

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**С. В. Павлов, Г. Д. Дорощенко, З. Ю. Готра,
В. Вуйцик, П. О. Крокос, З. М. Микитюк**

**СИСТЕМИ ТА ПРИСТРОЇ
ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

Монографія

Вінниця
ВНТУ
2018

Замовити цю книгу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/367>

Видавництво Вінницького національного технічного університету

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog>

УДК 621.397

C40

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 3 від 26.10.2017 р.)

Автори:

**С. В. Павлов, Г. Д. Дорощенко, З. Ю. Готра, В. Вуйцик,
П. О. Крокос, З. М. Микитюк**

Рецензенти:

О. В. Осадчук, доктор технічних наук, професор
О. Г. Аврунін, доктор технічних наук, професор

Системи та пристрої відображення інформації : монографія /
C40 С. В. Павлов, Г. Д. Дорощенко, З. Ю. Готра та ін. – Вінниця :
ВНТУ, 2018. – 216 с.

ISBN 978-966-641-720-9

У монографії детально розглянуто одну з галузей електроніки, що прогресує найшвидше, – засоби відображення інформації. Особливу увагу приділено рідкокристалічним дисплеям та відеоекранам на базі над'яскравих світлодіодів з підвищеними ергонометричними характеристиками для яких характерно широке застосування великих інтегральних мікросхем та дискретних оптоелектронних індикаторів.

Для науковців, аспірантів, студентів та фахівців відповідного напрямку.

УДК 621.397

ISBN 978-966-641-720-9

© С. Павлов, Г. Дорощенко, З. Готра, В. Вуйцик, П. Крокос,
З. Микитюк, 2018

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАСОБІВ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ.....	11
1.1 Класифікація засобів відображення інформації	11
1.2 Фотометричні параметри індикаторів	15
1.3 Електрофізіологія зорової системи	19
1.4 Порівняльний аналіз дискретних індикаторів	27
РОЗДІЛ 2 ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВІ ТРУБКИ	32
2.1 Будова електронно-променевих приладів	32
2.2 Електронна гармата і фокусувальна система.....	34
2.3 Маски для електронно-променевих трубок	37
РОЗДІЛ 3 ПРОЕКЦІЙНЕ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ.....	41
3.1 Системи безпосередньої проєкції	41
3.2 Світлоклапанні проєкційні системи	44
3.3 Мікродзеркальні проєкційні системи	49
3.4 Рідкокристалічні проєкційні системи.....	55
3.5 Лазерні системи відображення інформації	58
РОЗДІЛ 4 ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ БЕЗПОСЕРЕДНЬО ВІДЕОЕКРАНОМ.....	66
4.1 Рідкокристалічні засоби для відображення.....	66
4.2 Газорозрядні засоби для відображення	84
4.3 Світлодіодні засоби для відображення.....	92
4.4 Інші перспективні засоби для відображення	122
РОЗДІЛ 5 МЕТОДИ МОДУЛЯЦІЇ, АДРЕСАЦІЇ ТА РОЗГОРТКИ.....	151
5.1 Методи модуляції інформативного параметра	151
5.2 Системи адресації	155
5.3 Розгортка зображення в засобах відображення інформації.....	158
5.4 Модуляція яскравості в засобах відображення інформації.....	159

РОЗДІЛ 6 СХЕМОТЕХНІКА РІДКОКРИСТАЛІЧНИХ МОНІТОРІВ І НОУТБУКІВ	162
6.1 Формування зображення в рідкокристалічних пристроях	162
6.2 Типова архітектура рідкокристалічних дисплеїв	169
6.3 Типовий інтерфейс рідкокристалічних дисплеїв.....	174
6.4 Мікросхеми провідних фірм для керування дисплеями.....	177
6.5 Архітектура панелей високої роздільної здатності.....	181
РОЗДІЛ 7 СХЕМОТЕХНІКА ДИСКРЕТНИХ ВІДЕОЕКРАНІВ.....	188
7.1 Формування градацій яскравості зображення	188
7.2 Структурна організація відеоекранів на світлодіодах	192
7.3 Синтез комірок відображення для відеоекрана	201
7.4 Світлодіодний відеоекран НВФ «Планета-М»	206
ВИСНОВКИ.....	209
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	210

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АС – змінний струм;
АСС – компланарна структура змінного струму;
АСМ – матрична структура змінного струму;
AFLC – антисегнетоелектричний рідкокристалічний;
АМ – активно-матричний;
BiNem – бістабільний нематичний;
BTN – бістабільний твіст нематичний;
CEF – фільтр підсилення контрасту;
CNT FED – FED з катодом на вуглецевих нанотрубках;
CRT або ЕПТ – електронно-променева трубка;
DC – постійний струм;
DLP – проєкційна система з мікроскопічними дзеркалами;
DMD – мікродзеркальний пристрій;
ECD – електрохромний дисплей;
EIL – електронно-інжекційний шар;
EML – емісійний шар;
EPD – електрофорезний дисплей;
ETL – електронно-транспортний шар;
FED – дисплей на польовій емісії;
FLC – сегнетоелектричний рідкокристалічний;
FLCD – сегнетоелектричний рідкокристалічний дисплей;
NIL – дірково-інжекційний шар;
NL – світловипромінювальний елемент;
NTL – дірково-транспортний шар;
ITO – суміш оксидів індію та олова;
LAT – рядок за період;
LC або РК – рідкокристалічний;
LCD або РКД – рідкокристалічний дисплей;
LCoS – рідкі кристали на кремнії;
LVDS – послідовні диференціальні сигнали;
OLED – органічний світлодіод;
PAT – точка за період;
PDP – плазмова панель;
POLED – органічний світлодіод на полімерах;
PPDS – диференціальне передавання сигналів за схемою точка-точка;

