

Міністерство освіти і науки України  
Державний Університет Телекомунікацій  
Кафедра радіотехнологій

## **Лекція 7**

з дисципліни: „Основи телебачення та телевізійні системи”  
на тему: „Конструктивні особливості телевізійної апаратури ”

**Доцент Пархоменко В.Л.**

Київ 2014

## **1. Конструктивні особливості телевізійної апаратури.**

- 1.1. Історія розвитку телебачення.
- 1.2. Принципи передачі відео зображення.
- 1.3. Принципи передачі відео зображень рухомих об'єктів.
- 1.4. Узагальнена структурна схема телевізійної системи.
- 1.5. Способи розгортки зображення.
- 1.6. Основні параметри розкладу зображення і відеосигналу.
- 1.7. Види модуляції, які використовуються в телебаченні.
- 1.8. Сприйняття кольору.
- 1.9. Основні закони змішування кольорів.
- 1.10. Класифікація давачів ТВ сигналів.
- 1.11. Принцип накопичення світлової енергії.
- 1.12. Передавальні трубки з фотодіодним шаром.
- 1.13. Передавальні трубки з електронним перенесенням зображення.
- 1.14. Твердотільні здавачі.
- 1.15. Давачі сигналу для кольорового телебачення.
- 1.16. Класифікація відтворювальних пристроїв.
- 1.17. Кінескопи чорно-білого телебачення
- 1.18. Електронний прожектор.
- 1.19. Кінескопи кольорового телебачення.
- 1.20. Загальні відомості.
  
- 1.21. Масочний кінескоп із дельтовидним розташуванням

прожекторів.

1.22. Плазмові панелі.

1.23. Рідкокристалічні (LCD) панелі/матриці, TFT-панелі.

1.24. Проекційні телевізори і прожектори.

1.25. Загальні принципи побудови системи цифрового телебачення.

1.26. Узагальнена структурна схема системи цифрового телебачення.

1.27. Цифрова фільтрація телевізійного сигналу.

## **1. Конструктивні особливості телевізійної апаратури.**

Сучасний етап розвитку електронної галузі характеризується бурхливим впровадженням цифрових технологій, алгоритмів, методів. Телебачення є однією з найбільш динамічних галузей радіоелектроніки, де застосування сучасних технічних досягнень є питанням не тільки функціональних можливостей, конкурентоспроможності, але і можливістю використовувати телевізійні системи в системах діагностики, зв'язку тощо.

Для широкого практичного застосування сучасних телевізійних систем необхідно ознайомитися з основами функціонування телебачення. Рекомендований конспект лекцій спрямований на збільшення частки самостійної роботи студента в навчальному процесі і вказує основні шляхи вивчення дисципліни "Основи телебачення". Пропонований матеріал допоможе студенту набути знань про фізичні основи телебачення; основні принципи перетворення світового зображення в електричний сигнал; характеристики сигналу зображення; якість відтвореного зображення; передачі та прийому сигналів і їх обробки в телевізійній апаратурі; загальні характеристики телевізійних систем; структуру головних ланок телевізійних приймачів; принципи отримання кольорового зображення; елементи колориметрії; тенденції розвитку мовного телебачення тощо.

## 1.1. Історія розвитку телебачення.

Ідея створення першої телевізійної системи була запропонована в 1875 р. Дж. Керрі (США). В його проекті була закладена ідея розкладу (розбиття) зображення на окремі елементи і передача середньої яскравості кожного елемента. Метод поелементної передачі – основа всіх наступних телевізійних систем, у тому числі і сучасних.

В 1879 р. португальський учений де-Пайва запропонував проект одноканальної системи телебачення. Проект базувався на врахуванні інерційності зорового сприйняття, завдяки якій можлива передача інформації про яскравість всіх елементів зображення не одночасно, а послідовно (почергово).

Практична проблема послідовної передачі елементів була розв'язана в проекті польського вченого П. Ніпкова, який в 1884 р. отримав патент на оптико-механічний пристрій, відомий під назвою диск Ніпкова. Непрозорий диск містить ряд отворів, розташованих по спіралі біля зовнішнього краю. Розмір отвору визначає величину елемента зображення. Кожний отвір зміщений по радіусу до центра диска відносно попереднього на висоту отвору.

Перші практичні системи телебачення з механічною розгорткою були втілені в життя в 1925 р. Дж. Бердом в Англії.

Ідею розгортки зображення електронним променем запропонував в 1908 р. англійський інженер Кембелл-Суїнтон, а в 1911 р. дав принципову схему повністю електронної системи передачі зображень.

Одна з перших телевізійних систем була створена в 1929 р. в Ленінграді. Така система була оптико-механічною з розкладом в 40 рядків. В 1934 р. система була вдосконалена до 180 рядків розкладу, 1937–1938 рр. – 343 рядки, 1948 р. – 625 рядків.

Подальший розвиток телебачення як окремої самостійної галузі (але тісно пов'язаної з доробками в електроніці) привів до впровадження кольорового телебачення 1 жовтня 1967 р.

Сучасний стан телебачення характеризується бурхливим розвитком як елементної бази, так і технологій. Цифрове телебачення, супутникове телебачення – останні досягнення людства в цій галузі.

## 1.2 Принципи передачі відео зображення.

**Телебаченням** називається галузь сучасної радіоелектроніки, яка займається питанням передачі і прийому рухомих і нерухомих зображень електричними засобами зв'язку в реальному і зміненому масштабі часу. *Задачею телебачення* є отримання на приймальному телевізійному пристрої зображення, яке відповідає об'єкту передачі. Ця задача вирішується складним комплексом апаратури передачі, кодування, декодування, перетворення, відображення та іншими операціями з обробки візуальної інформації.

*В основі телебачення лежать три фізичні процеси:*

- перетворення світлової енергії в електричні сигнали;
- передача і прийом електричних сигналів;
- перетворення електричних сигналів в оптичне зображення.

*Сучасне телебачення базується на двох принципах:*

§ розбивка зображення об'єкта, що передається, на окремі елементарні площини (елементи);

§ почергова передача яскравостей цих елементарних площ (послідовна передача елементів зображення).

Нерухомі оптичні зображення (фото, слайд) – це двовимірний розподіл яскравості  $I$  (рисунок 1.1) (для чорно-білого зображення), або розподіл трьох основних кольорів RGB:  $I_R(x, y)$ ,  $I_G(x, y)$ ,  $I_B(x, y)$ .

Для рухомих об'єктів додають час:  $I(x, y, t)$ .

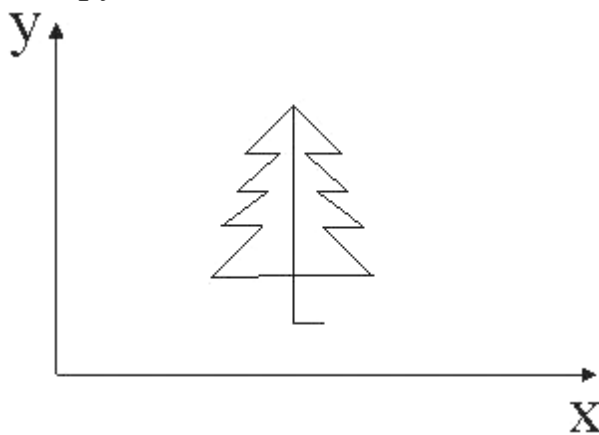


Рисунок 1.1– Приклад двовимірного розподілу яскравості

В 1875 р. американський фізик Керрі запропонував паралельний спосіб передачі інформації. Він пропонував зображення, що передається, спроектувати оптичним об'єктивом на панель селенових фоторезисторів, кожний із яких через свій канал зв'язку і електричну батарею з'єднувався з приймальною електролампю. Таким чином, Керрі та інші винахідники намагалися зробити електричну модель людського ока (рисунок 1.2).

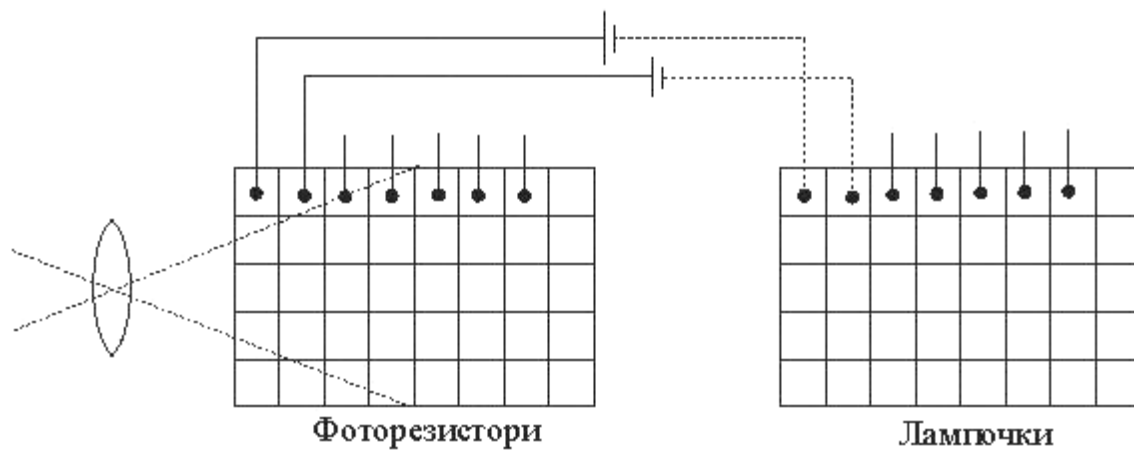


Рисунок 1.2 – Модель паралельної передачі яскравості про об'єкт

Однак практично реалізувати сотні тисяч каналів зв'язку, батарей, приймальних електроламп та інших деталей пристрою було неможливо ( $N \gg 500000$ ).

В 1880 р. був запропонований метод послідовної передачі інформації по одному каналу зв'язку (через комутатор) (рисунок 1.3).

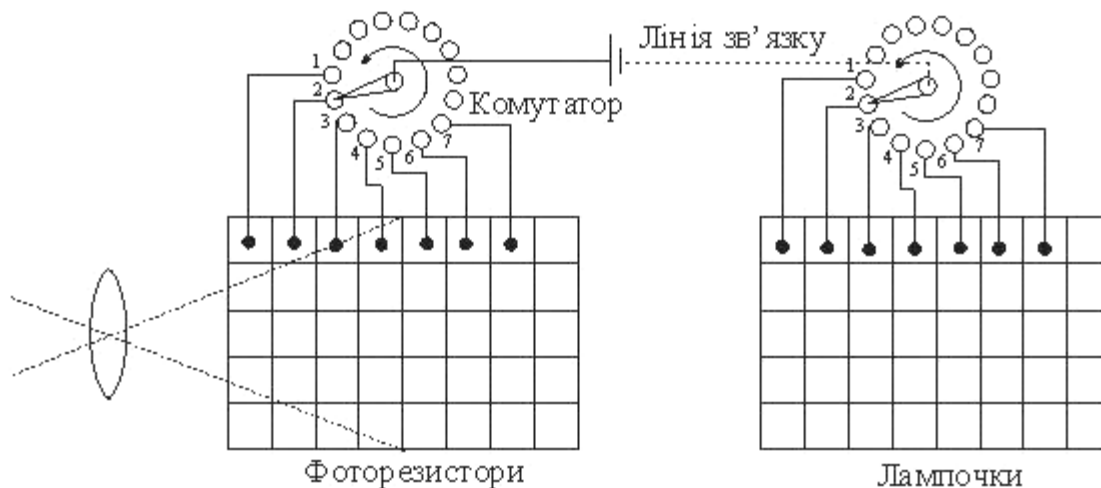


Рисунок 1.3 – Модель послідовної передачі яскравості про об'єкт

Цей принцип – поелементне розкладення зображення і послідовна передача сигналів через одновимірний канал зв'язку.

Він складається з таких етапів:

- 1) вимірюється яскравість 1-го елемента зображення;
- 2) перемикачі на передавальній і приймальній сторонах встановлюються в перше положення;
- 3) сигнал 1-го фотоелемента передається по одновимірному каналу зв'язку і запалює першу лампочку.
- 4) перемикачі на передавальній і приймальній стороні синхронно переміщуються в друге положення;
- 5) друга лампа запалюється з яскравістю, яка пропорційна освітленості другого елемента і т.д.

При такому способі передачі сигнал кожного фотоелемента корисно використовується лише той час, коли до нього під'єднаний комутатор ( $\gg 1$  500000 частки часу).

Такі системи є системами без накопичення сигналу.

На приймальній стороні можна або запам'ятовувати значення сигналу, який був прийнятий для кожної лампи, і обновлювати при переході до наступного сигналу, або використовувати інерційність зору.

### 1.3 Принципи передачі відеозображень рухомих об'єктів.

Для рухомих об'єктів яскравість у кожній точці безперервно змінюється. В телебаченні ці зміни дискретизуються і замінюються послідовною передачею нерухомих кадрів (рисунок 1.4). На приймальній стороні ці кадри зливаються в безперервне зображення за рахунок інерційності органів зору людини.

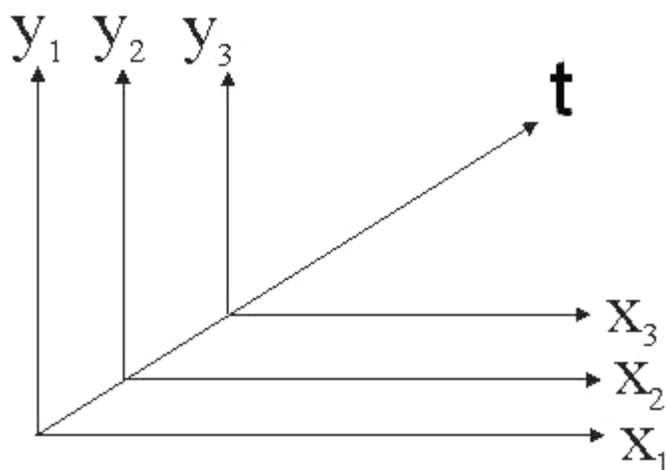


Рисунок. 1.4 – Приклад дискретизації рухомих об'єктів на кадри

у фіксовані моменти часу

Таким чином, зображення в ТБ підлягає таким операціям:

- 1) розбиття на послідовні кадри;
- 2) передача кожного елемента з передавальної на приймальну сторону.

Така обробка отримала назву розкладання зображення в рядково-кадрову структуру.

Для скорочення обсягу інформації, що передається по каналу зв'язку, на передавальній і приймальній стороні вводиться *єдиний протокол розкладу відтворення*:

- 1) швидкість рядкової розгортки (частота, період);
- 2) кількість рядків у кожному кадрі;
- 3) частота кадрів і полів;
- 4) спосіб синхронізації і часові інтервали, які виділяються на передачу синхроімпульсів.



#### 1.4 Узагальнена структурна схема телевізійної системи.

Телевізійна система являє собою комплекс технічних засобів, що забезпечують передачу і прийом зорової інформації (рисунок 1.5). За допомогою об'єктива формується плоске оптичне зображення на фотокатоді перетворювача світло-сигнал. В останньому промениста енергія перетворюється в електричну і здійснюється розгортка зображення. У результаті розгортки на виході перетворювача виходить часовий сигнал, що називається *вихідним сигналом яскравості*  $E_c$ , миттєві значення якого пропорційні значенням яскравості переданого в даний момент елемента зображення.

