дальности до объекта на него наводится марка дальномера, а затем уже осуществляется наведение на объект основной прицельной марки. Коллиматор формирования дальномерной марки конструктивно размещается в непосредственной близости от блока лазерного дальномера, в результате чего жесткость и стабильность конструкции повышается, в результате чего величина рассогласования осей не превосходит 1 угл. мин.

В изделии 1Г46 реализована встроенная система согласования каналов (выверки). Приведена схема устройства выверки и описана ее работа. Результаты испытаний при изготовлении опытных образцов изделий и экспериментальные работы показали, что в нормальных климатических условиях (НКУ) можно обеспечить точность согласования не хуже 0,15 мрад (30 угл.сек.), а при механо – климатических воздействиях – до 0,2 мрад (40 угл.сек.).

Приведены особенности систем выверки в тепловизионных приборах наблюдения и прицеливания с лазерным дальномером.

Ключевые слова: канал наблюдения, канал излучения, лазерный дальномер.

УДК 520.35

СПОСІБ ЛІНЕАРИЗАЦІЇ ДИСПЕРСІЇ ПРИЗМОВОЇ СИСТЕМИ

Іванов Ю.С., Синявський І.І., Головна Астрономічна обсерваторія Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Складне випромінювання розкладається в спектр диспергуючою системою, що складається з заломлюючих призм або дифракційних ґраток.

Основним недоліком призмових систем є нерівномірність дисперсії, внаслідок чого спектр в короткохвильовій області виявляється розтягнутим, а в довгохвильовій – стислим.

Дифракційні ґратки вільні від цього недоліку. Поєднання лінійності дисперсії та високої роздільної здатності сприяє їх широкому застосуванню в спектральних приладах. В свою чергу вони мають свої недоліки - накладання спектрів різних порядків, невисока ефективність та обмежений спектральний діапазон.

В приладах з низькою роздільною здатністю, що працюють в широкому спектральному діапазоні, більш доречно застосування призм, але при використанні матричних приймачів зайве «розтягування» короткохвильової області призводить до суттєвого падіння ефективності приладу в цій ділянці.

В зв'язку з цим пропонуються призмові системи, які мають штучний (квазі)лінійний хроматизм та дають спектр зі зменшеною нерівномірністю дисперсії.

Нерівномірність дисперсії для заданого діапазону може бути зменшена при використанні комбінації з двох клинів, виготовлених з різних типів оптичного скла, при цьому клини повинні бути розвернуті один відносно одного.

Запропоновано методику попереднього вибору оптичних стекл з контраст-

ними характеристиками нерівномірності дисперсії. Всього було проаналізовано більше 70 стекол з каталогів ГОСТ 3514-76 та "Schott-2000". Базуючись на результатах попереднього вибору, обчислено значення кутів клинів а також повну дисперсію блоку. У підсумку було розглянуто $19^2 = 361$ пари та вибрані найбільш перспективні. Урахування при відборі термічного коефіцієнту розширення (ТКР) оптичних стекол дає можливість оцінити в подальшому можливість поєднання їх при склейці.

Ключові слова: призмова дисперсійна система, нерівномірність дисперсії, лінеаризація спектру.

УДК 520.2.06+681.7.015.05

ВИГОТОВЛЕННЯ ГЛИБОКОЇ ДЗЕРКАЛЬНОЇ АСФЕРИКИ ТРАЄКТОРНИМ КОПІЮВАННЯМ

Іванов Ю.С., Синявський І.І., Головна Астрономічна обсерваторія Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Виготовлення асферичної оптики є одною із проблем сучасного оптичного приладобудування, рішення якої забезпечує покращення якості зображення, підвищення оптичних характеристик, зменшення габаритних розмірів та маси оптичних приладів.

Відомо, що всі способи асферизації, пов'язані з траєкторним копіюванням, в кінцевому рахунку зводяться до забезпечення примусового переміщення інструменту по заданій складній траєкторії, яка відповідає профілю перерізу поверхні, що оброблюється.