RGB – червоний, зелений, синій;
RSDS – сигнали внутрішньої шини даних;
RTC – компенсація часу відгуку;
SED – дисплей на поверхневій емісії;
SMD – прилад, що монтується на поверхню;
SMOLED – органічний світлодіод на низькомолекулярних сполуках;
STN – супертвіст-нематичний;
TCON – дисплейний контролер;
TFT або ТПТ – тонкоплівковий польовий транзистор;
TN – твіст-нематичний;
WUXGA – формат 1920×1200;
WXGA – формат 1280×768;
АІЗС – автоматизована інформаційно-забезпечувальна система;
АІКС – автоматизована інформаційно-керуюча система;
АІМ – амплітудно-імпульсна модуляція;
БД – блок декодування;
БНФ – блок нелінійного формування тривалості градацій;
БОП – блок оперативної пам'яті;
БППР – блок послідовно-паралельних регістрів;
БР – блок розгортки;
ВКЛ – вакуумний катодоліумінісцентний;
ВОЛЗ – волоконно-оптична лінія зв'язку;
ВПБ – відеопроцесорний блок;
ВР – вакуумний розжарюваний;
ГР – газорозрядний;
ДЗВІ – дискретний засіб відображення інформації;
ДРС – динамічне розсіювання світла;
ДСВІ – дискретна система відображення інформації;
ДШ – двійковий дешифратор;
ЕВ – елемент відображення;
ЕЛ – електролюмінісцентний;
ЕРС – електрорушійна сила;
ЕММ – електромагнітомеханічний;
ЕХ – електрохромний;
ЕХМ – електрохімічний;
ЗВІ – засіб відображення інформації;
ЗЧ – запам'ятовувальна частина;

ІМС – інтегральна мікросхема;
КВ – комірка відображення;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
КЧ – комбінаційна частина;
ЛСВІ – лазерна система відображення інформації;
ЛЧ – двійковий q -розрядний лічильник;
ЛЧФ – логіко-часова функція;
МВЕ – матричний відеоекран;
МДН – метал–діелектрик–напівпровідник;
НРК – нематичні рідкі кристали;
СВІ – система відображення інформації;
СД – світлодіодний; світлодіод;
СЕ – сегнетоелектричний;
СП – схема порівняння;
СРК – смектичні рідкі кристали;
ПР – парорідинний;
ПЧМС – просторово-часовий модулятор світла;
ФІМ – фазо-імпульсна модуляція;
ФС – формувач сигналів;
ХРК – холестеричні рідкі кристали;
ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач;
ЧІМ – частотно-імпульсна модуляція;
ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.

ВСТУП

Людина сприймає інформацію органами відчуттів. Найбільш ефективним є зорове сприйняття (до 80 % від всього об'єму) інформації, для отримання якої використовують різні засоби відображення інформації. Відображення інформації – це подання її у формі, прийнятній для безпосереднього сприйняття людиною. Всі засоби відображення інформації можна розділити на дві групи: засоби реєстраційного відтворення (реєстрації інформації на матеріальному носії, наприклад, друковані видання) і засоби наочного відтворення (відображення інформації безпосередньо пристроєм, наприклад, монітором) [1].

Засоби відображення інформації останнім часом часто називають засобами візуалізації або відеоінформування, що не змінює суті цього поняття. Такі засоби призначені для надання людині інформації у візуальній формі.

Область застосування цих засобів практично не обмежена. Наведемо деяке їх використання. Монітори і дисплеї для промислового застосування: засоби відображення для устаткування, верстатів, систем контролю, діагностики та керування. Засоби візуалізації для центрів керування, диспетчерських і ситуаційних центрів. Системи відображення інформації для конструкторських бюро, інженерних, проектних і дизайнерських робіт. Тренажери, симулятори і візуальні засоби для навчання персоналу. Засоби візуалізації для роботи із просторовими даними: геоінформаційні системи, картографія, 3D просторове моделювання та інше. Інформаційні табло та екрани для сфери транспорту: вокзалів, аеропортів та інше. Устаткування для конференц-залів, навчальних аудиторій, кімнат переговорів і нарад [2].

Різноманіття, великий обсяг і часте оновлення інформації вимагають застосування засобів наочного відтворення, що забезпечують оперативне подання її у візуальній формі. Призначення інформаційної системи має визначати конкретний зміст того або іншого виду інформації. Склад відображуваної інформації обумовлюється рівнем ланки керування в загальній структурі системи й завданнями, що розв'язуються цією ланкою при керуванні. Звичайно інформація подається людині в таких двох випадках [3, 4]:

– коли інформація необхідна людині для прийняття нею якогось рішення з керування процесом (об'єктом) і людина виступає в ролі керуючого органа певної системи управління;

– коли інформація необхідна людині для прийняття нею якогось рішення своєї поведінки і людина є об'єктом управління певної системи управління.

Автоматизація інформаційних процесів в середовищі обслуговування населення міст потребує розв'язання проблеми на всіх рівнях. Потреба людини в інформації, яка надається їй у стислому вигляді, зростає через збільшення потоків інформації, що циркулює в сучасному суспільстві, забезпечуючи зв'язок людини із зовнішнім світом. Існує необхідність оперативного подання інформації людям, наприклад, постійну інформацію про час, що спливає, про результати спортивних змагань тощо. Все це викликало появу технічних засобів інформування, розрахованих на масового споживача. До таких відносяться широко відомі системи інформування пасажирів про рух поїздів на залізничних вокзалах, про виліт та прибуття літаків на аеровокзалах, системи інформування глядачів про хід спортивних змагань на стадіонах та інші, виконані, як правило, на дискретних індикаторах. Раніше основним типом індикатора, що найбільш широко застосовувався (телебачення, комп'ютери), була електронно-променева трубка (ЕПТ), яка за роки використання вочевидь досягла межі своїх можливостей – якості зображення, споживаної потужності і т. п. Однак такі недоліки ЕПТ як висока прикладена напруга та великий подовжній розмір, тобто не площинність конструкції примусили розробників шукати рішення в галузі дискретної індикаторної техніки. Ще в 80-ті роки минулого сторіччя відомий вчений Ю. Р. Носов був впевнений, що майбутнє за трьома «китами індикаторної техніки»: газорозрядними, рідкокристалічними та світлодіодними індикаторами [5]. Сучасність це блискавично підтвердила.

Зусилля розробників дискретної індикаторної техніки дали відчутні результати. Рідкокристалічні монітори практично витіснили ЕПТ в таких галузях використання як комп'ютери та телебачення. Подальший розвиток систем відображення інформації буде відбуватись у напрямку використання удосконалених типів плоских матричних індикаторів з вбудованими інтегральними мікросхемами (ІМС) з середнім та високим ступенем інтеграції [6, 7].

Для візуального подання інформації та її реалістичного відображення в професійних інсталяціях (ситуаційні центри, диспетчерські, телестудії та кінотеатри, транспортні термінали, інформаційні системи та рекламні засоби тощо) широко використовуються системи відтворення зображень, серед яких перспективними є відеосистеми на основі світлодіодних матричних відеоекранів [6–9].