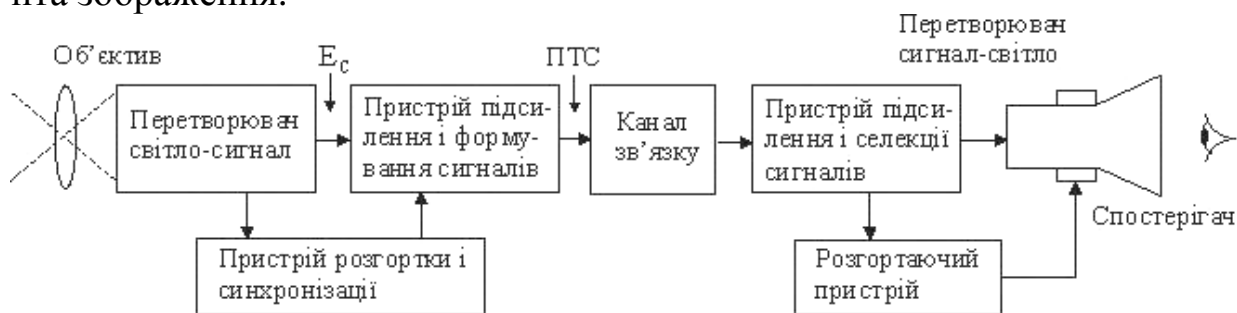


Рисунок. 1.5 – Узагальнена структурна схема телевізійної системи

Сигнал з виходу перетворювача піддається підсиленню і у нього вводяться імпульси, призначені для запирання перетворювача сигнал-світло в перервах між розгорткою рядків і кадрів. Цей сигнал називається *сигналом гасіння*. Ці імпульси перевищують за тривалістю імпульси гасіння для передавальних трубок. Це дозволяє перекрити можливі зсуви сигналів у часі, наприклад при перемиканні камер, що мають кабелі різної довжини.

Для забезпечення синхронності розгорток на передачі і прийомі використовується примусова синхронізація – 1 раз протягом тривалості рядка й 1 раз протягом тривалості кадру *сигналом синхронізації*, що виробляється синхрогенератором і передається під час передачі імпульсів гасіння. Сигнал синхронізації генераторів розгорток приймача передається в одному каналі з телевізійним сигналом. З цією метою імпульси синхронізації вводяться в область рівнів „чорніше чорного”.

Сигнал, що складається із сигналу яскравості і сигналу синхронізації, називається *повним телевізійним сигналом*.

Повний ТВ сигнал далі надходить у канал зв'язку. У процесі передачі по каналу зв'язку ТВ сигнал може піддаватися різним перетворенням, але на виході повинний відновлюватися початковий повний ТВ сигнал, що надходить на *підсилювач-селектор*.

Підсилювач забезпечує рівень сигналу, необхідний для керування перетворювачем сигнал-світло. У селекторі з повного ТВ сигналу виді-

ляються імпульси синхронізації і подаються на *пристрої розгортки* перетворювача сигнал-світло для синхронізації його розгорток.

У перетворювачі сигнал-світло передане зображення поелементно синтезується. Синхронна розгортка забезпечує геометричну подібність синтезованого зображення переданому.

### **1.5 Способи розгортки зображення**

Розгортки можна розділити на *детерміновані*, при яких траєкторія руху розгортального елемента чітко визначена і наперед задана, і *ндетерміновані*, в яких напрямок руху розгортального елемента автоматично встановлюється залежно від змісту зображення.

Детерміновані розгортки. Найкращою вважається така розгортка, яка забезпечує розклад при задоволенні таких вимог:

1. За повний цикл розгортки передаються всі елементи розкладу, причому кожний однократно і за такий самий час.
2. Частота кадрів найменша.
3. Невиробничі втрати часу (на зворотний хід розгортки) мінімальні.
4. Простота технічної реалізації.

Деякі найбільш поширені види розгорток наведені на рисунку 1.13.

Першій вимозі відповідають всі лінійні розгортки (а–д). В черезточковій розгортці (г) весь кадр передається за чотири поля.

При реалізації лінійних розгорток оптико-механічними пристроями (наприклад диск Ніпкова) вони відповідають і вимозі 3. В електронних системах вимога 3 не виконується.

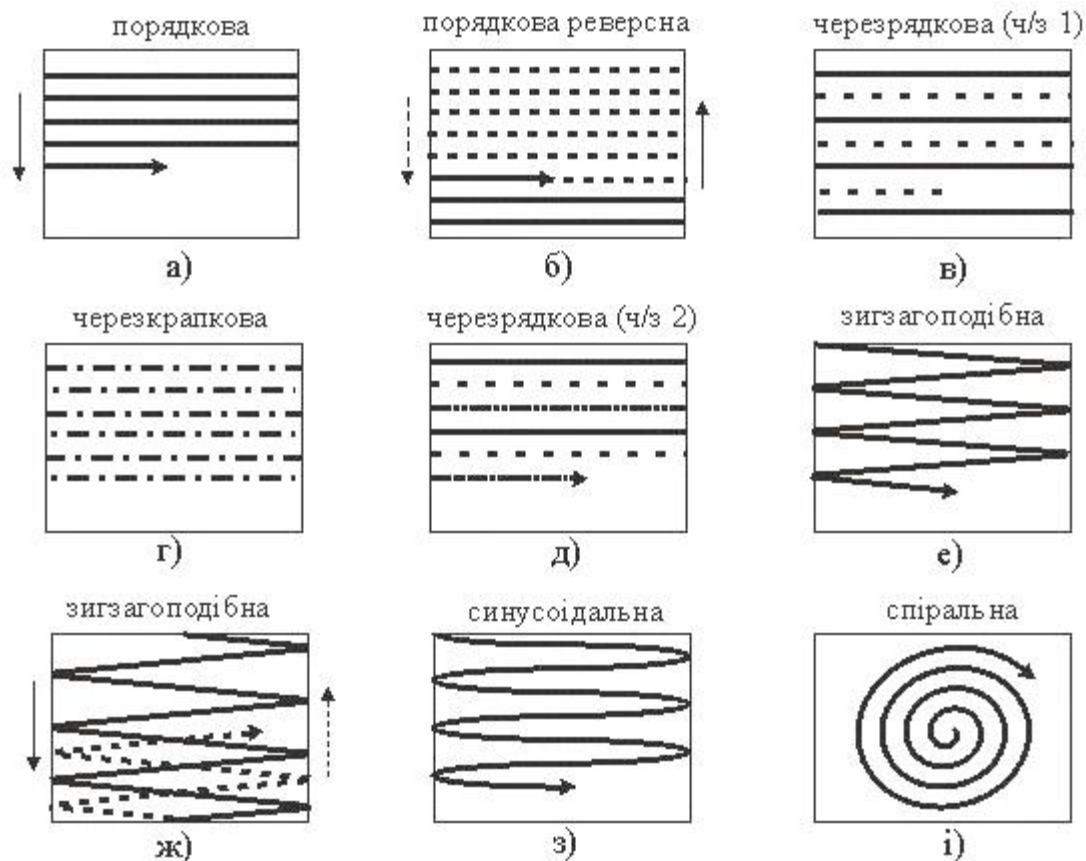


Рисунок 1.6 – Основні способи розгортки в телевізійних системах

Найгірше вимогу 2 задовольняє рядково-реверсивна розгортка (б), оскільки вона призводить до зниження повторення крайніх рядків у порівнянні з рядковою (а) розгорткою і в результаті до необхідності підвищення частоти кадрів. Найкраще цю вимогу задовольняє черезкраткова розгортка (г), проте вона не задовольняє умову 4. Компромісним варіантом, що задовольняє вимоги 2 і 4, є черезрядкова розгортка (в). Зигзагоподібні розгортки (е, ж) задовольняють вимогу 3, проте не задовольняють інші. Синусоїдальна розгортка (з) задовольняє вимоги 3 і 4, проте не задовольняє 1 і 2.

Спіральна розгортка (і) з постійною кутовою швидкістю достатньо добре задовольняє всі вимоги, крім 1. При змінній кутовій швидкості вона може задовольняти вимогу 1, проте тоді не буде задовольняти 4. Найбільш доцільною для систем телевізійного мовлення є черезрядкова розгортка. Недолік: розмиті контури рухомих зображень.

## 1.6 Основні параметри розкладу зображення і відеосигналу

До основних параметрів розкладу зображення належать:

- кількість рядків  $Z$ ;
- формат кадру  $k_f$ ;
- кількість елементів розкладу  $N$ ;
- кількість кадрів, що передаються,  $np$ , і що відтворюються,  $nv$  в се-

кунду;

· контраст зображення  $K$ .

Значення цих параметрів можуть мінятися в широких межах залежно від призначення ТВС.

*Елемент розкладу.* Зображення при телевізійній передачі поділяється на окремі елементи розкладу. У межах елемента розкладу можуть бути дрібні деталі переданого оптичного зображення, але телевізійна система усереднює їхню яскравість по площі елемента і дає сигнал, що відповідає цій середній яскравості. Передати деталі зображення розмірами менше елемента розкладу телевізійна система не в змозі.

*Розгортка зображення* – процес послідовного перетворення за заздалегідь установленим законом яскравості (і кольоровості в кольоровому телевізорі) елементів зображення в електричні сигнали. Іншими словами, це спосіб здобування растру.

*Кадр* – однократна розгортка всієї площі зображення.

*Поле* – частина елементів розкладу зображення.

*Растр* – це заздалегідь установлений малюнок рядків розгортки, що забезпечує істотно рівномірне покриття всієї площі кадру. Іншими словами, растр являє собою траєкторію руху елемента розгортки по площині кадру.

*Форматом кадру* називається відношення ширини переданого зображення  $b$  до його висоти  $h$ :  $k_f = b/h$  (рисунок 1.14).

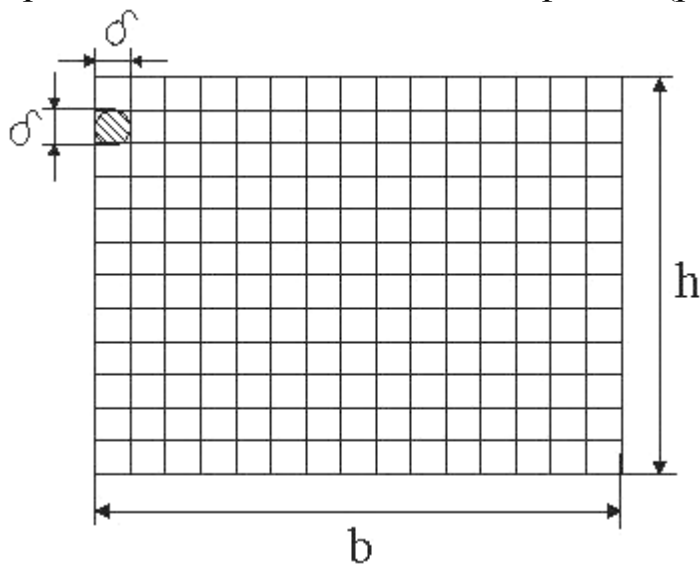


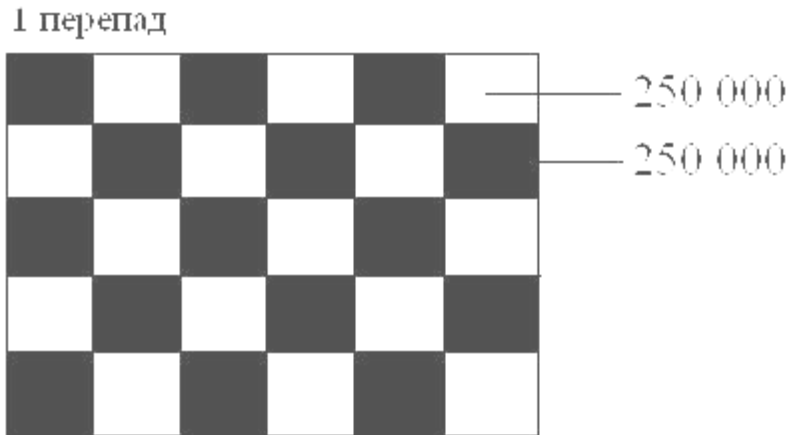
Рисунок 1.7 – Поелементне розбиття телевізійного кадру

Смуга частот відеосигналу залежить від багатьох факторів, у тому числі і від способу розгортки. Розглянемо рядкову і черезрядкову (кадр передається за 2 поля) розгортки.

Спроекуємо шахову дошку на передавальну трубку, кожна клітина якої дорівнює за площиною одному елементу розкладу (рисунок 1.8).

Оскільки у мовному телебаченні  $N \gg 500000$ , то чорних і білих клітинок

буде по 250 000. Очевидно, що на кожні 2 клітинки – 1 перепад, на 1 кадр – 250 000 перепадів або  $N/2$ . Частота сигналу визначається кількістю перепадів в 1 с. Отже,  $F_{\max} = n \times N/2$ , де  $n$  – кількість кадрів в 1 с. Враховуючи це все, спектр сигналу простягається від 0 до  $F_{\max}$ , або  $F = 50 \times 500000 / 2 = 12,5 \text{ МГц}$ .



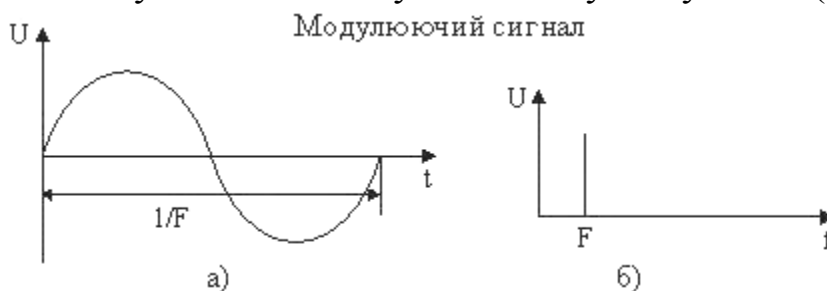
**Рисунок 1.8** – Принцип обрахунку спектра телевізійного сигналу на прикладі максимально можливих перепадів яскравості

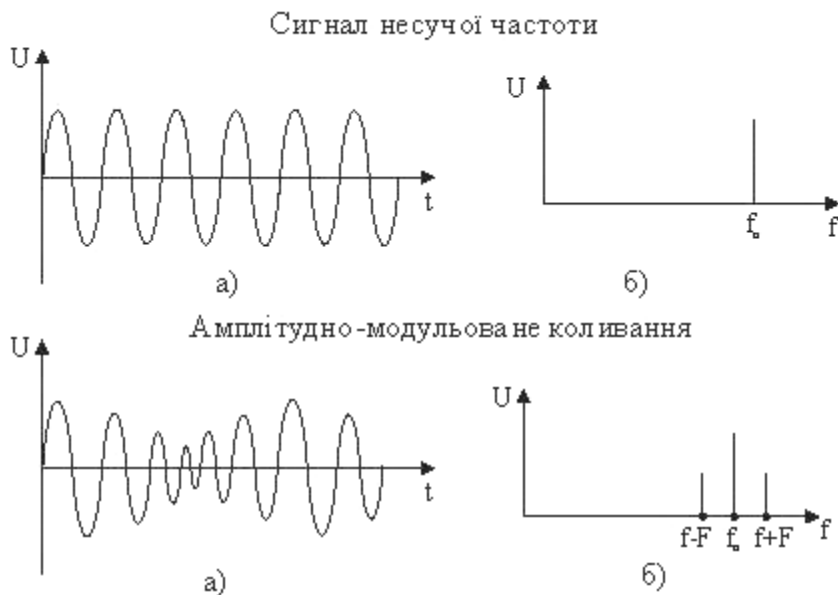
Для того щоб зменшити  $F$ , застосовують черезрядкову розгортку (як у кіно: 1 кадр показують 2 рази). В ТБ спочатку передають спочатку всі непарні рядки – 1 поле, а потім парні – 2 поле. Кожне поле – за 1  $50n$ . При цьому  $n_{\text{п}} = n_{\text{в}}$  і  $F = 6,25 \text{ МГц}$ .

