

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕВІЗІЙНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ

© 1998, В.А. Порев, Ф.М. Тавальбех

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

В статті описано автоматизований комплекс, який використовується для експериментальних досліджень характеристик телевізійних засобів контролю оптичних полів, утворених власним або відбитим чи пропущеним випромінюванням.

Серед всього розмаїття сучасних засобів неруйнівного контролю провідне місце, причому з великими перспективами належить телевізійним засобам контролю (ТЗК).

ТЗК визначаються, як сукупність оптичних, електронних та обчислювальних пристроїв, призначених для формування та аналізу зображення, утвореного оптичним випромінюванням.

Основною кількісною характеристикою оптичного випромінювання, утвореного потоком з поверхні елементарного об'єму в тілесний кут, який спирається на вхідну апертуру, може бути функція яскравості $L(x, y, t, \lambda)$, аналіз якої в межах її завдання може виконуватись інтегрально або шляхом виборки (формування сукупності відліків в регулярно розташованих точках), що визначається системотехнікою власне приладів аналізу і здійснюється за рахунок розгортання (сканування).

Фізично робота ТЗК базується на послідовності перетворень вхідного сигналу (вхідного зображення), а кінцевою ланкою цієї послідовності перетворень є яскравість екрану приймального пристрою (вихідне зображення) або цифровий сигнал, пропорційний амплітуді вхідного сигналу (цифрове зображення).

В найбільш загальному вигляді формування зображення здійснюється за такою структурною схемою (рис.1).

Світлоелектричний перетворювач (СЕП) перетворює вхідне зображення в електричний сигнал (сигнал розгортання). Цей сигнал форму-

ється в блоці формування і передається на вхід електросвітлового перетворювача (ЕСП), де і утворюється вихідне зображення. Аналіз вхідного зображення може відбуватися шляхом дослідження електричного сигналу чи вихідного зображення.

Перетворення яскравості зображення в первинні відеосигнали проводиться малими ділянками чутливої площини – елементами розкладу. В сучасній науково-технічній літературі використовується також термін "піксел" (англ. скор. picture element).

Розміри елемента розкладу (піксела) визначається типом СЕП і коливаються в межах від одиниць мкм (ПЗЗ) до десятків мкм (передавальні телевізійні трубки типу відікон). Отже, фактично СЕП являє собою упорядковану матрицю, складену з великої кількості мікроприймачів. Ця обставина разом з малим (десятки мілісекунд) часом формування сигналу від усієї матриці є принциповою особливістю ТЗК, яка відкриває перед ним широкі перспективи впровадження в наукові дослідження та технологічну практику.

Очевидно, що ефективно застосовувати ТЗК можна тільки маючи повну і достовірну інформацію про його характеристики.

Сукупність характеристик того чи іншого технічного засобу відображає призначення засобу, його особливості, а також усталені уявлення про місце даного засобу серед його аналогів. Такий підхід видається цілком слушним і може бути використаний при формуванні переліку характеристик ТЗК, які підлягають

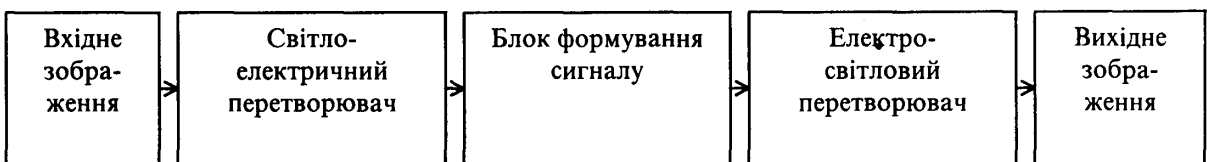


Рис.1. Структурна схема процесу формування зображення

експериментальному дослідженню з метою з'ясування його придатності для аналізу оптичних полів.

Отже, маючи на меті експериментальне встановлення діапазонів можливого використання ТЗК, погодження параметрів вхідних сигналів з параметрами ТЗК, сформулюємо такий перелік характеристик: функція передачі модуляції (ФПМ), роздільна здатність, діапазон лінійності, нерівномірність чутливості, ефективна довжина хвилі, яка характеризує спектральні властивості ТЗК. При цьому встановлення таких характеристик, як нерівномірність чутливості, діапазон лінійності, ефективна довжина хвилі повинна передувати дослідженню ФПМ та роздільної здатності.