Монографія складається з сімох розділів. У першому розділі проведено класифікацію засобів відображення інформації та розглянуто їх основні параметри. Наведено характеристики зорової системи людини. Зроблена оцінка ефективності систем відображення інформації за критерієм відношення ціна/якість. У другому розділі описано будову та основні вузли електронно-променевих трубок – найбільш поширеному в недалекому минулому засобу відображення інформації. В третьому розділі розглянуто основні типи проекційних систем відображення інформації – системи безпосередньої проекції, світлоклапанні, мікродзеркальні та лазерні проекційні системи відображення інформації. В четвертому розділі розглянуто дискретні пристрої відображення інформації – рідкокристалічні, газорозрядні (плазмові), світлодіодні та інші перспективні засоби. У п'ятому розділі описано методи модуляції, адресації та розгортки для управління дискретними засобами відображення інформації. В шостому розділі розглянуто схемотехніку рідкокристалічних дисплеїв. В сьомому розділі описано схемотехніку дискретних відеоекранів на світлодіодах.

РОЗДІЛ 1

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАСОБІВ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Класифікація засобів відображення інформації

Як було відмічено раніше всі засоби відображення інформації поділяються на засоби реєстрації інформації на матеріальному носії (друковані видання) і саме засоби наочного відтворення, які реалізуються у вигляді як окремих різноманітних технічних пристроїв, так і систем відображення інформації (СВІ). Використовуючи термін засоби відображення інформації (ЗВІ), пам'ятаємо що це саме засоби наочного відтворення.

Для теорії та практики ЗВІ характерно:

- різноманітність фізичних ефектів та технічних пристроїв, що використовуються для відображення інформації;
- використання пристроїв відображення інформації буквально в усіх галузях людської діяльності та велика кількість їх розробників;
- проектування комплексів відображення інформації як єдиного цілого.

Це знайшло висвітлення у низці класифікацій ЗВІ. Класифіковані множини, власне ЗВІ, багаторазово перетинаються та ієрархія по кожному з них не тільки багатосходинкова, а й взаємопов'язана з рівнями іншої множини, вибір груп та рівнів класифікації суб'єктивне і залежить від цілей варіанта класифікації [4].

Розробляти всебічну класифікацію ЗВІ не має сенсу з огляду на постійну появу нових технологій в цій галузі. Наведемо найбільш суттєві критерії для класифікації ЗВІ:

- за *метою надання інформації* ЗВІ можна розглядати як підсистему чи пристрій у складі автоматизованої інформаційно-керуючої системи (АІКС), або як автоматизовану інформаційно-забезпечувальну систему (АІЗС) чи автономний пристрій [3];
- за *характером (типом) відображення інформації* ЗВІ можна поділити на знакові, знакографічні та універсальні [4];
- за *способом отримання зображення* ЗВІ поділяються на засоби безпосереднього та засоби проєкційного відображення [1].

ЗВІ у складі АІКС призначені для подання інформації оператору або колективу операторів і тому є пристроями індивідуального або колективного користування. Найчастіше такі ЗВІ призначені для експлуатації всередині приміщень чи рухомих установок (автомобілі, літаки тощо).

В другому випадку досить часто в якості об'єкта управління розглядається велика кількість споживачів інформації, інформуючи яких, ЗВІ впливає на їх подальшу діяльність, тому дані засоби можна класифікувати як масові ЗВІ, маючи на увазі те, що інформація засобу відображення доступна одночасно значній кількості споживачів. В залежності від установки всередині або поза приміщенням масові ЗВІ можна розділити на внутрішні та зовнішні.

Діапазон інформації знакових ЗВІ алфавіт, цифри, умовні знаки. Знакографічні ЗВІ відображають інформацію у вигляді графіків, діаграм, мультиплікації тощо. Найчастіше дані ЗВІ відтворюють і знакову інформацію. Універсальні ЗВІ відображають інформацію будь-якого типу включно з багатоградаційними зображеннями.

Подальша класифікація ЗВІ стосується засобів безпосереднього та проєкційного відображення.

Проекційні засоби відображення інформації містять системи прямої (або фронтальної) проєкції, у яких проєктор і глядачі розташовуються з одної сторони та системи зворотної проєкції (просвітні системи), у яких проєктор і глядачі перебувають по різні сторони проєкційного екрана [2].

Особливості фізичних принципів формування інформаційної моделі на екрані поділяють проєкційні засоби відображення інформації на безпосередньої проєкції (пряме бачення [1]), стілоскопичні, фотопроєкційні та світлоклапанні [10].

До засобів проєкційного відображення відносяться також відповідні голографічні та лазерні системи [1].

Стілоскопичні, фотопроєкційні та електромеханічні проєкційні засоби відображення інформації (кінопроєктори) використовують проміжні носії (плівки, пластини та ін.) для попереднього формування зображення, що суттєво зменшує швидкодію цих систем і практично перекреслює можливість їх використання в реальному часі.

Лазерні системи відображення інформації використовують лазер як джерело формування зображення. До них ставлять системи з пасивним і активним екранами.

Системи безпосереднього відображення інформації на екрані будують або з використанням електронно-променевих трубок (звичайних і знакових), або з використанням індикаторів у вигляді матриці. До електронно-променевих засобів безпосереднього відображення відносяться знакові електронно-променеві трубки типу «характрон», «комполитрон», тайпотрон», «прінтоскоп» і спеціальні ЕПТ [1].

ЗВІ, відмінністю яких є впорядковане та незмінне відносно поля зображення індикатора розташування деякої множини дискретних відокремлених одна від одної неробочим проміжком світловідтворювальних комірок, які зазвичай називають дискретними (ДЗВІ) [3, 11], враховуючи дискретний характер інформаційного поля. ДЗВІ найчастіше використовують матричні методи управління індикаторами, тому в деяких виданнях [12] їх називають матричними. Матричні ЗВІ є окремим випадком дискретних ЗВІ, в яких можуть використовуватися й інші методи управління індикаторами.

Універсальні ДЗВІ викликали особливий інтерес, тому що вважалося [5, 13], що вершиною дискретної індикаторної техніки буде створення мікроелектронного аналога телевізійної електронно-променевої трубки. Прагнення «піти» від кінескопів підкріплювалося такими їх недоліками як наявність великого вакуумованого об'єму, недостатня стійкість, високовольтність, неоднорідність яскравості усєї робочої площі, складність виготовлення та обмеженість розмірів, робочого поля зображення. Тому, коли ще в 1950 році фірма *Sylvania* (США) продемонструвала електролюмінісцентну панель, мало хто сумнівався, що телевізори з плоским екраном будуть розповсюдженим явищем вже з середини сімдесятих років. Однак це трапилось тільки в третьому тисячоріччі завдяки спеціалістам цілої низки країн. Особливо активні дослідження в цьому напрямку проводили фірми Японії та США.