### 1.7 Види модуляції, які використовуються

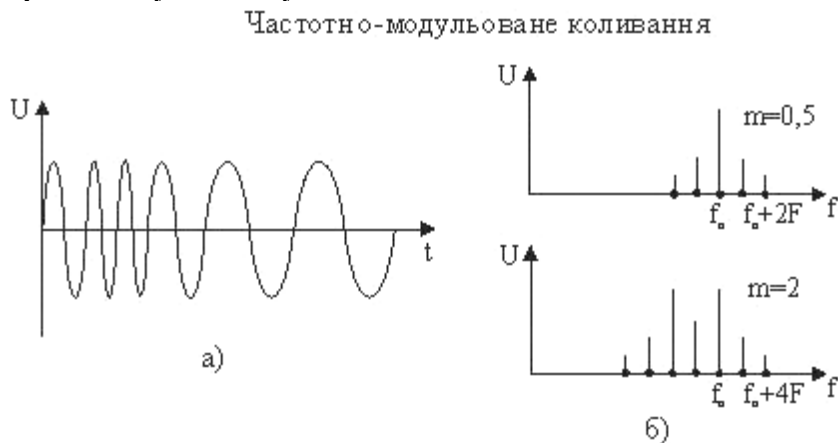
Відеосигнал у прямому вигляді використовувати не можна, оскільки він займе весь ефір і програми змішаються. Для цього використовують модуляцію, тобто накладання коливань одне на одне. Несуча частота береться не менш 50–60 МГц (УКХ і ДХ) – пряма видимість. Сантиметрові хвилі через велике поглинання в атмосфері застосовуються тільки для пересувних телевізійних станцій.

Для обмеження смуги частот, яку займає телевізійний радіоканал, застосовують амплітудну модуляцію для сигналу зображення (рис.1.9), а для звукового сигналу – частотну модуляцію (ЧМ) (рис.1.10).





**Рисунок 1.9 – Види сигналів (а) і відповідні їм частотні спектри (б) при амплітудній модуляції**



**Рисунок 1.10 – Види сигналів (а) і відповідні їм частотні спектри (б) при частотній модуляції**

Для ЧМ характерний параметр

$F$

$$m = Df,$$

де  $m$  – коефіцієнт модуляції;  $Df$  – девіація частоти;  $F$  – частота модулювального коливання.

У результаті модуляції спектр частот утвореного радіосигналу значно більший спектра модулювального: АМ – в 2 рази від  $f_n - F$  до  $f_n + F$  ( $f_n$  – несуча частота); ЧМ – залежно від  $m$ :  $m < 1$  -  $2F$ ;  $m > 1$  -  $2mF$ .

Процес виділення висхідного модулювального сигналу називається *демодуляцією*, або \_\_\_\_\_ (9) Тїдетектуванням (АД, ЧД). Інформація про модулю-

вальний сигнал міститься в нижній і верхній бокових смугах ( $f_n - F$ ;  $f_n + F$ ). В ТБ передають повністю верхню бокову смугу, а нижню частково заглушують. Це роблять для того, щоб вмістити більше каналів в діапазоні. При цьому спектр сигналу буде мати вигляд, зображений на рисунку 1.18.

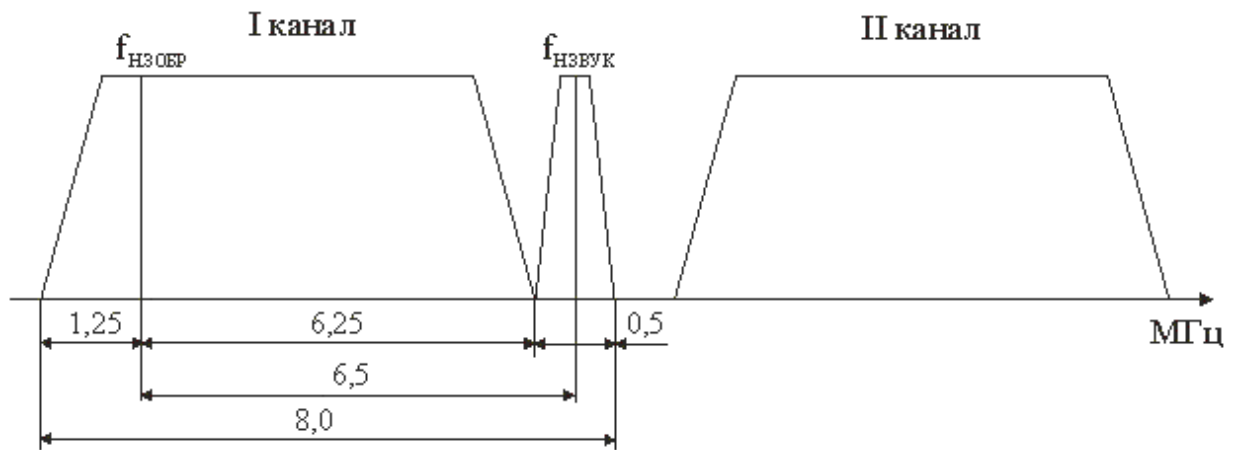


Рисунок 1.11 – Спектр телевізійного сигналу

Звуковий супровід передається на своїй піднесучій при ЧМ для високої якості. Спектр радіосигналу звукового супроводу безпосередньо примикає до спектра сигналу зображення. Частота піднесучої залежить від номера каналу.

## 1.8 Сприйняття кольору

Вплив на око світлового випромінювання визначеної довжини хвилі відчувається у вигляді кольору. Короткохвильовій межі світлового діапазону відповідає фіолетовий колір, який із підвищенням довжини хвилі поступово переходить у синій, потім у голубий, зелений, жовтий, оранжевий і, насамкінець, червоний, що замикає довгохвильову межу світлового діапазону.

Відносна спектральна чутливість ока (рисунок 1.12) має максимум на хвилі 555 нм, що відповідає жовто-зеленому кольору, і спадає при віддаленні від цієї ділянки, практично досягаючи нуля при довжинах хвиль 380 і 770–800 нм. Інша чутливість ока до основних кольорів R, G, B наведена на рисунку 2.10.

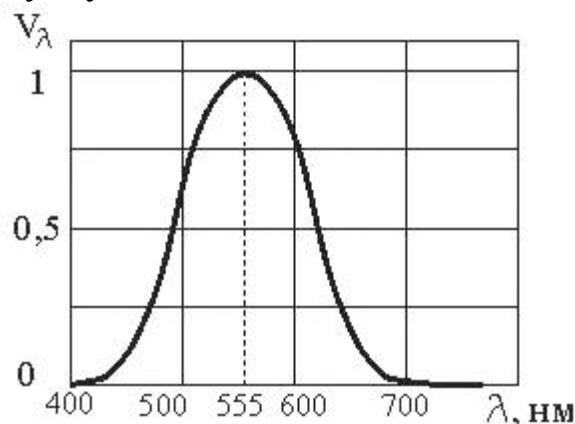


Рисунок 1.12 – Залежність відносної спектральної чутливості ока від довжини хвилі

Рисунок 1.13 – Криві чутливості ока до основних кольорів R, G, B

Колір може оцінюватися суб'єктивно і об'єктивно.

**Суб'єктивно** колір оцінюється *світлістю, колірним тоном і насиченістю колірному тону*. Наприклад, білий, світло-сірий і темно-сірий кольори відрізняються світлістю, жовтий і зелений – колірним тоном, червоний і рожевий – насиченістю.

Суб'єктивні характеристики дають лише якісну оцінку випромінювання.

Для **об'єктивної** характеристики кольору *світлість* оцінюють за *яскравістю*; *колірний тон* – за *домінуючою довжиною хвилі*, тобто за довжиною хвилі того спектрального кольору, який при змішуванні у певній пропорції з білим забезпечує зорову тотожність кольору суміші з кольором досліджуваного випромінювання; *насиченість* – за *чистотою кольору*  $p$ , під якою розуміють частку спектрального кольору (для якого  $p = 1$ ), яка забезпечує в суміші з білим (для якого  $p = 0$ ) зорову тотожність із досліджуваним випромінюванням.

У зоровому апараті поруч з адаптацією за яскравістю існує і колірна адаптація. Вона виражається в тому, що колір, на який адаптується око, немов вицвітає. Це призводить до зміни кольору в результаті попереднього впливу на око інших кольорів (*попередній колірний контраст*), або при зміні кольору фону (*одночасний колірний контраст*). Наприклад, сіре на червоному набуває зеленуватого відтінку, а на синьому – жовтуватого і т. д.

Характерним є і те, що в будь-яких умовах освітлення (свічка, лампа розжарювання, денне світло) білі деталі завжди легко впізнаються, оскільки вони найсвітліші, а вже відносно їх око оцінює всі інші кольори. Це явище називається *контрастністю кольору*, або *поправкою на освітлення*, і відіграє важливу роль у пристосуванні зору до різноманітних умов освітлення.

Здатність апарату денного зору розрізняти кольори пояснюється наявністю трьох груп колбочок. Вважають, що одна з груп чутлива до червоного, друга – до синього, а третя – до зеленого кольору. Сукупність подразнення цих груп світлочутливих елементів створює враження даного кольору.

На основі цих уявлень створена трикомпонентна теорія кольору, що добре виправдала себе на практиці.



## 1.9 Основні закони змішування кольорів

Існують *три основні закони змішування кольорів*:

1. Будь-які чотири кольори знаходяться в лінійній залежності, однак існує необмежена кількість комбінацій із трьох кольорів, що є лінійно незалежними. Тобто, змішуючи два кольори, неможливо отримати третій.
2. Безперервній зміні випромінювання відповідає безперервна зміна кольору.
3. Колір суміші залежить тільки від кольору компонентів, що змішуються, і не залежить від способу їх одержання, зокрема від їхнього спектрального складу.

В ТБ широко використовується джерело білого кольору  $C$ , що відповідає денному освітленню:

$$C = 0,3R + 0,59G + 0,11B.$$

В 1931 р. Міжнародна комісія по освітленню (МКО) стандартизувала кольори:  $R : \lambda = 700\text{нм}$ ;  $G : \lambda = 546,1\text{нм}$ ;  $B : \lambda = 435,8\text{нм}$ .

Оскільки колір – тривимірний величина, то він може бути представлений вектором у тривимірному просторі (рисунок 2.15). При цьому довжина вектора – кількість кольору, а напрямок – якість (кольоровість).

Будь-який колір при виконанні колірних розрахунків можна представити у вигляді довільного кольору  $D$ :

$$D = rR + gG + bB,$$

де  $r, g, b$  – триколірні коефіцієнти і  $r + g + b = 1$ .

Кольоровість – двовимірний величина, оскільки визначається двома з коефіцієнтів.

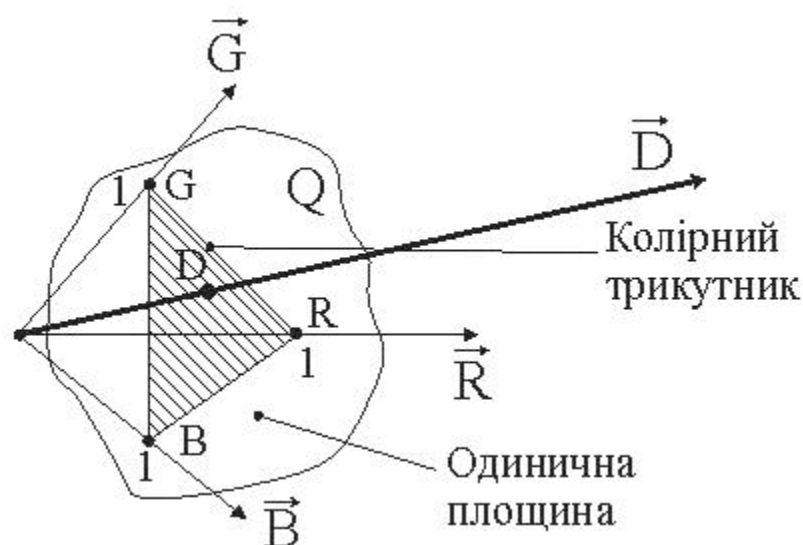


Рисунок 1.14 – Представлення кольору у тривимірному просторі

Пропорційна зміна  $r, g, b$  не змінює кольору, змінюється тільки яскравість.

Будь-якій точці на площині відповідає визначена кольоровість.

Прийнятий уколориметрії принцип незалежних від яскравості кольорів є лише компромісом між зручністю математичної моделі і даними практичних спостережень: відомо, що при зменшенні яскравості червоні кольори сприймаються коричневими, жовті червоніють, блакитні синіють тощо.

Для вивчення законів змішування кольорів у колориметрії використовують колірний графік – це прямокутний трикутник, всередині якого розміщена фігура – локус (рисунок 1.14).

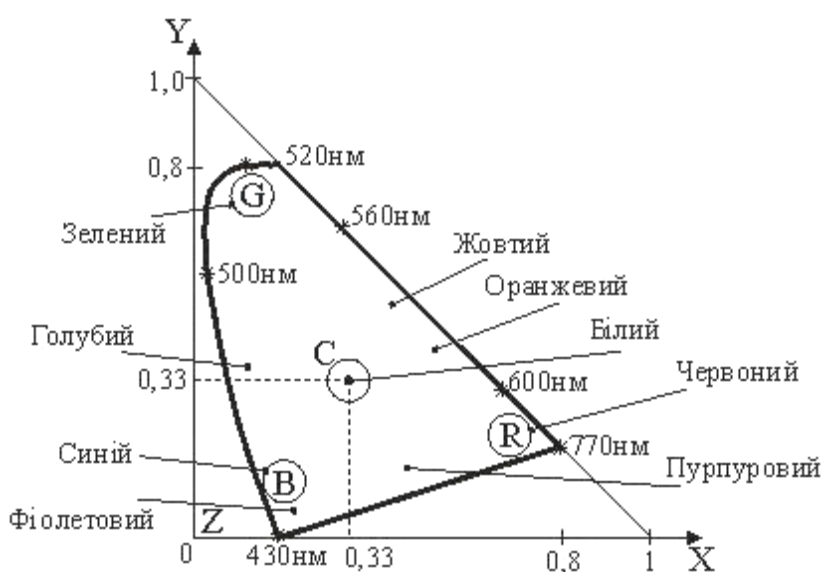


Рисунок 1.15 – Колірний графік

Колірний графік, зображений на рисунку 1.15, є графіком Міжнародної колориметричної системи МКО, яка була прийнята на Міжнародному конгресі, що відбувся в 1931 р. у Кембриджі.

Графік кольоровості побудований таким чином, що зовнішня його крива (локус) відповідає абсолютно чистим колірним тонам (насиченість 100%). По периметру локусу відмічені довжини хвиль у нанометрах, що відповідають насиченим спектральним кольорам. Локус має дві характерні точки фіолетового і червоного кольорів, що відповідають крайнім значенням довжини хвилі видимого світла. Між цими крапками по прямій розташовані пурпурні кольори. Насиченість убуває при русі до білого кольору С, який розташований у центрі. Для білого кольору  $X = Y = 0,33$ .