Суттєвим їх недоліком є необхідність виготовлення точних шаблонів або складних механічних пристроїв, помилки яких впливають на точність отриманих виробів.

Застосування механізмів, складові частини яких здійснюють найпростіші робочі рухи (прямолінійні та обертові), а визначені точки переміщуються по заданих складних траєкторіях, дозволяє в принципі усунути недоліки, пов'язані з необхідністю виготовлення асферичних шаблонів. Такий підхід зумовлює значне спрощення технології та зменшення похибок, однак простий важільний копір дає помітну геометричну похибку через неоднаковий повздовжній хід кінців копіювального та виконавчого важелів.

В даній роботі запропонований спосіб часткової компенсації похибок, які виникають при траєкторному копіюванні.

Застосування цього методу на практиці дало змогу виготовлення за спрощеною технологією глибокої дзеркальної асферики (еліпсоїда), яка не має параксимальної області.

Виготовлені оптичні деталі використовуються в оптичному блоці Фур'є-спектрометра ГАО, а також в інших спектрометрах такого типу, що дало змогу

зменшити кількість оптичних поверхонь до одної та суттєво зменшити габарити оптичного блоку, а також збільшити відношення сигнал/шум.

Ключові слова: глибока дзеркальна асферика, траєкторне копіювання, похибки копіра.

УДК 621.376.4

ФАЗОМЕТРЫ СВЧ-ДИАПАЗОНА ДЛЯ СВЕТОДАЛЬНОМЕРНЫХ СИСТЕМ

Манак И.С., Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Инжекционные лазеры являются эффективными источниками излучения для локационных, навигационных и светодальномерных систем. По сравнению с другими приборами квантовой электроники они выгодно отличаются легкостью управления длиной волны генерации, высокими быстродействием и эффективностью преобразования подводимой энергии в излучение, которое может быть промодулировано в СВЧ-диапазоне непосредственно путем модуляции тока накачки через р-п переход.

Указанные свойства лазерных диодов в сочетании с особенностями работы приемников излучения с внешним и внутренним фотоэффектом в режиме электрического гетеродинамирования позволили разработать уникальные по своим свойствам фазометры СВЧ-диапазона для светодальномерных систем. Принцип гетеродинамирования, широко распространенный в радиоприемных устройствах, применяется также и в фотоэлектрических системах, с тем лишь отличием, что в радиоприемных устройствах при гетеродинамировании изменяется частота несущей, а в случае света – частота модуляции. Из возможных режимов работы фотоэлектронных фотоумножителей остановимся на режиме фазового детектирования.

Уравнение фазовой характеристики фотоэлектрического приемника, работающего в режиме фазового детектирования, дается выражением

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_0}{2} (k + 1) \left(1 + \frac{2m}{\pi} \frac{1 - k}{1 + k} \cos \psi \right),$$

где $I_{\text{ср}}$ – средний ток на выходе ФЭУ; I_0 – ток в анодной нагрузке ФЭУ в отсутствие гетеродинамирования; ψ – сдвиг фаз между напряжением гетеродина и сигнала; m – глубина модуляции оптического потока; $k = \cos \theta / 2$ – коэффициент, характеризующий режим отсечки, а θ – угол отсечки анодного тока.

Разработаны практические схемы фазовых детекторов для светодальномерных систем на основе лазерных диодов, работающих в импульсном и непрерывном режимах, и ФЭУ в режиме фазового детектирования, реализующих экстремальный и парафазный способы, а также способ с квазикоммутацией фазы на 180° . В последнем случае погрешность измерения фиксированного сдвига фаз при частоте модуляции 600 МГц не превышала $3'$, что соответствует временному разрешению $\sim 2,5 \cdot 10^{-13}$ с.

Ключевые слова: гетеродинирование, светодальномерные системы, лазер.