Фізичні ефекти, придатні для використання в дискретній індикаторній техніці, виключно різноманітні [5, 7].

1. Свічення вольфрамової нитки, що поміщена у вакуум і розжарена пропусканням крізь неї електричного струму – лампи розжарювання або вакуумні розжарювані (ВР) індикатори.

2. Свічення, що супроводжує електричний розряд в газах та свічення фотолюмінофорів під дією ультрафіолетового випромінювання, викликаного електричним розрядом в газах – газорозрядні (ГР) або плазмові індикатори.

3. Передпробивна електролюмінесценція порошкових люмінофорів в змінному електричному полі і електролюмінесценція тонких полікристалічних плівок в постійному та змінному електричних полях – електролюмінісцентні (ЕЛ) індикатори.

4. Інжекційна люмінесценція монокристалічних напівпровідників з *p-n* переходами і випромінювання фотолюмінофорів, нанесених на напівпровідникові випромінювачі (антистоковий люмінофор на інфрачервоному випромінювачі та «звичайний» люмінофор на випромінювачі синьо-зеленого діапазону) – напівпровідникові або світлодіодні (СД) індикатори.

5. Високовольтна та низьковольтна катодолюмінісценція – електронно-променеві трубки (ЕПТ або CRT – *cathode ray tubes*) та вакуумні катодолюмінісцентні (ВКЛ) індикатори або індикатори на польовій емісії (FE – *field emission*) чи на поверхневій емісії (SE – *surface conduction electron emitter*).

6. Переміщення (поворот) кульок або дисків-шторок, половина з яких мають різний колір – електромагнітомеханічні (ЕММ) індикатори.

7. Електрооптичні ефекти в рідких кристалах – рідкокристалічні (РК або LC – *liquid crystal*) індикатори.

8. Зміна забарвлення речовини при пропусканні крізь неї електричного струму – електрохромні (ЕХ або ЕС – *electrochromic*) індикатори.

9. Перенесення заряджених пігментних частинок у колоїдній суспензії – електрофорезні (ЕФ або ЕР – *electrophoresis*) індикатори.

10. Електричні явища в сегнетодіелектриках з ефектом подвійного променезаломлення – сегнетоелектричні (СЕ) індикатори.

11. Різноманітні оборотні електро- та фотохімічні процеси – електрохімічні (ЕХМ) індикатори.

12. Зміна оптичних властивостей речовини при переході з рідкої фази у пароподібну при нагріванні електричним струмом – парорідинні (ПР) індикатори.

При зіставленні цих ефектів всі індикатори діляться на дві основні групи: активні світловипромінювальні (1–5), в яких електрична енергія перетворюється у світло, і пасивні світломодульовальні (6–12), які

тільки модулюють зовнішній світловий потік. Основними перевагами активних індикаторів є висока швидкодія, здатність працювати при малій освітленості навколишнього середовища і великий кут огляду. За цими параметрами пасивні індикатори поступаються активним, але зате зберігають контраст при високій освітленості і споживають набагато менше електричної енергії.

1.2 Фотометричні параметри індикаторів

Фотометрія – це одна із галузей радіометрії, яка включає фізичне вимірювання потужності і енергії потоку випромінювання, а їх кількісна фотометрична оцінка отримується в наслідок накладання на результати чутливості зорового аналізатора. Таким чином, під фотометрією розуміється процес кількісного вимірювання потоку випромінювання, що викликає фізіологічне відчуття яскравості [14].

Створення засобів відображення інформації потребує урахування психофізіологічних можливостей оператора. Реакція зорового аналізатора людини залежить від енергетичних параметрів і спектрального складу випромінювання. Світлове випромінювання характеризується низкою фотометричних параметрів. Основними з них є світловий потік, сила світла, яскравість, освітленість, контраст [15].

На рис. 1.1 зображені криві відносної спектральної чутливості денного (колбочкового) та нічного (паличкового) зору [14].

Ці криві прийняті в якості стандарту для візуального розпізнання, хоч характеристики світлової чутливості різних індивідів відрізняються, зокрема, в точках екстремумів. Ці криві відображають відгук людини-спостерігача на різноманітні частоти або кольори при постійному рівні потужності вимірювання і тісно пов'язані з характеристиками сприйняття зорової системи людини. Око найбільш чутливе до зеленого кольору і чутливість його падає на декілька порядків для довжин хвиль λ , що відповідають червоному та синьому кольорам. Світлова ефективність W зорової системи є відношенням фотометричної вихідної величини до енергетичної вхідної величини і для монохроматичного світла визначається таким чином:

$$W = 680y(\lambda), \quad (1.1)$$

де y – функція колбочкового зору, яка показана на рис. 1.1.

Таким чином, на довжині хвилі 555 нм W дорівнює 680 лм/Вт, що відповідає піку на кривій колбочкового відгуку і зеленому кольору.

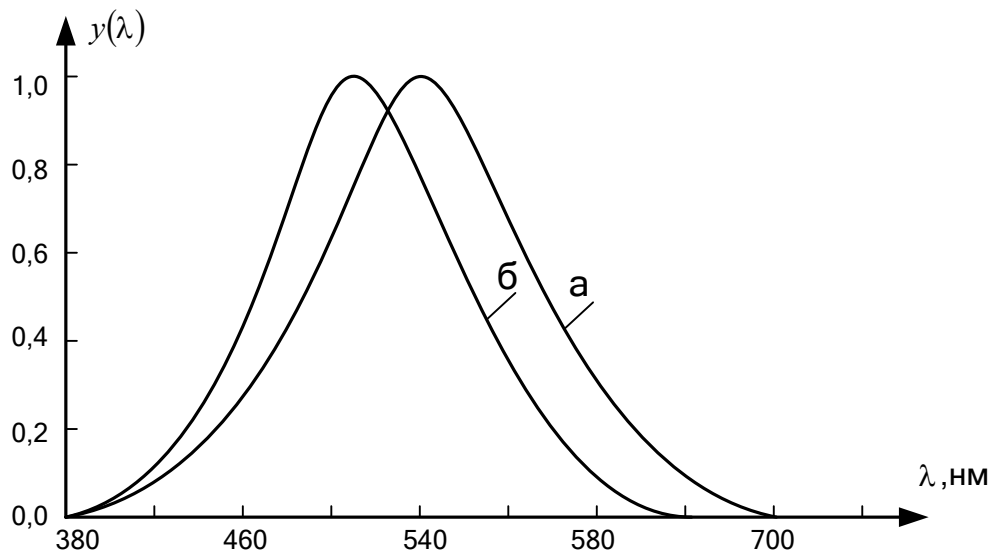


Рисунок 1.1 – Криві відносної спектральної чутливості:
а) денного (колбочкового) та *б*) нічного (паличкового) зору

Фотометричні параметри найкраще можна зрозуміти, якщо звернутись до діаграми на рис. 1.2 [14].