Взаємне розташування кольорів підпорядковується законам змішування кольорів. При цьому кожні два кольори, що є додатковими, розташовуються діаметрально протилежно відносно білого.

### **1.10. Класифікація давачів ТВ сигналів**

Давачі ТВ сигналів призначені для перетворення двовимірного оптичного зображення в електричний сигнал. Прилади розділяють на три групи:

- передавальні ТВ трубки;
- пристрої з біжучим променем;
- твердотільні фотоелектричні перетворювачі.

**Передавальні трубки** – найбільш розповсюджена група фотоелектричних перетворювачів. Це електровакуумні прилади з використанням розгортки зображення електронним променем. Працюють за принципом накопичення світлової енергії у вигляді електричних зарядів на мішені трубки.

Існує декілька типів класифікації передавальних трубок:

- 1) з внутрішнім та зовнішнім фотоефектом;
- 2) з накопиченням сигналу і без накопичення;
- 3) вакуумні і твердотільні;
- 4) монохроматичні і кольорові.

Найбільш характерні для цієї групи приладів трубки з *вторинно-емісійним, фотопровідним та фотодіодним* накопичувачами.

Типовим прикладом з вторинно-емісійним накопиченням є суперіконоскоп, суперортикон (ці два типи трубок вже не використовуються), суперізокон (тільки для наукових цілей, мають велику вихідну напругу і динамічний діапазон).

В ТВ пристроях використовують давачі з фотопровідним накопичувачем (це різноманітні варіанти *відіконів*) і фотодіодним накопиченням (*плюмбікон і кремнікон*).

Трубки з накопиченням мають високу чутливість, універсальність, працюють у різноманітних умовах освітленості, як у межах світлового діапазону, так і за його межами. Існують трубки миттєвої дії – *дисектори*, які характеризуються високою лінійністю світлової характеристики, але мають низьку чутливість.

**Пристрої з біжучим променем** використовують у спеціалізованих і телепроекційних системах.

40

**Твердотільні фотоелектричні перетворювачі (ФЕП)** на основі МОН давачів і приладів із зарядовим зв'язком (ПЗЗ) впроваджені в 70-х

роках ХХ ст. Це малі розміри і високі технічні показники. Дозволяють допускати багатоканальне зчитування і багато видів обробки ТВ зображень.

### 1.11 ПРИНЦИП НАКОПИЧЕННЯ СВІТЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

В системах миттєвої дії фотоелектронна емісія з кожного елемента зображення використовується тільки протягом інтервалу часу, що відповідає часу комутації цього елемента. Світлова енергія, яка діє на елемент зображення в проміжках між комутаціями, в утворенні сигналу зображення участі не бере.

Ефективність використання світлового потоку в цих системах зворотно пропорційна кількості елементів розкладу.

Підвищити ефективність можна при використанні принципу накопичення заряду (світлова енергія, яка опромінює елемент зображення в міжкомутаційний період, не зникає безкорисно, а накопичується на елементі).

Починаючи з іконоскопа, у всіх наступних передавальних телевізійних трубках реалізований принцип накопичення зарядів. Відмінною рисою пристроїв із накопиченням зарядів є наявність накопичувальної ємності СЕ (рисунк 3.1)

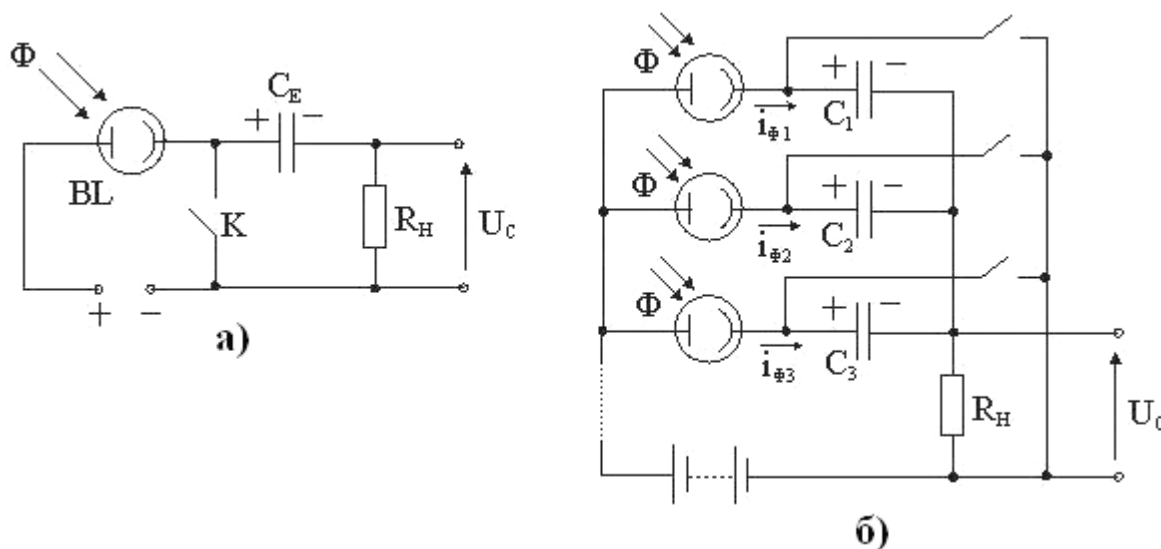


Рисунок 1.16 – Еквівалентна схема:

- а) елемента зображення;
- б) мозаїки з фотоелементів

### 1.12 ПЕРЕДАВАЛЬНІ ТРУБКИ З ФОТОДІОДНИМШАРОМ

Широкому використанню відіконів в апаратурі мовного телебачення заважає велика фотоелектрична і комутаційна інерційність. Для зме-

ншення інерційності фоторезистивну мішень заміняють мішенню фотодіодного типу.

Плюмбікон (вітчизняний аналог – глетікон) – відрізняється від відікона тим, що застосована фотодіодна мішень з р-і-п структурою, яка має малу інерційність і лінійну світлову характеристику.

Оксидно-свинцева мішень наноситься на напівпрозору *сигнальну пластину* 1, в коло якої ввімкнений резистор навантаження  $R_H$  (рисунок 1.16). Мішень містить *прошарок напівпровідника* 2 з електропровідністю n-типу, *монокристалічного шару оксиду свинцю* (PbO) 3 з провідністю і-типу (власна провідність), який має властивості фотопровідника, і *напівпровідниковий шар* 4 з електропровідністю р-типу. Мішень, у свою чергу, наноситься на скляну планшайбу.

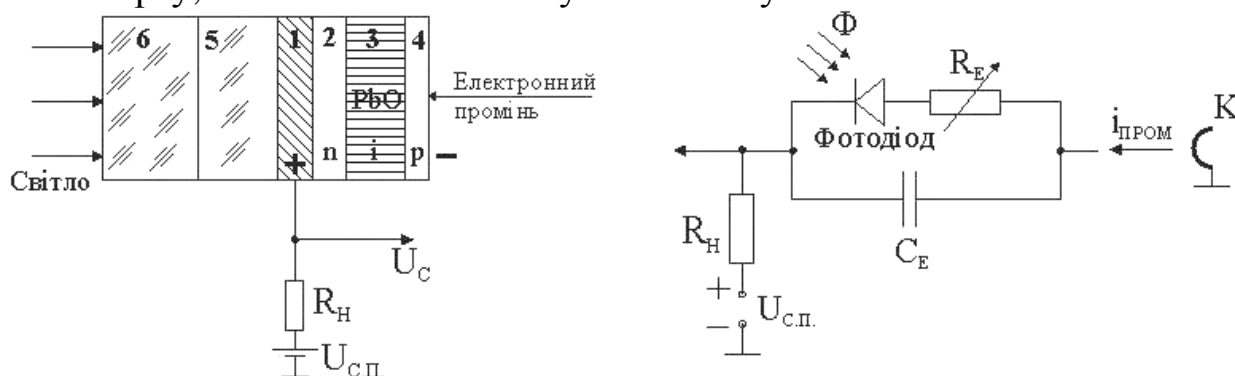


Рисунок 1.17 – Будова мішені та її еквівалентна схема

Сигнальна пластина і тонкий шар напівпровідника n-типу достатньо прозорі, тому світло проходить через них з малими втратами. Поглинання світла відбувається в основному шарі оксиду свинцю. Він робиться товстим (10–15 мкм) для більш повного поглинання світлової енергії.

Формування потенційного рельєфу відбувається на поверхні шару 4. Він має більш високу провідність у порівнянні з чистим оксидом свинцю, тому для попередження „розтіканню” потенційного рельєфу вздовж цього шару (між сусідніми елементами мішені, які мають різний потенційний рельєф) його товщина береться дуже малою, що забезпечує високий опір шару в напрямку вздовж мішені. Комутація потенційного рельєфу здійснюється пучком повільних електронів, отже, шар 4 доводиться до потенціалу катода. Вихідний сигнал знімається з навантажувального резистора. При тому, що на сигнальну пластину подається додатний потенціал, вся система являє собою мозаїку р-і-п фотодіодів, які ввімкнені у зворотному напрямку. Це призводить до зниження темного струму мішені.

Завдяки відносно високій напруженості електричного поля у товщі мішені і низькій концентрації „пасток” забезпечується ефективно розділення генерованих світлом електронно-діркових пар. Тому характерис-

тика „сигнал-світло” має високу лінійність.

Плюмбікони мають малу інерційність. Комутаційна складова інерційності зменшується в результаті зниження накопичувальної ємності. Остання є наслідком збільшення товщини мішені і її пористості. Зменшення фотоелектричної складової відбувається як внаслідок створення в шарі відбірного електричного поля високої напруженості, так і через властивості самого матеріалу мішені.

Для попередження ефектам, пов'язаним із відбиттям від зовнішньої поверхні планшайби плюмбікону дифузно розсіяного світла використовують *протиореольний диск 6*, товщиною приблизно 7 мм.

### 1.13 ПЕРЕДАВАЛЬНІ ТРУБКИ З ЕЛЕКТРОННИМ ПЕРЕНЕСЕННЯМ ЗОБРАЖЕННЯ

**Секон** – це трубка з дуже високою чутливістю. Зображення проектується на *фотоемісійний катод 1*, нанесений на внутрішню поверхню скляного балона (рисунок 1.18).

Електронне зображення з фотокатода за допомогою системи електродів, що утворюють прискорювальне поле, і довгої фокусувальної котушки переноситься на мішень, що містить прозору для електронів *підкладку 2* з окису алюмінію, на яку нанесена прозора для електронів *сигнальна пластина 3*, а поверх неї – *пористий шар діелектрика 4*, у якому фотоелектрони цілком втрачають свою енергію. *Сітка 5* служить для добору вторинних електронів. Інші елементи секона такі ж, як у звичайному відіконі.

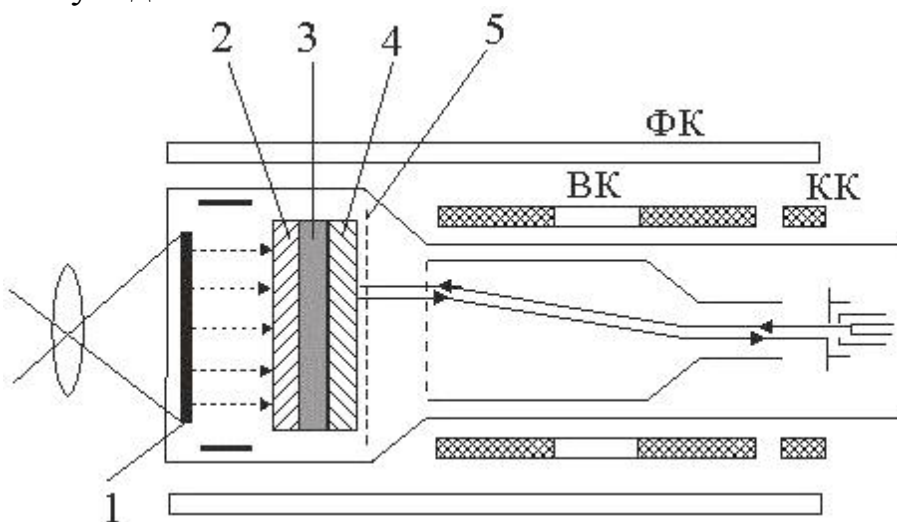


Рисунок 1.18 – Будова секона

Завдяки позитивному потенціалові сигнальної пластини, вторинної електронної провідності і вторинної емісії на простір у шарі 4 на ньому

утворюється позитивний потенційний рельєф, що при зчитуванні пучком повільних електронів утворює на навантажувальному резисторі, ввімкненому в ланцюг сигнальної пластини, відеосигнал.

Переваги секона: незначна фотоелектрична і комутаційна інерційність, висока розрізнявальна здатність (до 1000–1200 рядків у трубок з великим розміром мішені), високий динамічний діапазон, висока чутливість (мінімальна освітленість на фотокатоді  $\gg 5 \times 10^{-3}$  Лк), можливість роботи в режимі тривалого накопичення і збереження (протягом доби) світлових зображень на мішені трубки.

Недолік трубки полягає в утворенні на зображенні чорних і білих плям, смуг, зумовлених неоднорідністю структури мішені.

### *Дисектор*

Дисектор – передавальна телевізійна трубка миттєвої дії (тобто без накопичення заряду), яка працює на використання зовнішнього фото-ефекту. На відміну від інших передавальних трубок, в дисекторі відсутній електронний прожектор, тому розгортка здійснюється відхиленням електронного зображення, а не променя.

В дисекторі розрізняють три секції (рисунк 1.19):

- 1) утворення сфокусованого електронного зображення;
- 2) відхилення електронного зображення;
- 3) вторинно-електронного множення (ВЕМ).

В першій секції перетворення оптичного зображення в електронне здійснюється напівпрозорим *фотокатодом* 1, який нанесений на внутрішню поверхню планшайби трубки, а фокусування – магнітним полем *фокусувальної котушки* 7. Прискорювальною електричною напругою, яка прикладена до *електрода* 2, електронне зображення переноситься в площину *діафрагми* 3 з отвором, що є розгортальною апертурою.

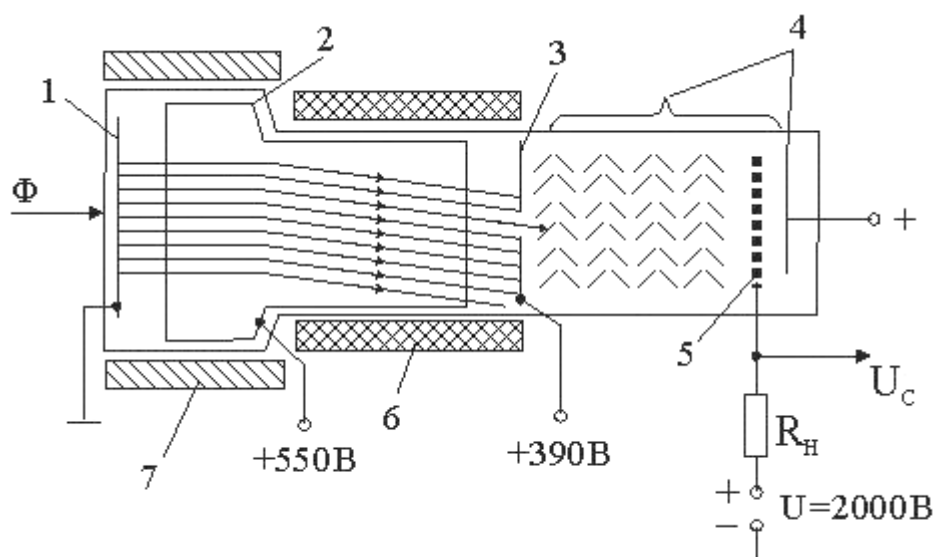


Рисунок 1.19 – Будова дисектора

В секції відхилення за допомогою системи котушок 6 здійснюється відхилення електронного зображення перед отвором діафрагми 3. В секції ВЕМ здійснюється підсилення миттєвих значень фотоструму, який проходить через отвір. Ця секція складається з 14 діодів 4 і колектора 5, в коло якого ввімкнений резистор навантаження  $R_H$ . Коефіцієнт підсилення ВЕМ досягає  $10^7$ , що при його малих внутрішніх завадах забезпечує значне перевищення рівня вихідного сигналу дисектора над завадами попереднього підсилювача.