ФПМ вважається найбільш загальним критерієм якості і визначається, як сукупність коефіцієнтів передачі в робочому діапазоні просторових частот. Необхідність визначення ФПМ (точніше, сукупності ФПМ) для даного ТЗК не викликає сумніву. По ФПМ визначається роздільна здатність і вихідний контраст.

Підсумкова нерівномірність чутливості по мішені СЕП, яка є наслідком сукупної дії багатьох факторів, визначає придатність приладу до використання в задачах аналізу оптичних полів, і підлягає обов'язковому визначенню на початковій стадії досліджень. Процедура визначення нерівномірності така: кожний елемент розглядається як незалежний від інших, і при певному і постійному значенні освітленості вимірюється значення сигналу A_{ki} , де k, i – номери елементу в строчці і номер строчки. Визначається максимальне значення A_{omax} і утворюється масив чисел $A_{omax}/A_{oki} = C_{ki}$. Числа C_{ki} є ваговими коефіцієнтами матриці. В подальшому вихідний сигнал визначається за формулою

$$A_{ki} = A_{ki} \cdot C_{ki}, \quad (1)$$

де A_{ki} – поточне значення сигналу з елемента k, i .

Діапазон лінійного перетворення вхідних сигналів відноситься до найважливіших характеристик ТЗК і визначається, як частина передаточної характеристики, в межах якої відношення приросту сигналу ΔU до приросту освітленості мішені $\Delta E'$ є величиною постійною. Визначення ж передаточної характеристики взагалі зводиться до побудови експериментальної залежності $U(E')$. Якщо не ставиться задача дослідження анізотропії чутливості, то доцільно обмежитись значенням передаточної характеристики для параксіальної області, оскільки в цьому випадку можна не зважати на падіння

освітленості на периферійних ділянках мішені. Алгоритм визначення діапазону лінійності зображений на рис.2.

Визначення ефективної довжини хвилі ТЗК забезпечує правомірність використання як самої формули Планка, так і тих співвідношень, що з неї випливають для оцінок перетворень реальних сигналів в реальних системах. Отже, методично обгрунтоване використання ТЗК для кількісного аналізу температурних полів, утворених власним випромінюванням, можливе тільки після встановлення величини λ_e . Ефективна довжина хвилі визначається одночасно із встановленням діапазону лінійності за формулою

$$\lambda_e = \frac{C_2 [T_1^{-1} - T_2^{-1}]}{\ln U(T_2) - \ln U(T_1)}. \quad (2)$$

де C_2 — постійна із закону Планка, $1.44 \cdot 10^4$ мкм·К, $U(T_1)$, $U(T_2)$ — сигнали при температурі, відповідно, T_1 і T_2 .

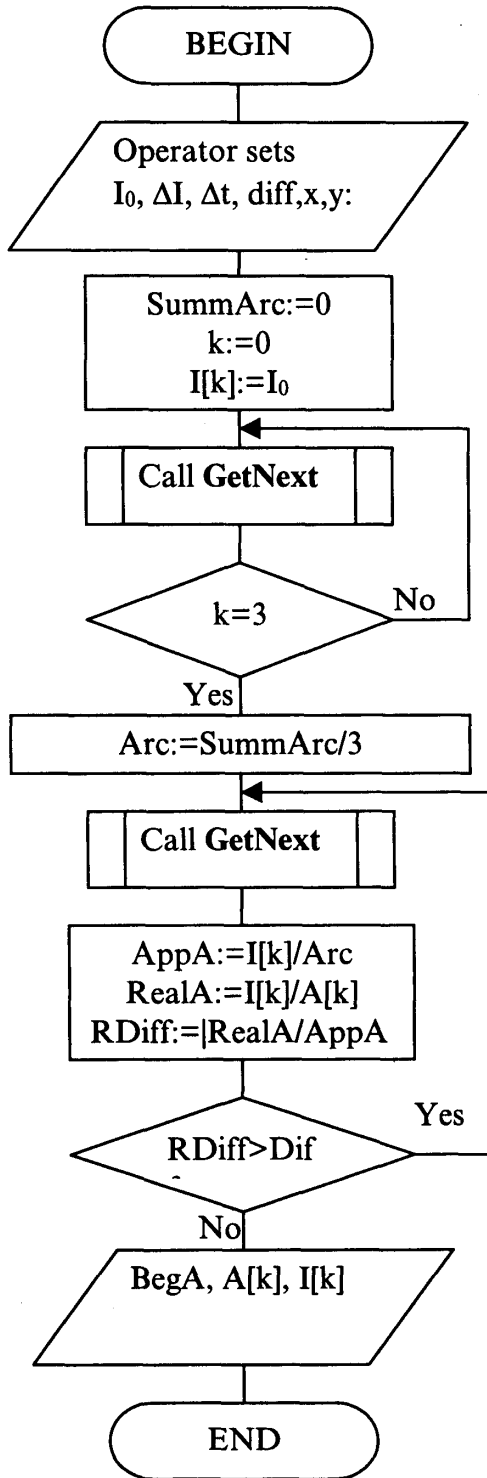
Структурна схема розробленого нами комплексу для експериментальних досліджень ТЗК на основі відіконів та ПЗЗ подана на рис.3. Особливістю автоматизованого комплексу є використання елемента розкладу зображення самого ТЗК як аналізатора зображення, а формування вхідного та аналіз вихідного сигналів виконується за допомогою комп'ютера. При визначенні ФПМ роль тест-об'єкту може відігравати край напівплощини або прямокутна міра з подальшим використанням формули Кольтмана для визначення коефіцієнту передачі $G(f_x)$ на просторовій гармоніці f_x , яка має такий вигляд