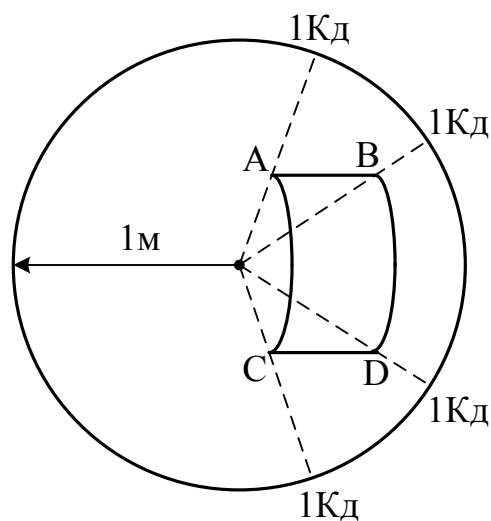


Рисунок 1.2 – Діаграма для пояснення світлових характеристик

Сила світла I характеризує просторову щільність світлового потоку у певному напрямку і визначається як відношення світлового потоку $d\Phi$, що проходить всередині малого тілесного кута $d\omega$, до величини цього кута:

$$I = d\Phi / d\omega . \tag{1.2}$$

Тілесний кут визначає відношення:

$$d\omega = dA / r^2, \quad (1.3)$$

де dA – площа, яка вирізається тілесним кутом на поверхні сфери A ; r – радіус цієї сфери.

Тілесний кут виражається в стерadianах (ср). Одиниця сили світла – кандела (кд) – основна одиниця Міжнародної системи одиниць СІ, яка визначається як сила світла, що випромінюється при температурі тверднення платини елементом поверхні еталона чорного тіла площею $1/60 \text{ см}^2$ у напрямку до цього елемента. Одиниця світлового потоку – люмен (лм) – визначається як світловий потік, що випромінюється точковим джерелом, який створює однакову за всіма напрямками силу світла в одну канделу, всередині одиничного тілесного кута. Звертаючись до рис. 1.2, бачимо, що один люмен – це потік, що падає на всю площину одиничної поверхні, розташованої на одиничній відстані від джерела.

Сила світла – це основна фотометрична одиниця, яка є особливо важливою при роботі з точковими джерелами, такими, як світлодіоди (СД). Сила світла СД звичайно вимірюється в міліканделах (мкд). Інші прилади, для яких сила світла є важливим параметром – це газорозрядні та електролюмінісцентні панелі та ЕПТ, в яких інтенсивність світлової плями є первинним фактором. Вихідним параметром багатьох світлових випромінювачів, таких, як лампи розжарювання, є світловий потік. Світловий потік також використовується як вихідний параметр проєкційних ЕПТ та інших типів телевізійних проєкторів. Яскравість L характеризує випромінювання світної поверхні площею dA у даному напрямку. Якщо поняття сили світла відноситься тільки до точкового джерела світла, то поняття яскравості застосовується до будь-яких джерел, які мають кінцеві розміри. Яскравість є найбільш важливим з усіх фотометричних параметрів. Яскравість є найбільш слушним вимірювальним терміном будь-якого світловипромінювального обладнання, для оцінки його дії у такому світловому середовищі. Чисельно яскравість дорівнює відношенню світлового потоку, який проходить у розглянутому напрямку у межах тілесного кута через ділянку поверхні, до добутку величини тілесного кута, площі ділянки та косинуса кута α між розглянутим напрямком і нормаллю до ділянки:

$$L = d\Phi / d\omega dA \cos \alpha = I / dA \cos \alpha . \quad (1.4)$$

Яскравість – це відчуття, яке характеризує силу світла I , що випромінюється поверхнею A . Одиницею яскравості є кд/м² – це яскравість поверхні, квадратний метр якої дає у напрямку, перпендикулярному цій поверхні, силу світла в 1 кд. Часто замість одиниці кд/м² застосовується рівна їй одиниця ніт. Сила світла, яскравість та світловий потік – це характеристики активних (первинних) джерел світла. Об’єкти, які видно завдяки освітленості світлом, називаються пасивними (вторинними) джерелами світла. Їх основною характеристикою є освітленість. Освітленість E характеризується світловим потоком, який падає на одиницю освітленої поверхні:

$$E = d\Phi / dA . \quad (1.5)$$

Із рис. 1.2 видно, що на відстані один метр світловий потік в один люмен створює освітленість в один люкс на площі один квадратний метр.

Контраст – це не чисто фотометричний параметр, однак, оскільки він являє собою відношення двох фотометричних величин, його необхідно включити у цей розділ. Контраст визначає співвідношення яскравості індикатора (яскравості зображення L_3) і яскравості фону. Поверхня, що оточує елементи індикатора, а також елементи, які не входять у даний момент до складу зображуваного знака, утворюють власний фон індикатора. Власний фон характеризується яскравістю L_ϕ , яка являє собою максимальне значення яскравості інформаційного поля індикатора (незалежно від того, приходиться воно на невключений елемент або на проміжок між елементами). Розрізняють прямий та зворотний контрасти. Для позитивного зображення (темне зображення на білому фоні) задається прямий контраст

$$K_{np} = \frac{L_\phi - L_3}{L_\phi} . \quad (1.6)$$

Для негативного зображення (світлого на темному фоні) задається зворотний контраст

$$K_{зв} = \frac{L_3 - L_\phi}{L_3}. \quad (1.7)$$

У низці випадків користуються поняттям контрастності K_k , яке дорівнює відношенню L_3 до L_ϕ при $L_3 > L_\phi$, або навпаки L_ϕ до L_3 при $L_3 < L_\phi$. З виразів (1.6), (1.7) легко отримати

$$K_{np(зв)} = 1 - 1/K_k. \quad (1.8)$$

1.3 Електрофізіологія зорової системи

Крім фотометричних параметрів існує низка параметрів, які значно впливають на якість зображення, що спостерігається. До фотометричних вони не відносяться тому, що незважаючи на те, що на них значно впливають характеристики джерела світла, вони, в першу чергу, обумовлюються електрофізіологією зорової системи, тобто факторами, які пов'язані з функціонуванням механізму сприймання.