Дисектори забезпечують добре відтворення градацій яскравості, мають високу розрізнявальну здатність, відрізняються миттєвою готовністю до роботи після ввімкнення напруг живлення (в них відсутній інерційний термокатод).

### 1.14 ТВЕРДОТІЛЬНІ ДАВАЧІ

Мініатюризація ТВ передавальної апаратури гальмується використанням у ній як перетворювача світло-сигнал електровакuumного приладу, що має великі габаритні розміри і складну систему керування електронним променем. У зв'язку з цим велися роботи зі створення безвакуумних аналізованих пристроїв. У 1969 р. винайшли прилади із зарядовим зв'язком, що дозволило створити твердотільні ФЕП (фотоелектронні перетворювачі) з кількістю елементів розкладання, що відповідає стандарту ТВ мовлення.

В основі приладу із зарядовим зв'язком (ПЗЗ) лежать структури МОН або МДН, здатні збирати, зберігати, накопичувати зарядові пакети неосновних носіїв у локалізованих потенційних ямах, що утворю-



ються в поверхні напівпровідника під дією електричного поля (рисунок 1.20).

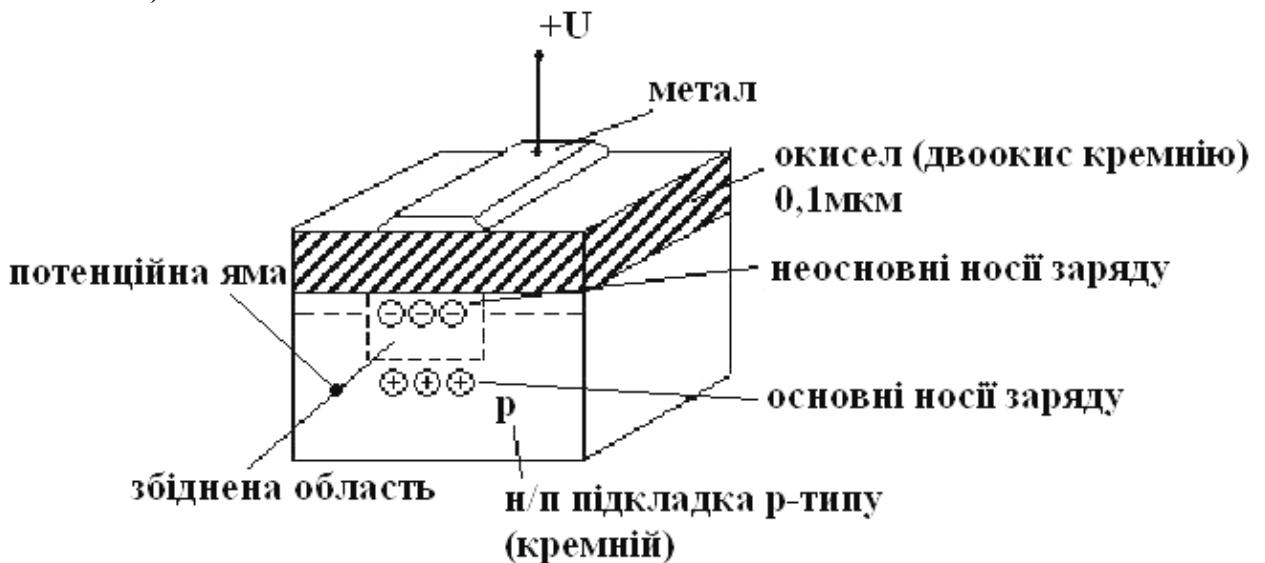


Рисунок 1.20 – Конденсатор МОН структури

Зарядові пакети виникають під дією світлового випромінювання, а переносяться шляхом керованого переміщення потенційних ям у необхідному напрямку (рисунок 1.21). У такий спосіб ПЗЗ працює як зсувний регістр, що має здатність збирати, накопичувати і зберігати зарядову інформацію.

Основне достоїнство ПЗЗ: принцип послідовного перенесення зарядової інформації від окремих елементів матриці до єдиного вихідного пристрою, де зарядові пакети перетворюються в сигнал. Потенційна яма буде залежати від напруги на затворі, ступеня легування напівпровідника, товщини окисла. Час життя потенційної ями обмежений і визначається процесом термогенерації неосновних носіїв, і яма заповнюється за час релаксації (це паразитний процес): електрон-дірка розділяються і заповнюють яму.

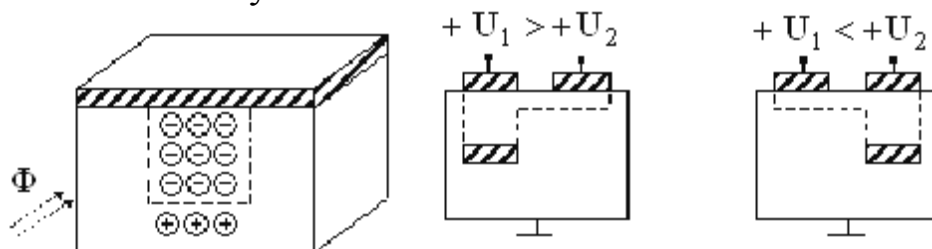


Рисунок 1.21 – Перенесення зарядових пакетів шляхом переключення потенціалів електродів двох поруч розташованих МОН конденсаторів

У такий спосіб максимальний час збереження зарядової інформації – це мінімальна частота роботи цифрових та аналогових пристроїв на ПЗЗ і визначається часом релаксації. Зарядовий пакет у ПЗЗ може бути введений електричним шляхом або за допомогою світлової генерації. При світловій генерації фотоелектронні процеси приведуть до нагрома-

дження неосновних носіїв у потенційних ямах. Накопичений заряд у потенційних ямах буде визначатися освітленістю і часом нагромадження.

### *Трифазний зсувний реєстр*

Лінійка з МОН конденсаторів виконується на спільній підкладці (рисунок 3.19). Відстань між електродами настільки мала, що збідненні області при подачі на електрод позитивного потенціалу простягаються практично до сусідніх електродів. Електроди такої трифазної структури з'єднані між собою через два і складають паралельні тріади.

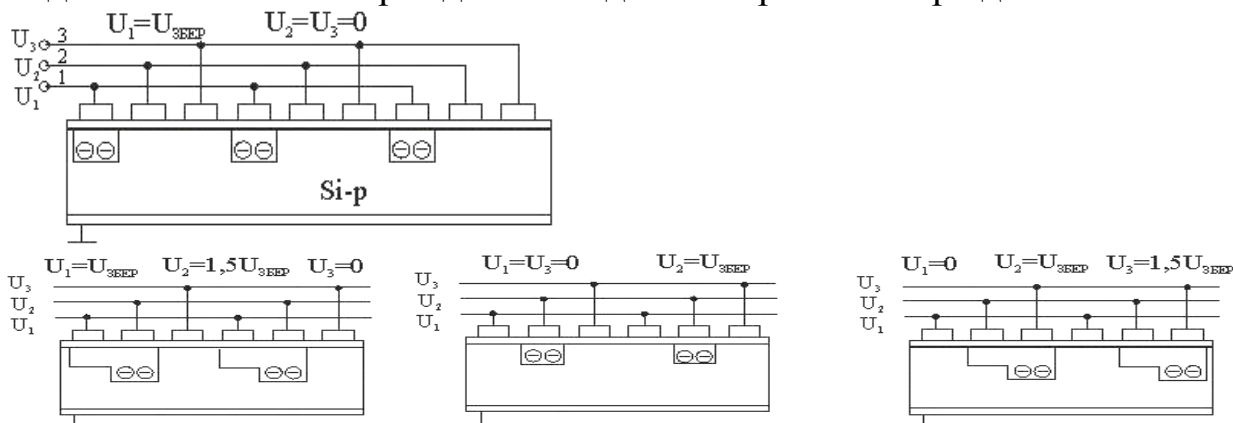


Рисунок 1.22– Будова трифазного зсувного реєстра

Подамо на шину 1, яка з'єднує перші елементи тріад, позитивний потенціал  $U_1 = U_{збер}$ , а на дві інші шини – нульовий потенціал відносно заземленої підкладки. В цьому випадку під всіма електродами 1 утворюються потенційні ями, в яких можуть зберігатися від'ємні заряди. Змінимо потенціал на шині 2 до значення  $U_2 = 1,5U_{збер}$ . Тоді під електродом 2 утворюються більш глибокі потенційні ями, і заряди пере-

течуть під цей електрод. Після цього встановимо  $U_1 = 0$ , а  $U_2 = U_{збер}$ . Тепер заряд зберігається під електродом 2.

Встановимо потенціал шини 3, що дорівнює  $U_3 = 1,5U_{збер}$ . При цьому заряди з-під електрода 2 перетечуть під електрод 3 в більш глибоку потенційну яму. Цей процес можна повторювати доти, поки заряд не опиниться у колі навантаження і створить на ньому падіння напруги, яке пропорційне величині заряду. Технологічно трифазна структура найбільш проста.

## **1.15 ДАВАЧІ СИГНАЛУ ДЛЯ КОЛЬОРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ**

Для кольорового телебачення використовуються давачі, які складаються з декількох монохромних чи спеціальних кольорових трубок, або прилади з біжучим променем.

### ***Прилад із біжучим променем***

Він є найбільш простим давачем без накопичення заряду для зчитування нерухомих об'єктів.

Прилад із біжучим променем складається з джерела біжучого променя, який розгортає зображення, і трьох фотоприймачів – ФЕП, перед якими встановлені відповідно червоний, синій і зелений світлофільтри (рисунок 1.23).

На виході відповідних ФЕП утворюються сигнали  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$ .

Давач забезпечує високу якість передачі завдяки відсутності проблеми суміщення зображень, а також високій лінійності світлової характеристики. Проте він має малу чутливість, тому застосовується для передачі кінофільмів.

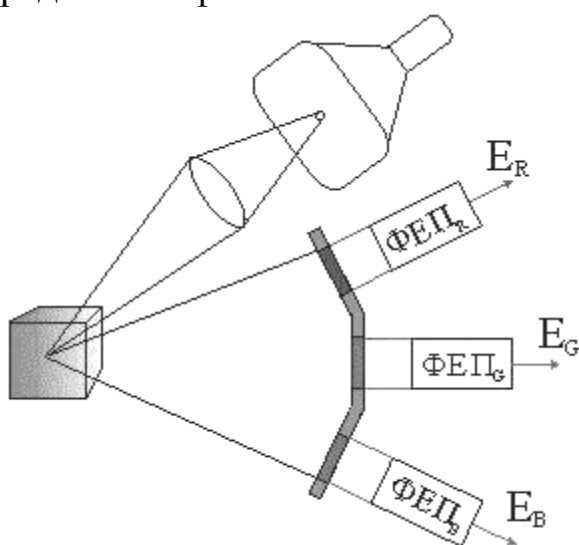


Рисунок 1.23 – Утворення сигналу в приладі з біжучим променем

### ***Тритрубчаті камери***

Вони будуються за принципом формування сигналів основних кольорів  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$  шляхом розщеплення пучка світла по спектру.

В тритрубчатих камерах використовуються один об'єктив і система оптики, яка розщеплює промінь (рисунок 1.24). Зокрема, вона може бути виконана з двох дихронічних дзеркал ДДЗР і ДДЗВ і двох звичайних дзеркал, які розділяють початковий світловий потік на три пучки.

Дихронічні дзеркала мають вибірковість:

- синє дзеркало ДДЗВ пропускає всі кольори, які відповідають довжинам хвиль від 500 нм і вище, і відбиває сині кольори, які відповідають довжинам хвиль до 460 нм;
- червоне дзеркало ДДЗР відбиває хвилі довжиною понад 580 нм і пропускає короткі.

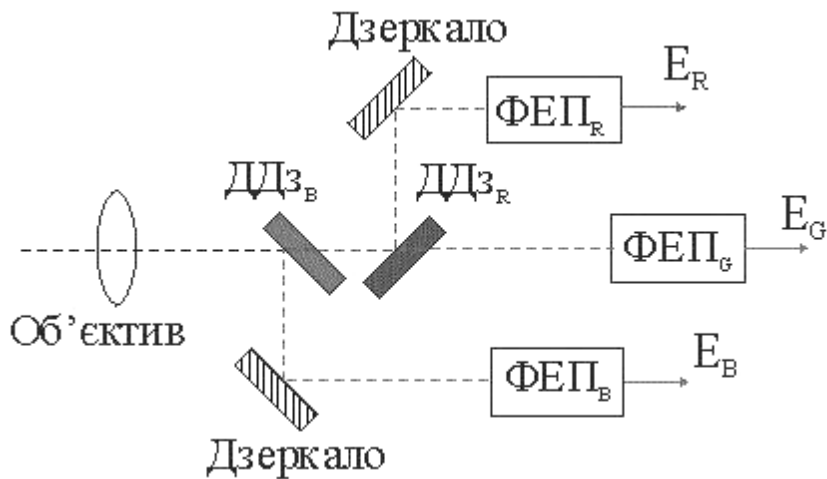
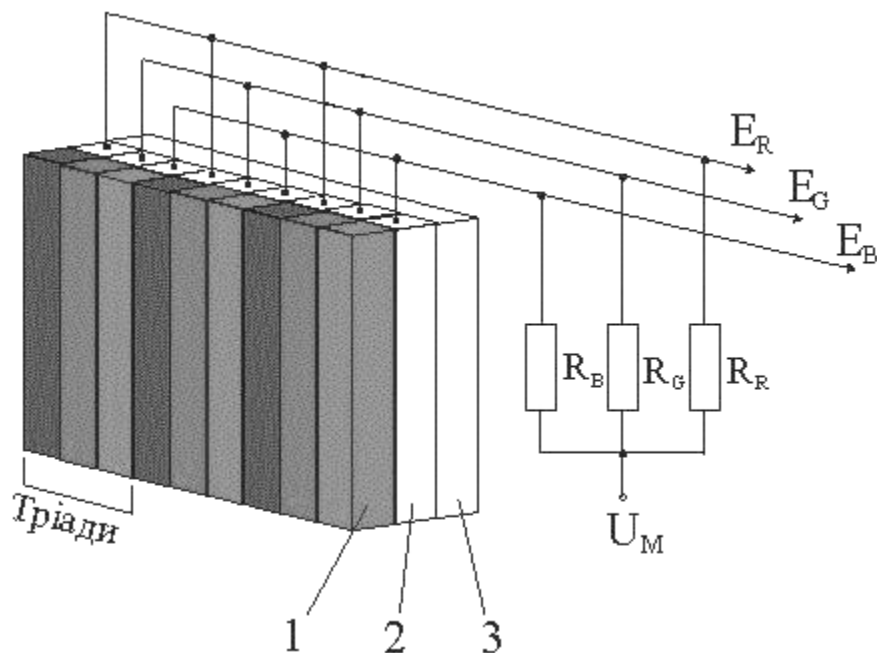


Рисунок 1.24 – Утворення сигналу в тритрубчатій камері

Вибіркове відбиття досягається за рахунок почергового нанесення на поверхню скла шарів прозорих матеріалів із різними спеціально підібраними коефіцієнтами заломлення.