УДК 621.378

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Манак И.С., Колесников В.М., Буйкевич А.Г., Штыров А.А., Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Среди способов определения поляризационных характеристик излучения простотой и практической реализуемостью выделяется метод Стокса, известный достаточно давно, однако возможности его практической реализации далеко не исчерпаны. Основным преимуществом рассматриваемого метода является то, что четырехпараметрический вектор Стокса, дающий полную информацию о поляризационных характеристиках излучения, физически интерпретируется соответствующими интенсивностями излучения, и в конечном итоге легко реализуется возможность их экспериментального измерения.

Учет влияния на поляризационные характеристики излучения различных оптических элементов, с которыми излучение взаимодействует, производится с привлечением матричного формализма Джонса или Мюллера.

Определение параметров Стокса проводится по шести независимым измерениям интенсивностей: 1 – измерение полной интенсивности эллиптически поляризованного излучения (I_1); 2 – измерение интенсивности линейно поляризованной компоненты излучения с горизонтальной ориентацией (I_2); 3, 4 – измерение интенсивностей линейно поляризованных компонент излучения с ориентацией под углом $\pm \pi/4$ к горизонту (I_3, I_4); 5, 6 – измерение интенсивностей циркулярно поляризованных компонент правого и левого вращения (I_5, I_6).

Для формирования шести каналов измерения предлагается пространственное разделение пучка с помощью модернизированной призмы Кестерса, позволяющей плавно изменять состояния поляризации по апертуре призмы, что дает возможность осуществить выбор положения блока приемников излучения для формирования шести интенсивностей при введении в ход лучей в двух каналах $\lambda/4$ -пластинок с необходимой ориентацией осей.

Степень поляризации определяется соотношением $P = (S_1^2 + S_2^2 + S_3^2)^{1/2} / S_0$, где S_0, S_1, S_2, S_3 , – полная интенсивность эллиптически поляризованной волны, разность ортогонально поляризованных компонент интенсивностей входного излучения; разность интенсивностей ортогональных компонент в линейном базисе, повернутом на $\pm \pi/4$, разность интенсивностей циркулярно поляризованных компонент с противоположным направлением вращения соответственно.

Ключевые слова: поляризация, измерение, излучение, лазер.

УДК 681. 51:57

**ПРИНЦИПИ І МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ОБРАЗНО-ЗНАКОВИХ
МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ
СИСТЕМ „ЛЮДИНА-МАШИНА”**

*Бойко Т.А., Бойко Є.О., Черкаський державний технологічний університет,
м. Черкаси, Україна*

Мета розробки образно-знакових моделей документів ергономічного проектування – привести до формалізованого виду представлення інформаційних моделей систем ”людина-машина” (СЛМ), документування результатів ергодизайнерських досліджень для можливості подальшого загального опрацювання існуючими методами проектування, представлення розроблених ергономічних концепцій у вигляді проектних рішень, зрозумілих і доступних усім учасникам проекту – спеціалістам, замовникам, користувачам.

Формулювання вимог до умовно-графічних позначень (УГП) документів ергономічного проекту:

1) синтезуються з відомих типових елементів, застосовних в системі УГП системи ЄСКД (принцип аналогії);

2) повинні мати характерні ознаки, які б відразу виділяли їх зі загальновідомих УГП (метод зворотного синтезу);

3) однозначно і беззаперечно вказують на призначення даних елементів – відображувати присутність в процесі проектування вимог забезпечення функціонування людського фактору (метод формалізації);

4) форма нових УГП повинна бути лаконічною, легкою до сприйняття і зручною у виконанні (антропоцентричний підхід).

Авторами розроблені і опрацьовані образно-знакові моделі «Схема інформаційних потоків ергономічна структурна I Erg 1», «Схема інформаційних потоків ергономічна функціональна I Erg 2», «Схема інформаційних потоків ергономічна принципова I Erg 3», «Креслення загального виду ергономічне» та «Схема алгоритму діяльності оператора», які дають можливість показати розподіл інформаційних потоків в СЛМ, «прив’язати» конструкцію до діяльності ЛО. Розроблені універсальні форми виконання документів ергономічного проектування дозволяють :

а) візуалізувати результати ергодизайнерських досліджень;

б) виконувати аналіз і перевірку ергономічного проекту у відповідності з рекомендаціями стандарту ДСТУ ISO 9001–95;

в) проводити аналіз і оптимізацію конструкції розроблюваних приладів за ергономічними показниками якості виробів на різних стадіях проектування.