Поріг чутливості. Мінімальна (порогова) величина яскравості світлової плями, яка виявляється оком на чорному фоні, називається нижнім порогом чутливості. Верхній поріг чутливості характеризується больовими відчуттями. При зміні освітленості сітківки світлова чутливість не залишається постійною, а адаптується. Середня інтегральна яскравість інформаційного поля та інших джерел світла, які знаходяться у полі зору, створюють яскравість адаптації L_a . Кращими умовами для роботи вважаються такі, коли рівень L_a знаходиться у межах від декількох десятків до тисяч нт. Мінімальний приріст яскравості ΔL_{min} , яку розрізняє око при даній L_a , називається диференціальним порогом чутливості, а відносний – пороговим контрастом [4]:

$$K_{пор} = \Delta L_{min} / L_a. \quad (1.9)$$

Значення $K_{пор}$ залежить від рівня L_a . У робочому діапазоні яскравості від декількох десятків до тисяч нт значення $K_{пор}$ приймається 0,02–0,05. Для впевненого сприймання зображення необхідно, щоб контраст не менш ніж в 10 разів перевищував пороговий контраст. Звідси, діапазон рекомендованої контрастності складає 0,60–0,95.

Нерівномірність яскравості. Діапазон яскравості, який сприймається оком, дуже великий (від 10^{-7} до 10^5 ніт), але він охоплюється не весь одразу, а ніби частинами, оскільки чутливість ока не залишається постійною при зміні рівня світлового подразнення.

Яскравість елемента відображення інформації – середнє по площі значення яскравості. Якщо яскравість визначається на окремих ділянках елемента, то яскравість елемента [4]

$$L_e = \sum_{i=1}^n L_i A_i / \sum_{i=1}^n A_i, \quad (1.10)$$

де L_i , A_i – яскравість і площа i -ї ділянки елемента відображення; n – кількість ділянок, на яких виконується вимірювання.

Аналогічним чином визначається яскравість індикатору $L_{ін}$ – середнє по площі значення яскравості усіх елементів відображення. Обчислювання $L_{ін}$ як середнього значення яскравості окремих елементів обумовлено тим, що при однакових інформаційних сигналах, які подаються на окремі елементи відображення індикатора, яскравість їх виявляється різною. В загальному випадку нерівномірність яскравості

$$\delta_L = \frac{L_e - L_{ін}}{L_{ін}} \quad (1.11)$$

Розрізняють чотири типи нерівномірностей яскравості, які можуть погіршити якісні характеристики індикатора: великомасштабні, які виникають при порівнянні віддалених частин індикаторного поля; дрібноструктурні, які виникають при порівнянні сусідніх частин індикаторного поля; периферійні і пов'язані з кутом спостереження. Нерівномірність на великій площі не дуже суттєва, оскільки око погано виявляє поступові зміни яскравості. В загальному випадку, зміна яскравості у два рази залишається непомітною. Нерівномірності на малих площах впливають більше оскільки око краще виявляє різкі зміни яскравості. Допустима мала кількість непрацюючих елементів (0,01%), якщо вони не сусідні. Розриви на краях ще більш помітні та небажані. По відношенню до такого роду дефектів, око має значну чутливість. Втрата рядка ніколи не була допустимою: на відстані 50–100 см око

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Средства отображения информации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://referatnik.com/all/other/6186.html>
2. Профессиональные средства отображения информации. Современные технологии и перспективы развития. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://topscreens.tiu.ru/a5080-professionalnye-sredstva-otobrazheniya.html>
3. Организация оптоэлектронных некогерентных процессоров ЦВМ / О. Г. Натрошвили, В. П. Кожемяко, Д. О. Саникидзе. – Тбилиси : Ганатлеба, 1989. – 512 с.
4. Кожем'яко В. П. Сучасні методи та засоби відображення інформації. Ч.1. Дискретні системи відображення інформації : навчальний посібник / В. П. Кожем'яко, А. С. Васюра, Г. Д. Дорощенко. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 106 с.
5. Носов Ю. Р. Оптоэлектроника / Ю. Р. Носов. – М. : Радио и связь, 1989. – 360 с.
6. Беляев В. Современные электронные дисплеи / В. Беляев // Электронные компоненты. – 2002. – № 1. – С. 24–27.
7. Засоби відображення інформації. Електронні дисплеї : навчальний посібник МОН / [З. Ю. Готра, В. П. Кожем'яко, З. М. Микитюк та ін.] ; за ред. З. Ю. Готри. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 162 с.
8. Обработка, передача и воспроизведения изображений в управлінських геоінформаційно-енергетичних системах на базі логіко-часових перетворень : монографія / В. П. Кожем'яко, Л. О. Волонтир, Г. Д. Дорощенко. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 184 с.
9. Беляев В. Современные светодиоды. Насколько светлое у них будущее / В. Беляев // Электроника: Наука, Технологии, Бизнес. – 2009. – № 9. – С. 18–24.
10. Проблемы синтеза и перспективы развития средств отображения информации / В. А. Тарасов, Б. М. Герасимов, И. В. Токарев, И. В. Завалин. – К. : Наукова думка, 1988. – 216 с.
11. Смоляров А. М. Системы отображения информации и инженерная психология / А. М. Смоляров. – М. : Высшая школа, 1982. – 272 с.
12. Борисюк А. А. Матричные системы отображения информации / А. А. Борисюк. – К. : Техніка, 1980. – 223 с.
13. Твердотельное телевидение: Телевизионные системы с переменными параметрами на ПЗС и микропроцессорах / Л. И. Хромов, Н. В. Лебедев, А. К. Цышулин, А. Н. Куликов] ; под ред. И. А. Росселевича. – М. : Радио и связь, 1986. – 184 с.