### *Однотрубчаті камери*

Вони відрізняються простотою конструкції, мають малі габарити і масу і використовуються в репортажних установках. Як передавальні трубки в цих камерах використовуються, наприклад, кольорові відікони. Сигнальна пластина 2 складається з трьох ізольованих одна від одної вертикальних решіток, які чергуються (рисунок 1.25). Кількість смуг у кожній решітці відповідає кількості елементів розкладу зображення вздовж рядка. По суті це три розділені між собою сигнальні пластини, вкриті з боку розгортального електронного променя шаром фотоопору 3, а з протилежного боку – світлофільтрами 1 основних кольорів – R,G,B. В кола решіток ввімкнені навантажувальні резистори, з яких знімаються сигнали  $E_R$ ,  $E_G$ ,  $E_B$ .



### 1.16 КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДТВОРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Відтворювальні пристрої призначені для перетворення електричного сигналу у світлове зображення. Їх можна розділити на пристрої безпосереднього спостереження, в яких зображення створюється на екрані самого пристрою, і проєкційні, в яких зображення проєктується на окремий екран (рисунок 1.26).



Рисунок 1.26 – Класифікація відтворювальних пристроїв

Пристрої безпосереднього спостереження виконуються або на основі вакуумних електронно-променевих трубок (ЕПТ) або на базі матричних плоских екранів.

Найбільш розповсюджені нині вакуумні ЕПТ – кінескопи (від гр. – пристрій для спостереження руху). Кінескопи бувають монохромні (чорно-білі) і кольорові. Останні поділяються на трипроменеві і однопроменеві. За допомогою кінескопів утворюється зображення площиною

0,5 м2. Матричні екрани можуть бути реалізовані на основі електролюмінесценції в плівкових люмінофорах, динамічного розсіювання світла в рідких кристалах, газорозрядних комірках.

Проекційні відтворювальні пристрої призначені для утворення зображень великих розмірів – від одиниць до десятків квадратних метрів. Це проекційні кінескопи, світлоклапанні пристрої і лазерні проектори.

Як проекційні кінескопи можуть бути використані ЕПТ, які працюють при дуже великих напругах (до 60–80 кВ) і великих струмах променя, завдяки чому утворюється зображення великої яскравості, яке проектується безпосередньо на екран за допомогою дзеркально-лінзової оптики. Основні недоліки подібних пристроїв в невеликому ККД, недовговічності екрана кінескопа.

Був створений проекційний кінескоп із лазерним екраном у вигляді напівпровідникової пластинки, кожна точка якої являє собою елементарний лазер, який збуджується (накачується) електронним променем. При зміні інтенсивності електронного променя змінюється й інтенсивність лазерного світіння. Яскравість світіння лазерного екрана перевищує яскравість світіння люмінофорного.

Робота світлоклапанних пристроїв ґрунтується на модуляції відеосигналом інтенсивності світлового потоку потужного зовнішнього джерела світла. Модуляція здійснюється за рахунок зміни оптичних властивостей матеріалу модулятора під дією електронного променя.

Лазерні проектори формують зображення так само, що й ЕПТ, лише з тією різницею, що замість електронного променя, який обходить люмінофорний екран, використовується світловий промінь лазера, який обходить звичайний кіноекран. Перевагою лазерного відтворювального пристрою є великий контраст яскравості і висока насиченість кольорів.

### **1.17 КІНЕСКОПИ ЧОРНО-БІЛОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ**

**Кінескопи** – приймальні телевізійні трубки, які є електронно-променевими приладами з люмінофорними екранами, на яких здійснюється перетворення енергії електронів променя у світлове випромінювання. Відтворення зображення на екрані забезпечується відхиленням електронного променя за законом телевізійної розгортки, щільність якого модулюється сигналом зображення.

На передню стінку *скляної колби* 8 нанесений екран, який являє собою *шар люмінофору* 7, вкритий тонкою *плівкою алюмінію* 6 (рисунок 1.27). В циліндричній горловині колби розміщений *електронний прожектор* 2. Другий анод прожектора з'єднаний з *провідним покриттям* 4, яке нанесене на внутрішню поверхню колби і горловини. *Вивід другого анода* 5 зроблений через колбу, а інших електродів – через *цо-*

коль 1. На горловину кінескопа надівається *відхиляюча система 3*, за допомогою якої формується магнітне поле потрібної конфігурації.

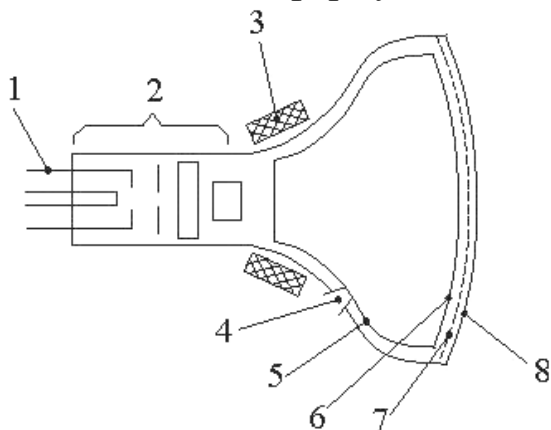


Рисунок 1.27 – Схема кінескопа безпосереднього спостереження

Алюмінієве покриття на екрані попереджає появу на ньому іонної плями (жовта пляма в центрі екрана). Така пляма зумовлена бомбардуванням екрана негативними іонами, які вилітають з катода, прискорюються напругою другого анода і, практично не відхиляючись магнітним полем, бомбардують центральну частину екрана, викликаючи його часткову руйнацію. Алюмінієва плівка затримує масивні негативні іони.

## 1.18 Електронний прожектор

Електронний прожектор – конструктивний вузол ЕПТ, який складається з анода і ряду електродів, що забезпечують прискорення, фокусування та керування щільністю електронів променя.

Електронний прожектор складається з *підігрівача 1*, *термокатода 2*, *модулятора 3*, *прискорювального електрода 4*, *фокусувального електрода 5* і *другого анода 6* (рисунок 1.28). Такий прожектор називається пентодним і дозволяє зменшити вплив прискорювального електрода на якість фокусування.

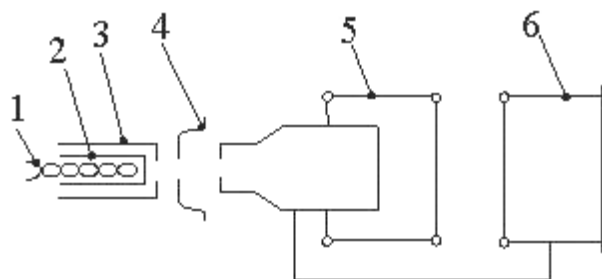


Рисунок 1.28 – Конструкція електронного прожектора

## 1.19 Кінескопи кольорового телебачення

### 1.20 Загальні відомості

Для одержання кольорового зображення в більшості сучасних кольорових ТБ приймачів і відеоконтрольних пристроїв використовується один електровакуумний прилад – кольоровий кінескоп, у якому кольорові зображення формуються з трьох кольорорізнисних сигналів методом *просторового змішання кольорів*. У більшості розроблених кінескопів використовується *трирастрова система*, при якій на екрані кінескопа формуються три одноколірні растри – червоний, зелений і синій, – сполучені з достатнім ступенем точності один з одним. Трирастрова система припускає наявність у кінескопі трьох електронних прожекторів і трьох люмінофорних груп, спектральне випромінювання яких відповідає червоному, зеленому і синьому кольорам. Поділ кольорів, тобто озабезпечення правильного влучення кожного з променів на люмінофорні елементи екрана «свого» кольору, забезпечується за допомогою *тіньової маски*. Такі кінескопи часто називають *масочними кінескопами*. За способом розташування прожекторів кінескопи поділяються на *дельта-кінескопи*, прожектори яких, а також люмінофорні групи розташовані у вершинах рівностороннього трикутника, і на *компланарні кінескопи* з розташуванням прожекторів в одній площині і *лінійчатим люмінофорними групами*.

### 1.21 Масочний кінескоп із дельтовидним розташуванням прожекторів

Особливістю його будови є розташування трьох електронних прожекторів у горловині колби симетрично щодо осі і наявність мозаїчного люмінофорного екрана. Прожектори кінескопа кріпляться у вершинах рівностороннього трикутника (див. розріз *A-A*) і нахилені до осі кінескопа на кут приблизно  $1^\circ$  (рисунок 1.29).

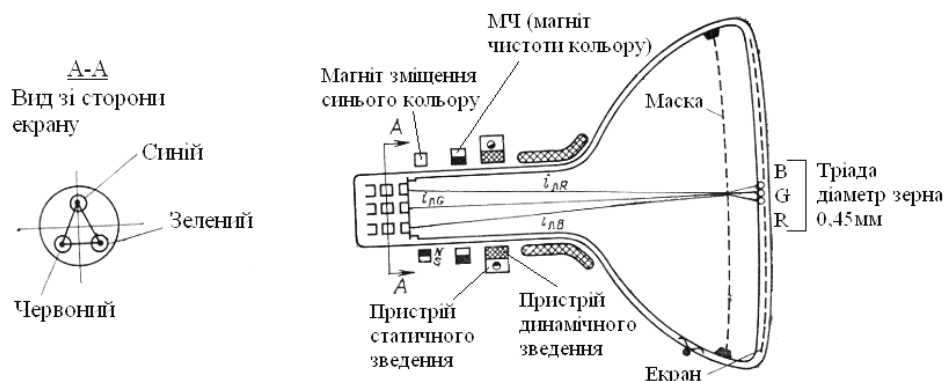


Рисунок 1.29 – Схематичне зображення кольорового масочного дельта-кінескопа

Екран кінескопа являє собою сферу зі скла з великим радіусом кривизни, на внутрішню поверхню якої у визначеній послідовності нанесені групи люмінофорних зерен трьох кольорів: червоного, зеленого і синього. Люмінофорна група, що складається з трьох різнобарвних зерен,



називається *тріадою*. Так само як у монохромному кінескопі, люмінофори з внутрішньої сторони екрана покриті тонкою алюмінієвою плівкою, з'єднаною з другим анодом.

Для направлення електронних променів на «свої» люмінофорні зерна використовується тінюва маска, встановлена на відстані 12 мм від екрана (рисунок 1.30). Вона виготовлена з листової сталі товщиною 0,15 мм і практично повторює форму екрана. У масці вирізані круглі отвори діаметром 0,25 мм, кількість яких дорівнює кількості люмінофорних тріад, тобто  $555 \times 103$ .

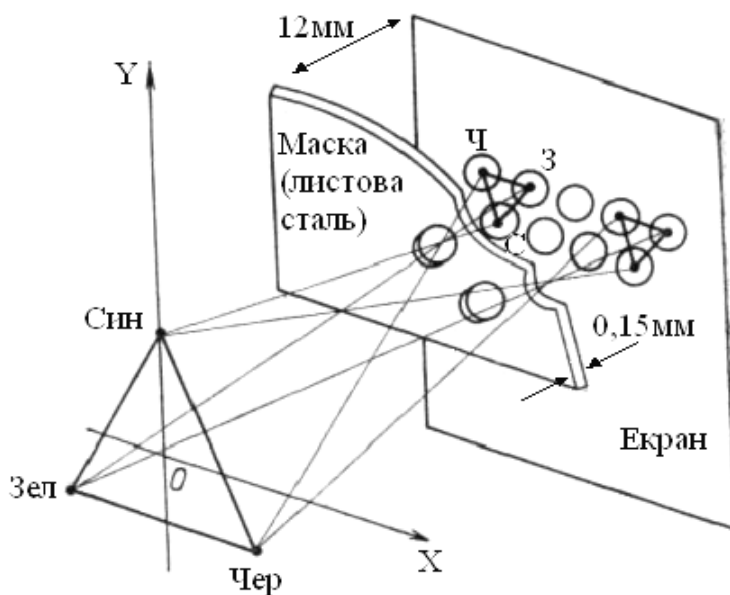


Рисунок 1.30 – Застосування тінювої маски

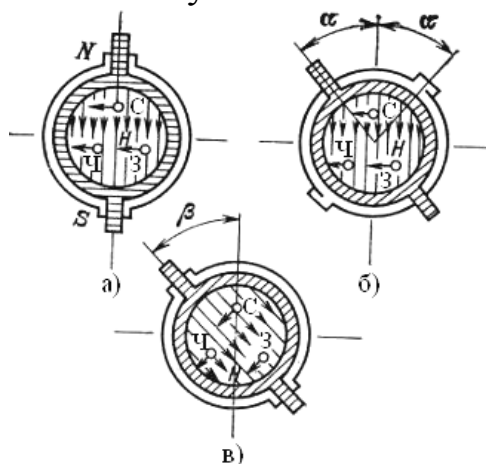
Принцип влучення електронних променів на «свої» люмінофорні зерна полягає в тому, що три промені, спрямовані з трьох рознесених на площині  $XOY$  точок, що є центрами електронних прожекторів, перетинаються в одній точці, геометричне місце якої відповідає отворі маски, і, проходячи крізь неї, потрапляють на відповідні люмінофорні зерна тріад. Центри люмінофорних зерен тріад розташовуються у вершинах рівностороннього трикутника і є проекцією центрів електронних прожекторів.

### **Специфічні для кольорового кінескопа спотворення зображення:**

**1.Порушення чистоти кольору**, зумовлене влученням електронного променя частково або цілком на «чужі» люмінофорні зерна, що виникає при бічному зміщенні або нахилі блоку електронних прожекторів щодо осі кінескопа, неправильному положенні відхиляючої системи щодо екрана кінескопа, а також під впливом зовнішніх магнітних полів, зокрема магнітного поля Землі.

Порушення чистоти кольору, викликане недостатньо точною установкою блоку електронних прожекторів і впливом зовнішніх магнітних полів, коректується за допомогою розташованого на горловині кінеско-

па магніту чистоти кольору МЧ (рисунок 4.11), що дозволяє змінювати величину і напрямок магнітного поля і тим самим здійснювати одночасне переміщення трьох променів в одному напрямку, домагаючись їхнього правильного влучення на люмінофорні зерна.



**Рисунок 1.31 – Корекція порушення чистоти кольору за допомогою магніту чистоти кольору**

Конструктивно МЧ зазвичай виконуються у вигляді двох намагнічених по діаметру кілець, укладених одне в одне. Кільця дозволяють здійснити одночасний або незалежний поворот навколо осі кінескопа (рисунок 1.31 а). Магнітне поле змінюється від максимального до мінімального поворотом кілець одне відносно одного на кут  $\alpha$  (рисунок 1.31б). Магнітне поле максимальне при  $\alpha = 0$  і мінімальне при  $\alpha = 180^\circ$ . Для зміни напрямку магнітного поля обидва кільця повертаються разом (рисунок 1.31 в).

**2. Неспівпадання зображень** від різних растрів обумовлене влученням невідхилених променів не в один отвір тіньової маски, а в сусідні або віддалені один від одного на деякій відстані, що виникає при неточному виготовленні і збиранні блоку електронних прожекторів, наприклад недотриманні заданих кутових величин тощо.