$$G(f_x) = \frac{\pi}{4} \left[G_n(f_x) + \frac{1}{3} G_n(3f_x) - \frac{1}{5} G_n(5f_x) + \frac{1}{7} G_n(7f_x) + \dots \right] \quad (3)$$

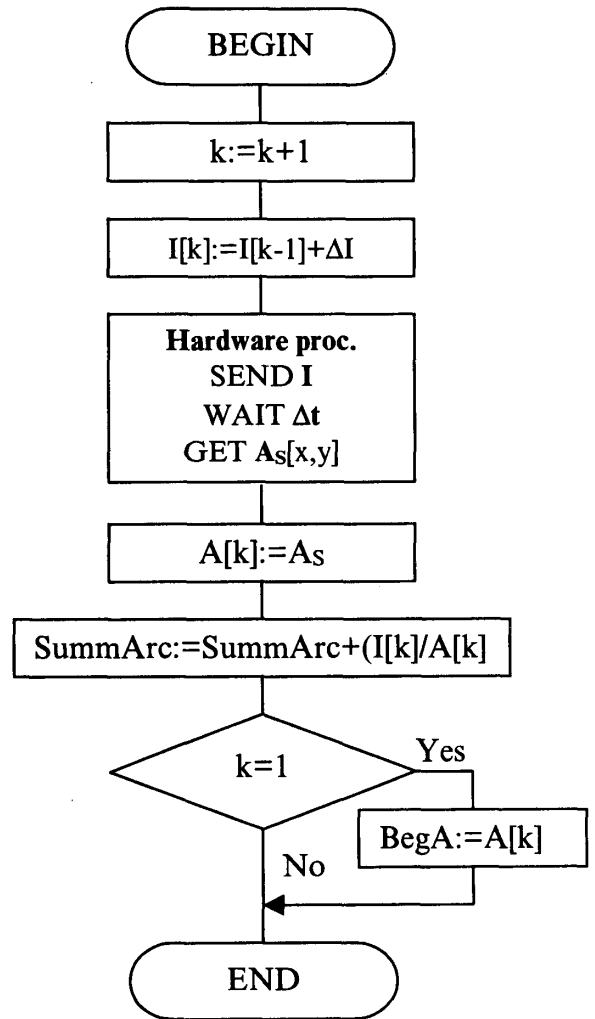
де G_n – коефіцієнти передачі, які визначаються з використанням прямокутних тест-об'єктів відповідної просторової частоти.

За рахунок програмного забезпечення досягається велика гнучкість методу — програмна корекція умов експерименту, розрахунок будь-яких характеристик, автоматизована обробка та зручне представлення результатів, накопичення, зберігання і використання бібліотеки даних.

Зробимо деякі зауваження стосовно характеру тест-об'єкта. В [1] виконано аналіз найбільш поширених в світовій практиці мір і показано, що жодна з них не може задовольнити всіх вимог, найголовнішими серед яких є забезпечення значного діапазону просторових частот, невеликий крок дискретизації, зручність в експлуатації.



a)



б)

Рис.2. Алгоритм визначення діапазону лінійності ПАОПЕРЗ.

а) — базовий алгоритм, б) — процедура *GetNext* отримання наступного значення *A* та *I*.
 I_0 — початкове значення струму, ΔI — крок зміни величини струму, Δt — час очікування реакції,
 x, y — координати точки опорного сигналу.