Ключові слова: образно-знакова модель, ергономічне проектування, інформаційна модель, система ”людина-машина”, документування.

УДК 621

СИСТЕМА СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ МАРКИРОВКИ И ГРАВИРОВКИ

*Сингатуллин Р., Кикоть В., Научно-инженерный центр «СКАНЕР», г. Черкассы,
Украина, тел./факс(8-0472) 45-52-43, E-mail: scanner@ck.ukrtel.net*

Разработанное оборудование является результатом многолетнего опыта работы специалистов фирмы в областях расчета и изготовления оптических элементов и систем, лазерной маркировки и гравировки, проектирования электро-механических устройств и программного обеспечения. Предлагается система сканирования в составе:

- оптическая головка сканирования сфокусированным лазерным пучком (рабочее поле 100x100мм. и 200x200мм.);
- коллиматор лазерного пучка с программно-задаваемыми апертурой и Z-координатой;
- система управления дефлекторами;
- «пилотный» лазер (0.65 мкм) обозначающий, при необходимости, контур маркировки или имитирующий маркировку;
- программное обеспечение “ScanVisor”.

Обеспечена возможность согласованной работы системы сканирования с любым оборудованием по желанию заказчика (станки ЧПУ, конвейеры и т.п.). Как пример конкретной реализации приводится **Комплекс лазерной маркировки многофункциональный ММК-200** с использованием стола АП-400 и системы управления Микролид.

Состав комплекса

1. Лазер Nd-YAG с системой питания и управления.
2. Коллиматор лазерного пучка с программно-задаваемыми апертурой и Z-координатой.
3. Оптическая головка сканирования сфокусированным лазерным пучком.
4. Система управления дефлекторами.
5. «Пилотный» лазер ($\lambda=0.65$ мкм), обозначающий, при необходимости, контур маркировки или имитирующий маркировку.
6. Прецизионный координатный стол на аэростатических опорах.
7. Система управления столом.
8. Объектив для лазерной резки.
9. Телевизионный канал для прецизионного наведения, измерения и наблюдения.
10. Компьютер.
11. Программное обеспечение “ScanVisor +” для совместной работы координатного стола и головки сканирующей.

Возможности комплекса

- Маркировка через сканирующую головку плоских горизонтальных и наклонных поверхностей с перепадом высоты до 100мм. и размером 200X200 мм.

- Маркировка через сканирующую головку сферических и цилиндрических поверхностей с перепадом высоты до 100мм. и размером 200X200 мм.

- Маркировка через сканирующую головку совместно с координатным столом за одну установку поверхностей размером до 500X600 мм.

- Резка через объектив деталей любой конфигурации из стали толщиной до 0,8 мм. размером 400x500мм.

Основные функции программного обеспечения “ScanVisor”

- Обработка файлов форматов bmp, dxf, plt (PCAD), plt (HPGL), ISO (ЧПУ).

- Осуществляет коррекцию геометрических искажений изображения, вносимых аппаратной частью (дефлекторами, оптической системой, неточностью юстировки) вплоть до получения требуемой точности.

- Осуществляет геометрические преобразования (масштабирование, развороты, смещение нулевой точки, зеркальное отображение, ввод текста, задание счетчиков деталей и т.п.).

- Дает возможность динамически (по ходу отработки программы маркировки) изменять технологические параметры комплекса (апертуру пучка, плоскость фокусировки, частоту модуляции, ток накачки и т.д.).

- Позволяет создавать библиотеку технологических режимов.

Ключевые слова: маркировка, сканирование, лазер.