Для корекції цього неспівпадання, тобто зведення трьох невідхилених електронних променів в одну люмінофорну тріаду, служать *постійні магніти регулятора зведення* б (рисунок 4.14), що забезпечують можливість незалежного переміщення променів у радіальному напрямку, що коректує їхню траєкторію.

**3. Розсміщення електронних променів** при їхньому відхиленні від центра до краю екрана обумовлене такими основними причинами:  
а) наявність трьох електронних прожекторів, що зміщені щодо осі кінескопа і мають з нею кут нахилу  $1^\circ$ ; це приводить до появи на екрані кінескопа трьох зміщених відносно один одного *трапецеїдальних растрів* (зображених на рисунку 1.32);

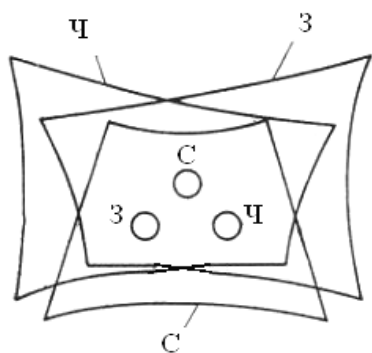


Рисунок 1.32 – Розуміщення кольорових растрів на екрані кінескопа

б) геометричні місця перетинання трьох променів при їхньому відхиленні знаходяться на поверхні сфери, радіус кривизни якої визначений кутом нахилу прожекторів ( $1^\circ$ ) і значно менше радіуса кривизни екрана. Тому при відхиленні від центра до периферії екрана електронні промені будуть досягати площини маски у вигляді розбіжних пучків і потрапляти на люмінофорні зерна різних триад (рисунок 1.33).

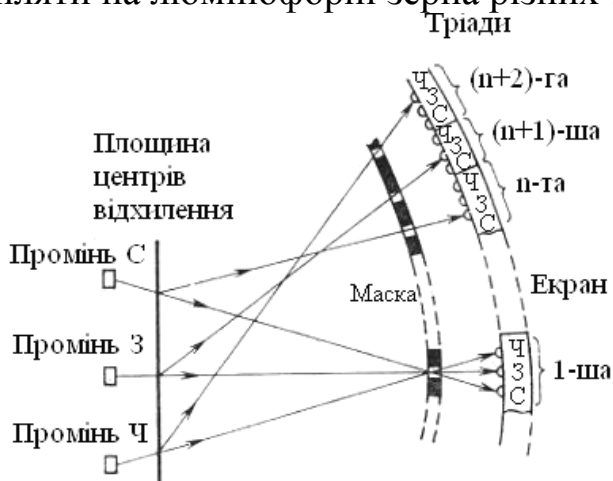


Рисунок 1.33 – Розуміщення електронних променів при відхиленні

Для корекції цих спотворень використовується система динамічного зведення, конструктивно об'єднана із системою статичного зведення (рисунок 1.34).

Пристрій динамічного і статичного зведення складається з введеного в конструкцію електронного прожектора *циліндра зведення 1*, що містить усередині *екрани 2* і *полюсні наконечники 3*, і трьох пар *П-подібних магнітопроводів регуляторів зведення 4*. Динамічне зведення забезпечується шляхом пропущення через обмотки *електромагнітів 5* регулятора зведення струмів кадрової і рядкової частот спеціальної форми. Статичне зведення досягається обертанням поміщених у зазорах середньої частини П-подібного сердечника *постійних магнітів 6*, що забезпечують незалежне радіальне переміщення променів.

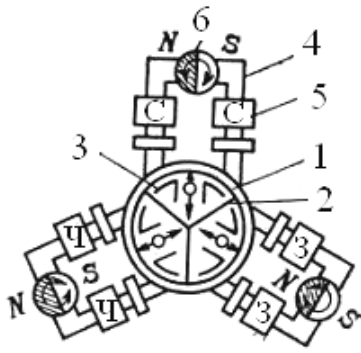


Рисунок 1.34 – Пристрій динамічного і статичного зведення

У деяких випадках тільки радіальне зміщення променів не забезпечує повне їхнє зведення в одну тріаду. Потрібне додаткове тангенціальне переміщення одного з променів, що звичайно забезпечується за допомогою магніту бічного зміщення синього променя, поміщеного на горловині кінескопа (рисунок 1.35).

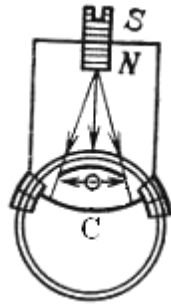


Рисунок 1.35 – Забезпечення бічного зміщення синього кольору

Масочний кінескоп із тріадним дельтоподібним розташуванням прожекторів має істотні недоліки, основними з яких є:

- необхідність складних схем динамічного зведення променів;
- мала прозорість тіньової маски, що затримує більше 80 % струму в кожному електронному промені.

## 1.22 Плазмові панелі

Принцип роботи плазмової панелі базується на керованому холодному розряді розрідженого газу (ксенону або неону), що перебуває в іонізованому стані (холодна плазма). Робочим елементом (пікселем), що формує окрему точку зображення, є група із трьох підпікселів, відповідальних за три основні кольори відповідно. Кожен підпіксель являє собою окрему мікрокамеру, на стінках якої перебуває флюоресціювальна речовина одного з основних кольорів. Пікселі перебувають у точках перетинання прозорих керувальних хром-мідь-хромових електродів, що утворюють прямокутну сітку.

Для того щоб "запалився" піксель, відбувається приблизно таке. На два ортогональні один одному живильний і керуючий електроди, у точ-

ці перетинання яких перебуває потрібний піксель, подається висока керуюча змінна напруга прямокутної форми. Газ в осередку віддає більшу частину своїх валентних електронів і переходить у стан плазми. Іони й електрони поперемінно збираються біля електродів по різні боки камери залежно від фази керуючої напруги. Для „підпалу” подається синфазний імпульс на сканувальний електрод, однойменні потенціали складаються, вектор електростатичного поля подвоює свою величину. Відбувається розряд: частина заряджених іонів віддає енергію у вигляді випромінювання квантів світла в ультрафіолетовому діапазоні (залежно від газу). У свою чергу, флюоресціювальне покриття, перебуваючи в зоні розряду, починає випромінювати світло у видимому діапазоні, що і сприймає спостерігач. 97 % ультрафіолетової складової випромінювання, шкідливого для очей, поглинається зовнішнім склом. Яскравість світіння люмінофора визначається величиною керуючої напруги.

Недоліки: у першу чергу, це вартість. Крім того, саме зображення формується з точок (пікселів) тліючого, плазмового розряду, але цей розряд важко погасити. Крім того, внаслідок великої кількості пікселів (мільйони) зростає ймовірність відмови.

Інші, не настільки важливі, недоліки, – це небажаність тривалого перегляду нерухомих зображень (інтенсивність світіння постійно палаючих елементів згодом падає), велике енергоспоживання, недостатня точність передачі кольору. Однак фірми-виробники постійно працюють над усуненням усіх цих недоліків, і досить успішно.

Зате все інше – самі переваги: великий, до 60", плоский, яскравий екран невеликої товщини і повна відсутність проблем зведення, лінійності, фокусу тощо, характерних для кінескопних телевізорів. Якість відтворення ефірних програм визначається якістю окремого блоку, –

82  
тюнера, – що у більшості випадків у комплект до плазмової панелі не входить і купується окремо. Інші пристрої звичайно підключаються до плазмової панелі через RGB або компонентний вхід.

### **1.23 Рідкокристалічні (LCD) панелі/матриці, TFT-панелі**

Даний тип електронних пристроїв сьогодні вважається найперспективнішим. Застосовується ефект керованої напругою поляризації світла рідкими кристалами, що приводить до керованого світлопропускання. Використовується екран просвітлого типу, тобто екран підсвічується зі зворотної сторони лампою білого кольору, а комірки основних кольорів RGB, розташовані на трьох панелях відповідних кольорів, пропускають або не пропускають світло, залежно від керування.

Керуючі елементи виготовлені методом напилювання на екран (TFT – Thin Film

Transistor – тонкоплівкові транзистори).

Основні недоліки на сьогодні: висока вартість, помітна залежність відтінку і яскравості від кута перегляду, деяка нерівномірність яскравості, неідеальна передача кольору, недостатня швидкодія.

Переваги: плоске, досить якісне зображення, мала товщина, низьке енергоспоживання, повна відсутність проблем, характерних для кінескопів. У цілому, якщо порівнювати кінескопні телевізори з LCD і плазмовими панелями, то переваги двох останніх досить значні. У LCD і плазмових панелях не помітний ефект "мерехтіння", очі не втомлюються. Якість зображення чудова. Конструкція компактна, LCD і плазмові панелі незрівнянно більш вузькі, ніж кінескопні телевізори. Основний недолік – висока ціна (але поступово падає, і купівельний попит зростає). Однак на даний момент кінескопні телевізори все-таки дешевше, і, до того ж, звичні.

Якщо порівнювати рідкокристалічні і плазмові телевізори, то можна помітити таке. У більшості LCD розміри екрана поки що обмежені (близько 40"), у плазмовій панелі розмір може бути значно більший (близько 60"). Роздільна здатність у LCD вище, ніж у плазмових панелях. Час відклику для LCD може бути досить помітним.

## **1.24 Проекційні телевізори і проектори**

Зображення виходить на просвітному (для проекційних ТВ) або відбиваючому (для проекторів) екрані, граничний розмір якого для проекційних ТВ становить близько 60", і до декількох метрів – для проекторів.

Для перегляду фільмів на проекторах приміщення повинне бути затемнене.

За принципом дії серед відеопроєкторів і проекційних телевізорів виділяють такі різновиди.

*На кінескопах (CRT)*

У проекційних телевізорах і проекторах на кінескопах використовуються три дуже яскраві, невеликі кінескопи основних кольорів, зображення з яких через оптичну систему і дзеркало потрапляє на екран.

Недоліки: невисока яскравість зображення, проблеми зведення, "вигорання" нерухомої частини зображення при тривалому перегляді.

Переваги: ці проектори цінуються аматорами HiEnd за природну передачу кольору (а це суттєво). Проекційні ТВ цінуються за те ж, але вони громіздкі і важкі.

*На РК (LCD) матрицях*

Проекційні 088 Юс2телевізори • і проектори на РК (LCD) матрицях мають

три матриці основних RGB-кольорів або одну триколірну матрицю, зображення з яких проектується на екран через оптичну систему. Світло утворюється потужною лампою. Для триматричної системи характерний поділ спектра світла лампи на колірні складові оптичним способом. Недоліками LCD систем є неідеальна передача кольору і недостатня швидкодія: за об'єктами, що рухаються, видний "шлейф". Крім того, оскільки ці матриці працюють на просвіт (а просвічує їх досить потужна лампа), виникає проблема відводу тепла від матриць. Якість триматричної системи істотно вища за одноматричну.

Переваги системи – порівняно невисока вартість, яскравий екран, невеликі габарити (проектори маленькі, зручні для перенесення). Останнім часом з'являються системи з LCD-матрицями відбиваючого типу, що позбавлені багатьох цих недоліків і наближаються за якістю до проекторів на основі мікродзеркальної технології при істотно меншій вартості.

*Проектори на мікродзеркалах (DLP – DigitalLightProcessing – "цифрова обробка світла")*

В основі системи лежить мікросхема – DMD-чіп, всередині якого знаходяться електростатично керовані мікродзеркала (близько двох мільйонів), кожне з яких формує точку зображення у визначеному місці екрана. DLP проектори розрізняють за кількістю DMD-чіпів (від одного до трьох).

Найякісніша система, – природно, із трьома DMD-чіпами. Промінь світла від потужної лампи розділяється призмами на три кольорові складові, кожна з яких потрапляє на свій мікродзеркальний чіп, і далі, через оптичну систему, – на екран.

Недоліків, крім вартості, не відзначено. Для DLP-проекторів, на відміну від інших систем, характерна висока контрастність. Дуже точна передача кольору, висока яскравість, дуже чіткі контури зображень. Істотно знизити вартість системи дозволяє застосування тільки одного мікродзеркального чіпу, при цьому у систему додається обертовий кольороподільний диск. На диску знаходяться віконця, послідовно пофарбовані в основні (RGB, іноді і прозорий, для підвищення яскравості) кольори. Промінь від лампи, послідовно зафарбовуючись в основні кольори, потрапляє на мікродзеркальний чіп, далі на екран – використовується властивість ока усереднювати зображення. Однак є один недолік – за рахунок послідовної передачі кольору при переведенні погляду з однієї частини екрана на іншу, помічається на екрані щось подібне до веселки. В іншому система практично не поступається тричіповим.

Є й інше рішення – тільки два чіпи, з тим же кольороподільним диском, тільки використовуються інші кольори. При цьому один чіп використовується тільки для червоного кольору, другий – для всього іншого. Усі переваги залишаються. Висока вартість DLP-систем зумовлена тим, що мікродзеркальні чіпи виготовляє тільки фірма Texas Instruments. Загальним недоліком для проєкційних систем з потужною лампою є термін служби лампи – кілька тисяч годин, це "витратний матеріал", що коштує залежно від типу від ста до тисячі доларів. Застосування такої потужної лампи потребує необхідності додаткового охолодження, але це вентилятор, що шумить. При перепадах напруги живлення лампа різко перегрівається (вентилятор не працює, тепло не відводиться), і лампу доводитиметься міняти достроково.

*Відеопроєктори* на сьогодні дозволяють створити домашній кіно-театр найвищого рівня, максимально наближений до дійсного кінотеатру. Це позбавляє необхідності затемнення приміщення перед переглядом і придбання екрана. Відеопроєктор дозволяє одержати зображення найкращої якості, з найвищими показниками контрастності, яскравості тощо. Розміри зображення, що одержується, можуть досягати декількох метрів по діагоналі.

При цьому самі відеопроєктори досить невеликі за розмірами. Екран оснащується так, щоб його можна легко зібрати, загорнути, розгорнути, сховати, причому при відповідному устаткуванні ці операції виконуються за допомогою пульта ДУ.

## **1.25 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ**

Аналоговий телевізійний сигнал відповідно до його природи повторює розподіл яскравості і кольоровості на шляху, по якому проводиться розгортка зображення, тобто він дійсно є електричним аналогом зображення. Тому системи телебачення, в яких використовується для передачі консервації або яких-небудь інших завдань обробки аналогового сигнал, називаються системами аналогового телебачення. Впродовж декількох десятиліть телебачення було аналоговим, і лише в кінці 70-х років розробникам телевізійних систем довелося зіткнутися з обмеженнями аналогових методів що серйозно звужують можливості подальшого розвитку телебачення.

Однією з головних причин цих обмежень слід вважати слабку завадостійкість аналогового сигналу, який піддається в кожному з пристроїв телевізійного тракту дії шумів і інших завад. Сучасна ж мовна ТВ система є вельми довгим ланцюгом пристроїв перетворення і передачі сигналів, число ланок якої з розвитком телебачення значно збільшується.