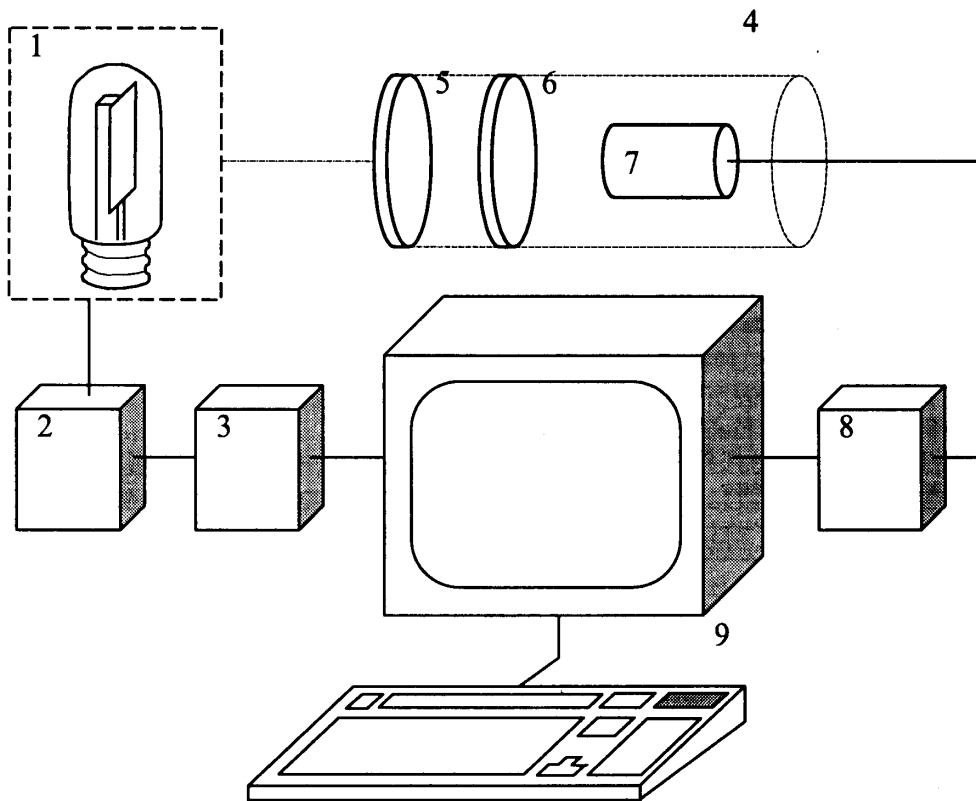


Рис. 3. Структура автоматизованого комплексу: 1 — лампа СИ10-300; 2 — стабілізований блок живлення; 3 — блок керування; 4 — передавальна камера; 5 — фільтр; 6 — об'єктив; 7 — СВП; 8 — пристрій введення відеосигналу в комп'ютер; 9 — комп'ютер.