14. Шерр С. Электронные дисплеи / С. Шерр. – М. : Мир, 1982. – 624 с.
15. Яблонский Ф. М. Средства отображения информации / Ф. М. Яблонский, Ю. В. Троицкий. – М. : Высшая школа, 1985. – 200 с.
16. Луизов А. В. Глаз и свет / А. В. Луизов. – Л. : Энергоатомиздат, 1983. – 144 с.
17. Быстров Ю. А. Электронные приборы для отображения информации / Ю. А. Быстров, И. И. Литвак, Г. М. Персианов. – М. : Радио и связь, 1985. – 240 с.
18. Венда В. Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В. Ф. Венда. – М. : Машиностроение, 1975. – 396 с.
19. Ашкенази Г. И. Цвет в природе и технике / Г. И. Ашкенази. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 96 с.
20. Мешков В. В. Основы светотехники : учебное пособие для вузов : в 2-х ч. – Ч. 2. Физиологическая оптика и колориметрия / В. В. Мешков, А. Б. Матвеев. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 432 с.
21. Домбругов Р. М. Телевидение / Р. М. Домбругов. – К. : Выща школа, 1988. – 398 с.
22. Системы отображения с большим экраном / Н. Фукусима и др. ВЦП, № Е-28695, 13 с. // Дэнси гидзюцу. – 1982. – Т. 24, № 10. – С. 61–64.
23. Структурна організація відеоінформаційних систем з набірним екраном на світлодіодах [Електронний ресурс] / В. П. Кожем'яко, Г. Д. Дорощенко, М. П. Борбич // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – № 1. – Режим доступу: / <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-1/uk.htm>.
24. Комплексна оцінка комфортності сприйняття зображень на великих екранах / Г. Д. Дорощенко, Л. О. Волонтир // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – № 2(14). – С. 87–92.
25. Системи телебачення та технічного зору : навчальний посібник МОН / Г. Д. Дорощенко, В. П. Кожем'яко, С. В. Павлов. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 209 с.
26. Телевидение : учебник для вузов / [В. Е. Джакония, А. А. Гоголь, Я. В. Друзин и др.] ; под ред. В. Е. Джаконии. – М. : Горячая линия–Телеком, 2007. – 616 с.
27. Бойко Р. Проекционные ЭЛТ. Живут и здравствуют. [Электронный ресурс] / Бойко Р. – Режим доступа: <http://myhdplayer.ru/proiektionnyye-elt-zhivut-i-zdravstvuyut.html>.

28. Алиев Т. М. Системы отображения информации / Т. М. Алиев, Д. И. Виноградов. – М. : Высшая школа, 1988. – 220 с.
29. Проекторы: проблема выбора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vaispb.ru/index.php/articles/20-projectors/56-projectors>.
30. Технологии проекторов: LCD (3LCD), DLP, LCoS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: / <http://www.myprojector.ru/blog/9.html>.
31. Технология DLP. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/dvd/dlp.html>.
32. Лазерные средства отображения информации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bestreferat.ru/referat-140918.html>.
33. Симада С. На пути к телевизору с плоским экраном / С. Симада // Электроника. – 1970. – № 8. – С. 3–13.
34. Рідкокристалічна електроніка : монографія / [за ред. проф. Готри З.]. – Львів : Апріорі, 2010. – 532 с.
35. Sang Soo Kim. Electronic Aspects of AMLCDs // Information Display. – 2001. – № 8. – P. 22–26.
36. An optical design for reflective color STN-LCDs. / S. Komura, K. Kuwabara, O. Ito [a. o] // Information Display. – 2000. – № 4. – P. 269–275.
37. Doo-Hwan You, Ju-Hyun Lee, Seong-Sik Park, Sin-Doo Lee. Antiferroelectric LCD with one polarizer in a reflective configuration // Information Display. – 2000. – № 4. – P. 277–281.
38. Bernard J. Lechner. History Crystallized: A First-Person Account of the Development of Matrix-Addressed LCDs for television at RCA in the 1960s // Information Display. – 2008. – № 1. – P. 26–30.
39. Paul Surguy. How Ferroelectric Liquid-Crystal Devices Work / Paul Surguy // Information Display. – 1998. – № 2. – P. 24–27.
40. Boeuf J. P. Plasma display panels: physics, recent developments and key issues. / J. P. Boeuf. // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2003. – № 36. – R53–R79.
41. Никифоров С. Г. Проблемы, теория и реальность светодиодов / С. Г. Никифоров // Компоненты и технологии. – 2005. – № 5. – С. 176–185.
42. Руткевич А. Опыт разработки светодиодных систем отображения графической информации / А. Руткевич, В. Стешенко, Г. Шишкин // CHIP NEWS. – 2007. – №6 (119). – С. 36–40.
43. Kathleen M. Vaeth. OLED-Display Technology // Information Display. – № 6. – 2003. – P. 12–17.
44. Gu Xu. Fighting OLED Degradation // Information Display. – 2003. – № 6. – P. 18–21.

45. Shizuo Tokito. Phosphorescent-Polymer OLEDs / Shizuo Tokito, Mitsunori Suzuki, and Fumio Sato // Information Display. – 2003. – № 6. – P. 22–24.

46. Bahman Hekmatshoar Alex Z. Kattamis Kunigunde Cherenack Sigurd Wagner James C. Sturm. A novel TFT-OLED integration for OLED-independent pixel programming in amorphous-Si AMOLED pixels // Information Display. – 2000. – № 1. – P. 13–18.

47. Antti Laaperi. Disruptive Factors in the OLED Business Ecosystem // Information Display. – 2009. – № 9. – P. 23–27.

48. Barry Young. OLEDs - Promises, Myths, and TVs // Information Display. – 2009. – № 9. – P. 20–26.

49. Alexey N. Krasnov. ELDs Rise on Organic Wings // Information Display. – 2002. – № 3. – P. 32–34.

50. Люльчак Е. Светодиодная рамка Kodak OLED Frame / Екатерина Люльчак // Ежедневная деловая газета РБК daily. – 26. 09. 2008.

51. Robert T. Smith. Electronics development for field-emission displays / Robert T. Smith // Information Display. – 1998. – № 2. – P. 12–15.

52. David Corr. Commercializing Electrochromic-Display Technology // Information Display. – 2005. – № 7. – P. 22–25.

53. Chris Giacoponello, Henrik Lindstrom. Electrochromics: Unlocking Color in Electronic Paper // Information Display. – 2008. – № 1. – P. 12–15.

54. A flexible 2.1-in. active-matrix electrophoretic display with high resolution and a thickness of 100 um / Taimei Kodaira Saichi, Hirabayashi Yuko, Komatsu Mitsutoshi [a. o.] // Information Display. – 2008. – № 1. – P. 33–38.

55. Jacques Angele. From Lab to Fab: A Look at BiNem E-Paper Manufacturing / Jacques Angele // Information Display. – 2008. – № 1. – P. 16–21.

56. Minoru Koshimizu. The Past, Present, and Future of Electronic paper / Minoru Koshimizu // Information Display. – 2008. – № 1. – P. 22 – 25.