У будь-якій ланці цього складного ланцюга виникає неминуча втрата якості зображення. Пов'язано це з тим, що в кожному пристрої, при будь-якому з перетворень, якому піддається сигнал, на нього впливають завади. При аналогових методах підсилення і обробки ТВ сигналу ці завади накопичуються від ланки до ланки, і звісно, тим сильніше, чим більше в ТВ системі процесів обробки, переприймання або перезаписів сигналу. Поки подібних перетворень небагато, сумарні спотворення ще можуть бути непомітні. Але з розвитком телебачення число перетворень дуже швидко зростає. Збільшуються відстані між передавальними і приймальними пунктами, зростає номенклатура і число різноманітних відео ефектів, що різноманітять передачу, але вимагають додаткових перетворень, ускладнюється технологія монтажу ТВ програм. У таких системах проблема забезпечення необхідної завадостійкості стає головною. Істотно зменшити спотворення від завад при формуванні телепередачі, її консервації або передачі дозволяють цифрові методи, вже відомі в техніці зв'язку. Тому останніми роками основна увага приділяється розвитку цифрового телебачення.

*Цифрове телебачення* – область телевізійної техніки, в якій операції обробки, консервації і передачі телевізійного сигналу пов'язані з його перетворенням в цифрову форму.

Цифрові методи окрім забезпечення високої якості зображення при дії значних завад мають і інші достоїнства. Так, при однаковій пропускній спроможності каналу вони дозволяють передавати більше число програм в порівнянні з аналоговим телебаченням; завдяки зменшенню необхідних операцій по налаштуванню на етапі виробництва вони є більш технологічними; при цьому буде вищою експлуатаційна надійність цифрової апаратури. Набагато легше, порівняно з аналоговою технікою, досягається універсальність роботи цифрової апаратури в різних світових стандартах телебачення. Краща завадозахищеність цифрового сигналу дозволяє понизити вимоги до його потужності в процесі доставки до приймальних пристроїв. Повторення зображення характерні для аналогового телебачення при багатопроменевому прийомі, цифровими методами можуть бути практично повністю виключені.

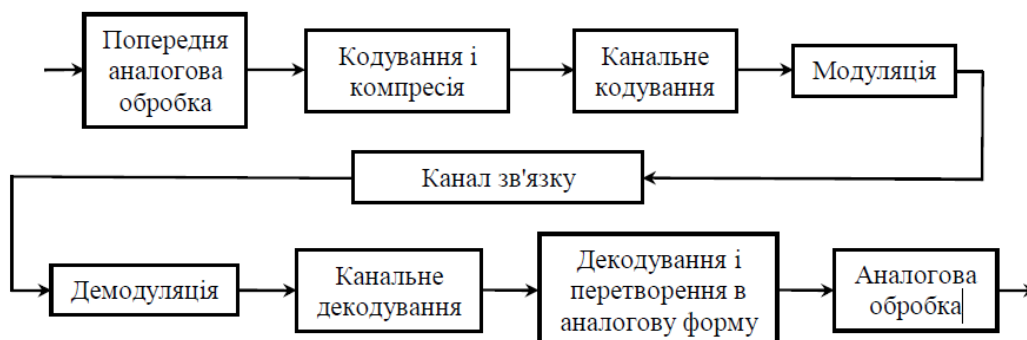
Нарешті, цифрові методи дозволять включити телебачення в єдину світову інформаційну систему через телевізійні інтерактивні канали, а також реалізувати можливість прийому телепередач через підключення до мережі Інтернет.

Можна представити системи цифрового телебачення двох типів. У системі першого типу, що є повністю цифровою, перетворення необхідного для передачі зображення в цифровий сигнал і зворотне перетворення цифрового сигналу в зображення на екрані приймача здійснюються безпосередньо в перетворювачах світло-сигнал і сигнал-світло.

У всіх ланках тракту передачі зображення інформація передається в цифровій формі. У перспективі створення таких перетворювачів цілком реально. Проте в даний час їх ще не існує, а тому доцільно розглянути цифрові ТВ системи другого типу, в яких з датчиків виходить аналоговий ТВ сигнал, потім він перетворюється в цифрову форму піддається необхідній обробці, передачі або консервації, а потім знову набуває аналогової форми. При цьому використовуються існуючі датчики аналогових ТВ сигналів і перетворювачі сигнал-світло в телевізійних приймачах. У цих системах на вхід тракту цифрового телебачення поступає аналоговий ТВ сигнал, потім він кодується, тобто перетворюється в цифрову форму.

### 1.26 УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ

Аналоговий сигнал, що підлягає перетворенню, поступає на вхід цифрової ТВ системи (рисунок 1.36). Цей сигнал піддається попередній обробці для спрощення наступних цифрових перетворюючих пристроїв. Наприклад, повний колірний сигнал розділяється в пристрої попередньої обробки на сигнал яскравості і кольорорізнісні сигнали з тим, щоб цифрові перетворення проводилися з кожним з трьох сигналів окремо. Можна ввести в аналоговий сигнал певні передспотворення для поліпшення суб'єктивної якості вихідного зображення і тому подібне. Не дивлячись на те що багато з цих попередніх операцій по обробці можуть бути зроблені і в цифровій формі на певному етапі розвитку технічно простіше їх виконувати в аналоговій формі. Далі, підготовлений для перетворення аналоговий сигнал поступає на пристрій кодування, в якому він дискретизується, квантується і проходить попереднє кодування. В отриманому таким чином сигналі міститься значна надлишковість, яка може бути певною мірою скорочена додатковим, ефективнішим кодуванням одним з методів компресії. Потім цифровий сигнал піддається так званій прямій корекції помилок, що виконується в пристрої каналного кодування, і нарешті поступає на вихідний перетворювач (наприклад, на модулятор передавального пристрою). У приймальному пристрої здійснюються зворотні операції.

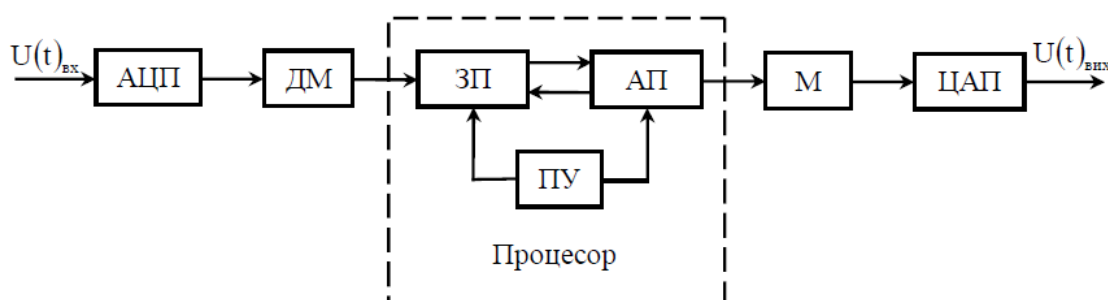


**Рисунок. 1.36**

Наведена на рисунку 1.36 схема є узагальненою і залежно від завдань, що стоять перед цифровою системою, вона може видозмінюватись. Наприклад, система взагалі не міститиме аналогових ланок, якщо використовувати перетворювачі світло-сигнал і сигнал-світло, що генерують і перетворюють сигнал в цифровому вигляді. В іншому випадку можуть бути відсутніми пристрої, що підвищують завадостійкість сигналу в каналах зв'язку. Це допустимо за відсутності протяжних ліній зв'язку і, зокрема, при цифровій обробці сигналу усередині одного телецентру. У тому ж випадку не обов'язкові і пристрої, що усувають в ТВ сигналі надлишковість і скорочують цифровий потік.

### **1.27 ЦИФРОВА ФІЛЬТРАЦІЯ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО СИГНАЛУ**

Однією з важливих особливостей цифрового сигналу є можливість здійснення різних перетворень над ним, що дозволяє у багатьох випадках поліпшити якість зображення, збагатити технологію ТВ мовлення, зробити надійнішим і простішим в експлуатації устаткування. Звичайно, і в аналоговому телебаченні здійснюється всіляка обробка сигналу. Проте цифрові методи у багатьох випадках мають переваги в точності, простоті алгоритму перетворення, в компактності устаткування. Розглянемо узагальнену структурну схему пристрою обробки ТВ сигналу (рисунок 1.37). В аналогово-цифровому перетворювачі (АЦП) проводяться операції дискретизації, квантування і кодування, що розглядались раніше. Швидкість цифрового потоку ІКМ сигналу може бути достатньо високою, тому для забезпечення роботи процесора, що здійснює обробку сигналу в реальному масштабі часу, цей потік розподіляють на декілька паралельних каналів.



**Рисунок 1.37**

твореного в АЦП сигналу і пропорційна числу каналів. Операція розпаралелювання цифрового потоку виконується в демультиплексорі (ДМ). Процесор складається з запам'ятовуючого пристрою (ЗП), арифметичного пристрою (АП) і пристрою управління (ПУ), що узгоджує роботу складових частин процесора. Арифметичний пристрій, яким керує за

заданою програмою ПУ, реалізує спільно з ЗП заданий алгоритм обробки. Іншими словами, АП виконує цифрову фільтрацію сигналу. Сукупність ЗП і ПУ забезпечує необхідні часові перетворення сигналу. Ці перетворення пов'язані з вимогою узгодження в часі вхідного сигналу з процесом обробки, з необхідністю усунення часових спотворень у вхідному сигналі, зі всілякими завданнями, що виникають при створенні спецефектів, при синхронізації джерел сигналу та ін. Сигнали, що знімаються з паралельних каналів процесора, об'єднуються в один цифровий потік в мультиплексорі (М). При необхідності зворотного перетворення цифрового сигналу в аналоговий після мультиплексора включають цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП).

Цифрова фільтрація здійснюється в пристрої, що об'єднує в собі функції пам'яті окремих відліків сигналу і логічних елементів, в яких виконуються арифметичні операції над цими відліками. Цю сукупність пристроїв називають цифровими фільтрами. Сама ж фільтрація зводиться до перетворення послідовності відліків вхідного сигналу  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_m$  в послідовність відліків вихідного сигналу  $y_0, y_1, y_2, \dots, y_m$  у відповідності до вибраного алгоритму перетворення. Від аналогової фільтрації цифрова фільтрація сигналу відрізняється лише способом фізичної реалізації. До достоїнств цифрової фільтрації відносяться: висока часова і температурна стабільність характеристик, простота перебудови фільтра зміною частоти дискретизації, можливість повторення фільтра з ідентичними параметрами. Проте не у всіх випадках технічна реалізація цифрових фільтрів простіше аналогових; крім того, цифрова фільтрація може супроводжуватися проявом в зображенні шумів квантування.

## Список літератури

### 1. Основна

1. Телебачення / Під ред. В.Е. Джаконії. – М.: Радіо та зв'язок, 1986.
2. Домбругов Р.М. Телебачення. – Київ : Вища школа, 1988.
3. Проектування та технічна експлуатація телевізійної апаратури / Під ред. С.В. Новаковського. – М : Радіо та зв'язок, 1989.
4. Ю.Б. Зубарьов, Г.Л. Глоріозов. Передача зображень – М. : Радіо та зв'язок, 1989.
5. А.В. Виходець, В.І. Коваленко, М.Т. Кохно – Звукове та телевізійне мовлення; - М. : Радіо та зв'язок, 1987.
6. Цифрове телебачення / Під ред. М.І. Кривошеєва. - М. : Радіо та зв'язок, 1980.
7. Певзнер Б.М. Якість кольорових ТВ зображень : видання друге ; М. : Радіо та зв'язок, 1988.

8. Радіорелейні та супутникові системи передачі : Підручник для вузів / Під ред. А.С. Немировського . - М. : Радіо та зв'язок , 1986. – 392 с
9. Системи радіозв'язку : Підручник для вузів / Під ред Л.Я. Калашникова - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 352 с
- 10.Посібник по радіорелейному зв'язку / Під ред С.В. Бородича - М. : Радіо та зв'язок , 1981. – 416 с
- 11.Супутниковий зв'язок та мовлення. Посібник / Під ред. Л.Я. Кантора - М. : Радіо та зв'язок , 1988. – 344 с
- 12.Системи космічного зв'язку. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачова; Одеса 1989.
- 13.Сучасні системи радіозв'язку в прикладах та задачах. Посібник під ред. Б.В. Одинцова , Е. А. Сукачова; Одеса 1990.
- 14.Мамчев Г.В. «Основы радиосвязи и телевидения», 2007 год;
- 15.Джакония В.Е., Гоголь В.А., Друзин Я.В. «Телевидение (4-е издание), 2007
- 16.Локшин Б.А. «Телевизионное вещание. От студии к телезрителю», 2001
- 17.Кириллов В.И., Ткаченко А.П. «Телевидение и передача изображение», 1988
- 18.Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. «Основы цветного телевидения», 1982
- 19.Ельяшкевич С.А., Юкер А.М. «Усовершенствование телевизоров ЗУСЦТ и 4УСЦТ», 1994
- 20.Быков Р.Е., Сигалов В.М., Эйссенгардт Г.А. «Телевидение», 1988
- 21.Ельяшкевич С.А. «Справочное пособие. Цветные телевизоры ЗУСЦТ», 1990
- 22.Зубарев Е.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. «Цифровое телевизионное вещание. Основы и методы», 2001
- 23.Корытов В.И «Телевизоры ЗУСЦТ. Ремонт и настройка», 1999
- 24.Смирнов А.В. «Основы цифрового телевиденья», 2001
- 25.Ельяшкевич С.А., Песков А.Е. «Телевизоры ЗУСЦТ, 4УСЦТ, 5УСЦТ. Устройство, регулировки, ремонт»
- 26.Шумихин Ю.А. «Телевизионный сигнал», 1968
- 27.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 1 Принципи радіозв'язку, 2014
- 28.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 2 Радіопередавальні пристрої, 2014
- 29.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 3 Радиоприйёмные устройства, 2014
- 30.Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 4 Физические основы телевидения, 2014

31. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 5 Основные принципы функционирования телевизионных систем, 2014
32. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 6 Формирование телевизионного сигнала, 2014
33. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 7 Конструктивні особливості телевізійної апаратури, 2014
34. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 8 Особенности построения телевизионных систем, 2014
35. Пархоменко В.Л. Лекція, Практичне і Лабораторне заняття 9 Сети телевизионного вещания, 2014

## **2.Додаткова**

1. Мордуховіч Л.Г., Степанов А.П. Системи радіозв'язку. Курсове проектування. - М. : Радіо та зв'язок , 1987. – 192 с
2. Спілкер Дж. Цифровий супутниковий зв'язок / пер. з англ. ; Під ред. В.В. Маркова - М. : Зв'язок , 1979. – 592 с
3. Одинцов Б.В., Сукачов Е.А. , Гуцаюк А.К. Цифрові системи радіозв'язку : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1988. – 56 с.
4. Одинцов Б.В., Сукачов Е.А. , Гуцаюк А.К. Космічний зв'язок : Навчальний посібник / ОЕІС ім. А.С. Попова – Одеса , 1989. – 56 с.
5. Новаковський С.В. Колір в кольоровому телебаченні - М. : Радіо та зв'язок, 1988.
6. Кривошеєв М.І. Основи телевізійних вимірювань. : видання 3 – е. - М. : Радіо та зв'язок , 1989.
7. ГОСТ 7845 – 79. Система мовленнєвого телебачення. Основні параметри , методи вимірювань.
8. Прийом телебачення та радіомовлення з супутників / Д.Ю. Бем , М.Є. Ільченко , А.П. Житков, Л.Г. Гассанов. – К.: Техніка , 1992. – 176 с.
9. Довідник. Індивідуальні відео – засоби. С.А. Сєдов – Київ 1990.
10. В.Бондарьов , Г.Трьостер , В. Чернега. Цифрова обробка сигналів : методи та засоби. Навчальний посібник для вузів. Харків 2001.