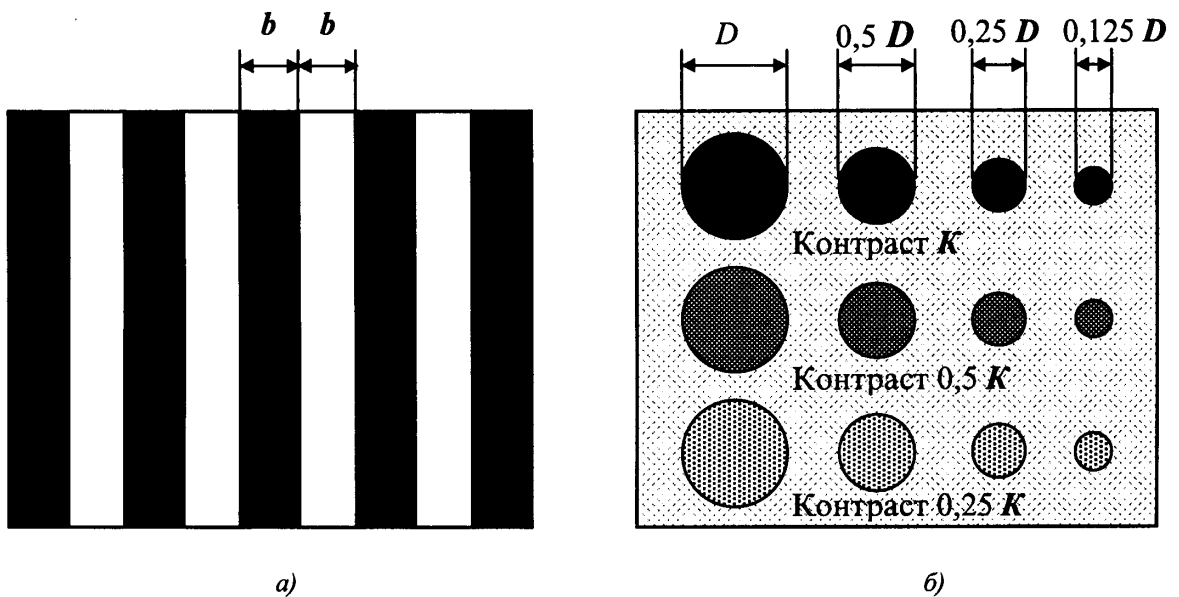


Рис. 4. Тест-об'єкти для визначення ФПМ та роздільної здатності: а) штриховий, б) за А.Роузом.

Зазначається також, що результати можуть залежати від типу використаних мір. Історично склалося так, що найчастіше використовуються штрихові міри. При застосуванні штрихової міри (рис.4а) результат визначення ФПМ, а отже, і роздільної здатності, яка визначається як точка перетину ФПМ та кривої порогової модуляції, не залежить від кількості штрихів при $n = 7$, а вже при $n = 5$ похибка досягає 1%.

По-друге, той факт, що штрихова міра з шириною смуги b розрізняється при заданому значенні контрасту, не означає взагалі, що за таких самих умов буде розрізнятися і окремий елемент з характерним розміром b . Уперше на цю обставину звернув увагу А. Роуз, який запропонував для досліджень роздільної здатності використовувати тест-об'єкт, зображений на рис.4б — тестова картинка складається з круглих об'єктів, діаметри яких зменшуються по горизонталі, наприклад, у геометричній прогресії із знаменником 2, а контраст змінюється за таким же законом по вертикалі. За А. Роузом, використання тест-об'єкту типу зображеного на рис.4б характеризує саме роздільну здатність системи.

При експериментальному дослідженні ФПМ ТЗК на базі відікону та ПЗЗ доцільно обмежити кількість членів у формулі (1).

Виходимо з того, що діапазон просторових частот у цьому випадку обмежений величиною біля 30 мм^{-1} . А це означає, що вже четвертий член у формулі (3) буде мало відрізнятися від нуля. Тому для практичних потреб формулу Кольмана можна використовувати у такому вигляді

$$G(f_x) = \frac{\pi}{4} \left[G_n(f_x) + \frac{1}{3} G_n(3f_x) - \frac{1}{5} G_n(5f_x) \right]. \quad (4)$$

У телевізійних системах під величиною коефіцієнта передачі контрасту розуміють його нормоване значення, тобто

$$G_n^*(f_x) = \frac{K_{\text{внх}}(f_x)}{\eta K_{\text{вх}}(f_x)}, \quad (5)$$

де η — коефіцієнт підсилення контрасту; $K_{\text{вх}}(f_x)$, $K_{\text{внх}}(f_x)$ — вхідний та вихідний контрасти.

На початку експерименту проводимо нормування, яке полягає в визначенні величини η . Зробити це можна у такий спосіб. За визначенням, нормований коефіцієнт передачі для близької до нуля просторової частоти f_{x0} дорівнює одиниці

$$G_n^*(f_{x0}) = \frac{K_{\text{внх}}(f_{x0})}{K_{\text{вх}}(f_{x0})} = 1. \quad (6)$$

Отже,

$$\eta = \frac{K_{\text{внх}}(f_{x0})}{K_{\text{вх}}(f_{x0})}. \quad (7)$$

Взагалі, значення η в такий спосіб може бути визначене тільки для нульової просторової частоти. Але з цією метою можливе використання тест-об'єкту на просторовій частоті f_{x0} , що знаходиться із співвідношення $f_{x0} = 0,05 \overline{f_x}$, де $\overline{f_x}$ — частота, на якій коефіцієнт передачі дорівнює половині відомого максимального значення, тобто $G_n(\overline{f_x}) = 0,5$.

Структура автоматизованого комплексу та програмне забезпечення дозволяють дослідити сукупність характеристик ТЗК, які визначають його придатність для аналізу оптичних полів, утворених власним або відбитим чи пропущеним випромінюванням.

1. Артишевский В.И., Градобоев В.М. Стандартные миры для определения фотографической разрешающей способности объективов // Оптико-механическая промышленность. 1975. № 11. С.54-58.