57. Matthew Aprea. Enabling Small-Format Electronic Paper in Smart Surfaces / Matthew Aprea // Information Display. – 2009. – № 7. – P. 26–31.

58. Мала гірнича енциклопедія : в 3 т. / [ред. Білецький В. С.]. Донецьк : Донбас, 2007. – Т. 2. – 670 с.

59. Модуляція (фізика). Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki>.

60. Сачанюк-Кавецька Н. В. Елементи око-процесорної обробки зображень в логіко-часовому середовищі / Н. В. Сачанюк-Кавецька, В. П. Кожем'яко. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 135 с.

61. Введення поняття операції інтегрування логіко-часових функцій / В. П. Кожем'яко, Н. В. Сачанюк-Кавецька, Л. О. Волонтир // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – № 2(14). – С. 21–25.

62. Птачек М. Цифровое телевидение. Теория и практика / М. Птачек ; пер. с чешск. под ред. Л. С. Виленчика. – М. : Радио и связь, 1990. – 528 с.

63. Формування градацій яскравості на основі логіко-часового базису в оптоелектронних відеоінформаційних системах / Г. Д. Дорощенко, Л. О. Волонтир, С. В. Дусанюк та ін. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2010. – № 1(19). – С. 42–49.

64. Пат. 35640 Україна, МПК Н04N 5/66. Пристрій для відтворення зображення на матричному екрані / Борбич М. П., Волонтир Л. О., Дорощенко Г. Д., Куличок О. В.; заявник і патентовласник Товариство з обмеженою відповідальністю науково-виробнича фірма «Планета-М». – № u200806111 ; заявл. 12.05.08 ; опубл. 25.09.08. Бюл. № 18.

65. Пат. 33244 Україна, МПК Н04N 5/66. Модуль матричного екрана / Борбич М. П., Дорощенко Г. Д., Куличок О. В., Павлов С. В.; заявник і патентовласник Товариство з обмеженою відповідальністю науково-виробнича фірма «Планета-М». – № u200802393 ; заявл. 25.02.08 ; опубл. 10.06.08. Бюл. № 11.

66. Однорідні багатофункціональні реєстрові структури для візуалізації напівтонових зображень / В. П. Кожем'яко, Л. О. Волонтир, Г. Д. Дорощенко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – № 1(15). – С.5–10.

67. Пат. 38680 Україна, МПК Н04N 5/66. Пристрій для відтворення зображення на матричному екрані / Кожем'яко В. П., Дорощенко Г. Д., М'яснянкін С. В., Поплавський А. В.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u200808325 ; заявл. 20.06.08 ; опубл. 12.01.09. Бюл. № 1.

68. Пат. 31854 Україна, МПК Н04N 5/66. Матричний екран для відтворення напівтонових кольорових зображень / Кожем'яко В. П., Волонтир Л. О., Дорощенко Г. Д., Годорашко Н. І.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u200713801 ; заявл. 10.12.07 ; опубл. 25.04.08. Бюл. № 8.

69. Минделевич С. Телевизор с матричным экраном / С. Минделевич // Радио. – 1976. – № 9. – С. 29–31.

70. А. с. 1589429 СССР, МКИ⁵ Н 04 N 9/30. Устройство для воспроизведения цветного изображения / М. П. Борбич, Г. Д. Дорощенко

ков, В. Е. Качуровский, Н. П. Харина и А. В. Чередниченко. – № 4429217/24-09 ; заявл. 12.04.88 ; опубл. 30.08.90. Бюл. № 32.

71. А. с. 1662016 СССР, МКИ⁵ Н 04 N 5/66. Устройство для воспроизведения изображения / В. Ф. Горбунов, Г. Д. Дорощенко, В. Р. Перенчук и А. А. Поплавский. – № 4652501/09; заявл. 16.02.89; опубл. 07.07.91. Бюл. № 25.

72. Пат. 26529 Україна, МПК Н 04 N 5/66. Матричний екран для відтворення напівтонових зображень / Кожем'яко В. П., Волонтир Л. О., Дорощенко Г. Д., Михальчук В. С.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u200705514; заявл. 21.05.07; опубл. 25.09.07. Бюл. № 15.

73. Пат. 27674 Україна, МПК Н 04 N 5/66. Пристрій для відтворення кольорових зображень / Кожем'яко В. П., Волонтир Л. О., Дорощенко Г. Д.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u200707304; заявл. 02.07.07; опубл. 12.11.08. Бюл. № 18.

74. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов / С. И. Баранов. – Л. : Энергия, 1979. – 216 с.

75. Петух А. М. ЕОМ і мікропроцесорні системи / А. М. Петух, Д. Т. Обідник. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 124 с.

76. Застосування КVP-перетворень для відтворення півтонових зображень на основі реєстрових структур / Дорощенко Г. Д., Дусанюк С. В., Ігнатенко О. Г. та ін. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2009. – № 2(18). – С. 127–131.

77. Логіко-часові перетворення і синтез керуючих автоматів – структурних компонентів засобів візуалізації зображень / В. П. Кожем'яко, С. В. Дусанюк, Г. Д. Дорощенко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2011. – № 1(21). – С. 51–54.

78. Пат. 49579 Україна, МПК Н04N 5/66. Матричний екран для відтворення напівтонових зображень / Кожем'яко В. П., Дусанюк С. В., Дорощенко Г. Д., Ігнатенко О. Г.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u200912367; заявл. 30.11.09 ; опубл. 26.04.10. Бюл. № 8.

79. Пат. 52758 Україна, МПК Н04N 5/66. Пристрій для відтворення зображення / Кожем'яко В. П., Дусанюк С. В., Дорощенко Г. Д., М'яснянкін С. В.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u201001941 ; заявл. 22.02.10 ; опубл. 10.09.10. Бюл. № 17.

Наукове видання

**Павлов Сергій Володимирович
Дорощенко Геннадій Дмитрович
Готра Зенон Юрійович
Вуйцик Вальдемар
Крокос Павло Олексійович
Микитюк Зіновій Матвійович**

СИСТЕМИ ТА ПРИСТРОЇ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено Г. Дорощенковим

Підписано до друку 03.01.2018 р. Зам № 2018-018
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 12,47.
Наклад 300 (1-й запуск 1–75) пр.

Вінницький національний технічний університет,
ІРВЦ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-85-32.
press.vntu.edu.ua; *email*: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95
ВНТУ, ГНК, к. 114
Тел. (0432) 59-81-59

Замовити цю книгу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/367>

Видавництво Вінницького національного технічного університету

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog>