

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій

БУШМА ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 621.317.7

**ОПТОЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ВІДОБРАЖЕННЯ ДАНИХ
НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНО-АНАЛОГОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ**

Спеціальність 05.12.20 – оптоелектронні системи

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ - 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному університеті інформаційно-комунікаційних технологій
Міністерства транспорту та зв'язку України

Науковий консультант: доктор фізико-математичних наук, професор
Сукач Георгій Олексійович,
Державний університет інформаційно-комунікаційних
технологій, завідувач кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Осінський Володимир Іванович,
Центр оптоелектронних технологій НДІ мікроприладів
НТК "Інститут монокристалів" НАН України,
директор

доктор технічних наук, професор
Панфілов Іван Павлович,
Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова,
завідувач кафедри

доктор технічних наук, професор
Тимчик Григорій Семенович,
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут",
завідувач кафедри

Провідна установа: Інститут проблем реєстрації інформації НАН України,
відділ оптичних носіїв інформації, м. Київ

Захист відбудеться **30 травня 2007 р. о 14⁰⁰**
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.861.01 в
Державному університеті інформаційно-комунікаційних
технологій за адресою: 03110, Київ-110, вул. Солом'янська, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного університету
інформаційно-комунікаційних технологій
за адресою: 03110, Київ-110, вул. Солом'янська, 7.

Автореферат розісланий " ____ " квітня 2007 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

Н. І. Кунах

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Автоматизація систем керування складними технічними об'єктами та процесами, а також підвищення вимог до їх точності та швидкодії в поєднанні з безупинною модернізацією наукомістких технологій одержання й транспортування даних нерозривно пов'язані з постійним і істотним зростанням обсягів інформації, яка обробляється в інформаційно-вимірювальних комплексах. У більшості випадків зусилля розробників концентруються на вирішенні проблеми удосконалення апаратурної частини інформаційно-комунікаційних засобів, що створюються чи модернізуються.

В той же час багатфакторність зовнішніх впливів на технічну систему та багатоваріантність можливих шляхів досягнення оптимального кінцевого результату в більшості випадків передбачує наявність людського фактора при керуванні складними об'єктами та технологічними процесами. У результаті високий рівень відповідальності оператора за прийняті рішення в сучасних ергатичних вимірю-

вальних та керуючих системах при постійно зростаючих інформаційних потоках визначає особливу увагу до функціональної реалізації передачі системних повідомлень людині. Ключовим фактором у побудові інтерфейсу користувача є системний підхід, який інтегрує комплексну оптимізацію апаратурних рішень і підвищення ефективності візуального каналу виводу даних в складних умовах експлуатації спеціалізованого інформаційного устаткування.

Практична реалізація загальних принципів створення спеціалізованих та універсальних систем відображення інформації (СВІ) з високим рівнем технічних та ергатичних параметрів стала можливою винятково завдяки значним досягненням оптоелектроніки в останні роки. Це забезпечило функціональну і технічну реалізацію найбільш ефективних способів одержання, перетворення, передачі та виводу інформації. У результаті були також створені передумови для побудови апаратурних рішень візуального подання інформації, що мають унікальний комплекс електричних і оптичних параметрів.

Дослідження процесу інформаційної взаємодії об'єктів, які функціонують у середовищі "людина-машина", показало, що найбільш критичним з точки зору надійності в ергатичній вимірювальній чи керуючій системі є канал передачі даних від технічних засобів до оператора. Відповідно до цього практично в усіх комерційних розробках застосовуються цифрові методи обробки та відображення повідомлень, що забезпечує досягнення необхідної надійності та гнучкості апаратурної реалізації усіх структурних елементів інформаційної системи.

У кожній оптоелектронній системі для відображення даних установлюються правила, що визначають взаємозв'язок повідомлень, які формуються, та синтезованих оптичних образів, тобто реалізується специфічне кодування сигналів за допомогою відповідної інформаційної моделі (ІМ). При дискретній реалізації візуального подання цифрових даних у радіоелектронних пристроях найбільш широке поширення одержали знакові (символьні) та дискретно-аналогові (шкальні)

моделі. Незаперечні переваги останніх при побудові каналу, що вирішує задачу достовірної передачі інформації оператору в умовах жорсткого обмеження часу на її сприйняття та розшифровку, були продемонстровані в ході експериментальних досліджень ряду серійних вимірювальних приладів. У результаті поєднання оптоелектронних методів і засобів обробки даних з дискретно-аналоговими принципами кодування візуальних повідомлень дозволяє реалізувати високонадійні пристрої виводу інформації з унікальним комплексом технічних і ергономічних характеристик.

Однак потенційні можливості цього виду систем виводу інформації дотепер цілком не виявлені та не використані в зв'язку з пануючим прагматичним підходом до їх побудови, який проявляється в напрямку створення конкретного індикаторного пристрою для даного типу спеціалізованої інформаційно-вимірювальної системи або використання вже розроблених пристроїв у нових комплексах без урахування їх функціональної та інженерно-психологічної специфіки. При цьому, як правило, не враховуються усі можливі фактори, що дозволяють оптимізувати цю оптоелектронну систему відображення інформації в цілому, а також її елементи, за технічними та ергономічними параметрами. Істотну роль тут відіграє відсутність теоретичних основ обробки та передачі інформації в дискретно-аналоговій формі людині в ергатичній системі, в тому числі, специфічних моделей, що описують взаємодію елементів цього виду оптоелектронної системи відображення інформації на різних рівнях її подання.

Низька ефективність різнорідних методів оптимізації, які використовуються розробниками при побудові систем відображення інформації з дискретно-аналоговими інформаційними моделями, в поєднанні із зростанням жорсткості обмежень часу на розшифровку оператором повідомлень, що надходять, а також постійне активне удосконалювання елементної бази оптоелектроніки при все зростаючих потребах промисловості у високоефективних системах для надійного та достовірного відображення критичної інформації в складних експлуатаційних умовах роблять проведення комплексних науково-технічних досліджень у даному напрямку вкрай актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота пов'язана з практичними потребами галузі зв'язку України. Проблема, розв'язанню якої присвячена дисертація, безпосередньо впливає із задач у сфері науки і техніки, сформульованих у "Концепції розвитку зв'язку України до 2010 року", затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України № 223/8 від 09.12.1999 р., "Переліку державних, наукових і науково-технічних програм по пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки на 2002 – 2006 роки", затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України № 1716 від 24.12.2001 р., "Концепції розвитку ВАТ "Укртелеком" до 2005 року", Державними програмами створення Єдиної національної системи зв'язку та інформатизації. Науковою базою дисертації стали результати, одержані в процесі виконання науково-дослідних робіт, які проводились на замовлення та за планами Державного комітету зв'язку та

інформатизації України, ВАТ "Укртелеком" та Міністерства освіти і науки України у 2001 – 2007 роках.

Основні результати дисертаційної роботи отримані в ході виконання планових наукових тем:

1. "Процеси генерації, перетворення і розповсюдження випромінювання в напівпровідникових та полімерних структурах різної розмірності і розробка оптоелектронних приладів", 1999 рік. Номер державної реєстрації 0100U000116.

2. "Радикало-променева гетеруюча епітаксія – новий метод у технології напівпровідникових приладових структур на основі A^3B^5 сполук". Проект ДФФД № 0407/256, 2001 рік. Номер державної реєстрації 0101U006116.

3. "Механізми утворення напівпровідникових наногетеросистем та самоорганізація в матеріалах для структур та елементів оптоелектроніки", 2002 рік. Номер державної реєстрації 0103U000365.

4. "Проведення міжнародної координації і нотифікації супутникових мереж "Явір-1" та "Січ-2", 2005 рік. Номер державної реєстрації 0105U006704.

5. "Фізико-технологічні та програмні засади квантово-розмірних елементів на основі багат шарових та поруватих структур для оптоелектронних систем", 2007 рік. Номер державної реєстрації 0107U003056.

Мета роботи – розробка наукових основ побудови оптоелектронних систем відображення інформації з використанням дискретно-аналогових інформаційних моделей та технічна реалізація широкого спектру апаратурних рішень, що оптимізовані на базі розроблених аналітичних моделей за критеріями, які мають суттєве практичне значення.

Досягнення поставленої мети вимагало вирішення **ряду задач**:

- аналізу взаємодії функціональних елементів систем відображення даних на основі дискретно-аналогових інформаційних моделей між собою та з відповідним зовнішнім середовищем при різних рівнях системного подання;
- визначення ролі структурних елементів шкальних індикаторних пристроїв в функціональній і апаратурній оптимізації побудови засобів передачі інформації оператору ергатичної системи;
- вивчення інформаційної природи шкального відображення даних і на цій основі розробки аналітичної інтерпретації алфавітів візуальних образів;
- визначення основних закономірностей візуального сприйняття інформаційних моделей шкального подання повідомлень;
- розробки системи класифікації інформаційних моделей для створення нових форм відображення даних та пристроїв з оптимізованими ергономічними та технічними параметрами;
- аналізу, визначення й аналітичної інтерпретації принципів формування зображення на оптоелектронних індикаторах різних типів;
- розробки та експериментальних натурних випробувань модулів шкального індикатора різного конструкторсько-технологічного виконання;

- створення й оптимізації математичних моделей, що використовують множинні, матричні та логіко-часові варіанти опису динамічного та статичного збудження електрооптичного перетворювача індикаторного пристрою;
- обґрунтування, апробації та практичної реалізації методів структурної та параметричної оптимізації систем відображення даних з дискретно-аналоговими інформаційними моделями;
- розробки та апробації апаратурних рішень, які забезпечують одержання достовірного статичного та динамічного дискретно-аналогового подання інформації при відмові блоків шкальних індикаторних пристроїв;
- розробки та схемотехнічної апробації нових апаратурних рішень індикаторних пристроїв, оптимізованих за практично значимими критеріями;
- створення, імітаційного моделювання та використання при проведенні експериментальних досліджень елементів оптоелектронних вимірювальних систем і технічних засобів для контролю параметрів оптичного випромінювання шкальних індикаторів.

Об'єктом досліджень були функціональні й апаратурні рішення та пристрої системи відображення даних на основі дискретно-аналогових інформаційних моделей та її елементів, а **предметом** – різні форми та параметри математичних моделей, які описують функціонування систем відображення інформації, що досліджуються на різних рівнях деталізації їх подання.

При вирішенні поставлених у роботі задач використовувалися **методи** теорії матриць і множин, теорії цифрових систем, теорії електричних кіл, теорії надійності, комбінаторної топології, а також застосовувалося комп'ютерне імітаційне моделювання та математичне моделювання оптоелектронних систем відображення інформації та їх елементів для комплексного аналізу взаємодії технічних засобів і оператора, розробки конкретних апаратурних рішень, а також наступної оптимізації їх параметрів. Були розроблені пристрої та технічні засоби, що реалізують отримані теоретичні результати схемотехнічними методами, виготовлені та досліджені експериментальні зразки виробів, упроваджені деякі технічні рішення в промислове виробництво.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що в підсумку виконаних науково-технічних досліджень та розробок вперше:

1. Запропоновано, детально досліджено, апробовано і технічно реалізовано сімейство семіотичних і логічних інформаційних моделей шкального подання повідомлень оператору ергатичної системи, що дозволило створити теоретичні основи побудови візуального каналу передачі інформації в системі відображення даних у дискретно-аналоговій формі.
2. Отримано, оптимізовано та реалізовано математичні моделі цифрової обробки інформації в логічній та арифметичній формі, які визначають функціонування апаратури синтезу візуальних образів на оптоелектронному інформаційному полі дискретно-аналогового індикатора, що дало можливість сформулювати теоретичні основи схемотехнічної реалізації систем відображення даних шкального типу.

3. Запропоновано, математично обґрунтовано та реалізовано в реальній схемотехніці пристроїв відображення інформації нові методи структурної та параметричної мінімізації апаратурних рішень шкальних індикаторів, а також розроблено і практично застосовано ряд рекомендацій з підвищення рівня їх техніко-економічних характеристик і параметрів надійності, що створило ефективну базу для формування наукових і технічних основ комплексної оптимізації засобів візуального виводу даних у дискретно-аналоговій формі на різних рівнях їх системного подання.
4. Проведено експериментальне імітаційне моделювання, отримані в еквівалентних умовах та зіставлені параметри сприйняття адитивної та позиційної форм дискретно-аналогового відображення повідомлень, що дозволило оптимізувати вибір інформаційної моделі для специфічних умов застосування оптоелектронної системи відображення даних у шкальній формі.
5. Запропоновано, теоретично проаналізовано та практично реалізовано оригінальні адитивно-контурну та позиційно-адитивну інформаційні моделі, які мають компромісне поєднання функціональних і ергономічних параметрів у порівнянні з адитивною та позиційною формою відображення системних повідомлень і дозволяють створювати шкальні індикаторні пристрої, що оптимізовані за комплексом ергономічних і технічних характеристик, забезпечують оперативне сприйняття та достовірну розшифровку даних у екстремальних умовах експлуатації оптоелектронних систем.
6. Проаналізовано науково-технічні проблеми, аналітично й експериментально досліджено методи динамічного та статичного синтезу візуальних образів на інформаційному полі шкального індикатора, які дозволяють забезпечити безпомилкову розшифровку системних повідомлень людиною й одночасно оперативну діагностику пошкоджень, що виникли, у випадку відмови блоків пристрою відображення даних.
7. Науково обґрунтовано та запропоновано нові алгоритми обробки інформації та системні принципи побудови засобів для контролю функціональних параметрів джерел випромінювання оптоелектронних систем.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Створено й апаратурно реалізовано технічні рішення, які дозволяють синтезувати на шкальному індикаторі гаму дискретно-аналогових інформаційних моделей у статичному та динамічному режимі, що забезпечує побудову оптоелектронних систем відображення даних, оптимізованих у відповідності до вимог, які породжені специфічними умовами експлуатації серійних інформаційних і керуючих систем.
2. Запропоновано та схемотехнічно реалізовано оригінальні шкальні засоби візуалізації, що забезпечують безпомилкове зчитування даних з індикатора при катастрофічних відмовах найбільш критичних з точки зору надійності блоків оптоелектронних систем.

3. На основі математичних моделей синтезу сигналів для керування індикатором в арифметичній формі розроблено й апаратурно реалізовано пристрої дискретно-аналогового відображення даних, а саме:
 - універсальне технічне рішення, що дозволяє підключати шкалу із модулів як з позитивним, так і негативним загальним електродом,
 - оптимізований індикатор, що оперативно змінює форму подання інформації на шкалі.
4. Запропоновано й адаптовано для практичної оптимізації шкальних пристроїв виводу даних рекомендації з неструктурної мінімізації апаратурних рішень схем керування дискретно-аналоговим індикатором на основі оцінки їх енергетичної ефективності та шляхом варіації числа ортогональних шин у матриці елементів електрооптичного перетворювача.
5. Розроблено та конструктивно апробовано модулі дискретно-аналогового індикатору, які дозволяють формувати на шкалі адитивно-контурне подання інформації, що забезпечує якісно новий рівень ергономічних і функціональних параметрів оптоелектронної системи відображення даних.
6. Створено та використано при проведенні експериментальних досліджень новий програмний комплекс імітаційного моделювання шкального індикатора на основі комп'ютерної техніки.
7. Розроблено принципи побудови, запропоновано та реалізовано нові пристрої, які забезпечують створення високоточних засобів контролю оптичних і теплових параметрів напівпровідникових елементів дискретно-аналогового індикатору.

Практичні результати роботи підтверджені актами впровадження, а їх наукова і технічна новизна та оригінальність – патентами.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечена використанням сучасних теорій та комплексним характером досліджень, узгодженістю отриманих результатів з даними інших авторів (де це порівняння можливе), обговоренням висунутих наукових положень та зроблених висновків на багатьох міжнародних науково-технічних конференціях, експериментальними випробуваннями та реалізацією розроблених пристроїв і технічних рішень в конкретних радіоелектронних та телекомунікаційних ергатичних оптоелектронних системах. Отримані експериментальні результати знаходяться в добрій якісній та кількісній відповідності до висунутих теоретичних положень.

Особистий внесок здобувача. У дисертації узагальнені результати багаторічних досліджень та розробок, виконаних автором як самостійно, так і в співавторстві. У переважній більшості останніх автор був ініціатором досліджень, пропонував ідеї, формулював задачі та визначав шляхи їх вирішення, розробляв відповідні методики, активно брав участь у виготовленні експериментальних зразків пристроїв і установок, проведенні досліджень, обробці, узагальненні та інтерпретації отриманих результатів, а також їх впровадженні. Переважна більшість одержаних результатів доповідалась автором особисто на міжнародних

конференціях і семінарах. Основні наукові положення та висновки, які складають суть дисертації, автор сформулював особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися та обговорювалися на 22 міжнародних конференціях та симпозиумах, в тому числі, на Міжнародній конференції "Renewable energy. Results of Fundamental Research for Investments" / IWRFRRI ' 2001 (Saint-Petersburg, Russia, 2001 г.); VIII, IX і X Міжнародних конференціях з фізики і технології тонких плівок / МКФТТП-VIII, МКФТТП-IX, МКФТТП-X (Івано-Франківськ, Україна, 2001, 2003, 2005 р. р.); III Міжнародній школі-конференції "Сучасні проблеми фізики напівпровідників" (Дрогобич, Україна, 2001 р.); Другій і Третій міжнародних науково-технічних конференціях "Оптоелектронні інформаційні технології" / ФОТОНІКА–ОДС 2002, ФОТОНІКА–ОДС 2005 (Вінниця, Україна, 2002, 2005 р. р.); The 3rd International Conference "Advanced Optical Materials and Devices" / AOMD-3 (Riga, Latvia, 2002 г.); XI International Symposium'2002 "Advanced Display Technologies" / ADT-2002 (Crimea, Ukraine, 2002 р.); 1-й Українській науковій конференції (з міжнародною участю) з фізики напівпровідників / УНКФН-1 (Одеса, Україна, 2002 р.); Першій та Другій науково-технічних конференціях з міжнародною участю "Матеріали електронної техніки та сучасні інформаційні технології" / МЕТІТ-1, МЕТІТ-2 (Кременчук, Україна, 2004, 2006 р. р.); П'ятій, Шостій та Сьомій міжнародних науково-практичних конференціях "Современные информационные и электронные технологии" / СИЭТ-2004, СИЭТ-2005, СИЭТ-2006 (Одеса, Україна, 2004, 2005, 2006 р. р.); 10th International IMEKO TC7 Symposium "Advances of Measurement Science" / AMS'04 (Saint-Petersburg, Russia, 2004 р.); Міжнародній науково-технічній конференції "Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании" / ИНФОТЕХ–2004 (Севастополь, Україна, 2004 р.); Міжнародній науково-методичній конференції "Актуальні проблеми розвитку інформаційно-комунікаційних технологій навчання у напрямку інтеграції вищої освіти України до єдиного Європейського освітнього простору" (Київ, Україна, 2004 р.); I та II Міжнародних науково-технічних конференціях "Сучасні інформаційно-комунікаційні технології" / COMINFO ' 2005, COMINFO ' 2006 (Кацивелі, Крим, Україна, 2005, 2006 р. р.); III Міжнародній науково-методичній конференції "Болонський процес: трансформація навчального процесу у технологію навчання" (Київ, Україна, 2006 р.); IX Міжнародній науково-технічній конференції "Проблемы современной электротехники" / ПСЭ-2006 (Київ, Україна, 2006 р.).

Публікації. Основні положення та зміст дисертації відображено в 63 наукових публікаціях (14 із них – одноосібні), в тому числі, в 27 статтях (6 із них – одноосібні) в фахових виданнях, затверджених ВАК України для публікації матеріалів докторських дисертацій, в 9 патентах України і 1 свідоцтві про авторське право на комп'ютерну програму та в 26 тезах та матеріалах доповідей на міжнародних конференціях та симпозиумах.

Структура дисертації. Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатку. Повний обсяг

роботи – 428 сторінок, в тому числі, основний текст викладено на 324 сторінках, який супроводжується 41 ілюстрацією та 4 таблицями на 44 сторінках. Список використаних джерел має 275 найменувань на 27 сторінках. В додатку, який займає 5 сторінок, наведені акти впровадження.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовані актуальність та напрям досліджень, сформульовані мета роботи та задачі, які вирішувались, визначені наукове та практичне значення виконаних досліджень, їх зв'язок із плановими завданнями та державними науковими програмами, наведені відомості, що стосуються впровадження отриманих результатів у виробництво, а також інформація про особистий внесок здобувача в виконанні дослідження та розробки, про апробацію роботи та публікації, де висвітлені основні результати дисертації.

В першому розділі з системної точки зору розглянуто та проаналізовано засоби виводу інформації в дискретно-аналоговій формі. На цій основі визначено критичні для побудови ефективної СВІ елементи та функціональні зв'язки в системах різного рівня, за допомогою літературних джерел вивчено їх особливості та визначено напрямки подальших досліджень.

Вивчено взаємодію СВІ на основі шкальних ІМ і її елементів як із зовнішнім середовищем, так і між собою, сформовано багаторівневе подання та показано, що аналіз, моделювання та оптимізацію параметрів індикаторних пристроїв з метою підвищення її ефективності доцільно проводити на системах трьох рівнів: на найвищому – у складі ергатичної системи; на середньому – у вигляді самостійної системи, із урахуванням її взаємодії з зовнішнім середовищем, а також на найнижчому – на рівні основних підсистем СВІ, які визначають критичні параметри пристрою відображення інформації в цілому.

З використанням аналізу взаємодії функціональних елементів шкальних індикаторних пристроїв на трьох рівнях системної ієрархії отримано і досліджено відповідні структурні матриці систем. Визначено, що комплексне підвищення рівня параметрів оптоелектронних СВІ зі шкальним поданням повідомлень найбільш ефективно може бути реалізовано шляхом оптимізації інформаційної та неінформаційної взаємодії з середовищем відповідного ієрархічного рівня системи, інформаційної взаємодії з оператором та міжблочної взаємодії на рівні підсистеми шкального індикаторного пристрою. На основі формалізації опису окремих етапів обробки даних в СВІ отримано загальний математичний опис процесу перетворення інформації, що сформувало єдиний методологічний підхід до різних варіантів технічної реалізації шкальних засобів індикації, спростило дослідження, а також зіставлення й оптимізацію пристроїв відповідно до необхідних техніко-економічних критеріїв.

На основі вивчення різних типів ІМ, які використовуються в серійних СВІ, представлено й обґрунтовано роль ІМ в ергатичній системі, запропоновані аналітичні принципи побудови ІМ дискретно-аналогового подання повідомлень. Показано, що ІМ є основою реалізації СВІ та визначає весь комплекс її ергономічних і техніко-економічних характеристик. Тому створення ергатичної системи треба починати з вибору та обґрунтування форми виводу інформації, що призначена для оператора.

Показано, що істотний вплив на реалізацію СВІ визначає побудова його інформаційного поля (ІП), оскільки ергономічні параметри реального індикаторного

пристрою, в першу чергу, пов'язані з технічним втіленням цього вузла. Функціонально ІІ являє собою електрооптичний перетворювач (ЕОП), за допомогою якого формується оптична неоднорідність при збудженні його відповідних елементів.

Аналіз технічних реалізацій шкальних індикаторних пристроїв (ШІІ) показав, що їх побудова, як правило, залежить не від типу індикаторних елементів, а від структура електричних зв'язків між ними. Показано, що переважна більшість різновидів цих зв'язків зводиться до двох груп: лінійного (однокоординатного) та двокоординатного матричного електричного з'єднання елементів. На цій основі визначено роль дискретно-аналогового індикатора (ДАІ) та побудови його ІІ в шкальному пристрої відображення даних, обґрунтований нерозривний зв'язок ДАІ з ІМ та її системною реалізацією.

Класифіковані та проаналізовані системні обмеження, які визначають рівень ергономічних параметрів засобів візуального виводу даних на основі дискретно-аналогових ІМ та вимагають узгодження фізіологічних можливостей оператора з технічними характеристиками пристроїв відображення повідомлень. Визначено, що істотне підвищення рівня ергономічних параметрів шкальних індикаторних пристроїв може бути досягнуто шляхом оптимізації геометрії ІІ і топології формованих символів за рахунок зменшення світловипромінюючої площі індикатора та збудження контурів символів, які використовуються у візуальних алфавітах.

На основі багаторівневого системного підходу до побудови СВІ зі шкальним поданням повідомлень визначено, що найбільш ефективними напрямками підвищення рівня техніко-економічних і ергономічних параметрів пристроїв індикації розглянутого типу є: оптимізація побудови каналу передачі інформації оператору та комплексна мінімізація апаратурних рішень елементів системи. Реалізація високоефективної оптичної передачі даних людині визначається типом ІМ та побудовою ІІ, на якому вона формується. Комплексна мінімізація апаратурних рішень включає, з одного боку, вибір необхідної логічної інформаційної моделі у відповідності до задач, які вирішуються, що визначає функціональну структуру пристрою відображення даних у цілому. З іншого боку – це оптимізація внутрішніх алгоритмів обробки сигналів у СВІ на основі аналізу процесу перетворення інформації на різних рівнях її системного подання.

Визначено, що оптимізація технічних і ергономічних характеристик СВІ на основі дискретно-аналогових ІМ вимагає створення спеціалізованих технічних засобів, які забезпечують експериментальні дослідження та контроль параметрів оптичного випромінювання шкальних індикаторів, а також для проведення імітаційного моделювання передачі даних у каналі зв'язку з оператором.

Другий розділ присвячений вивченню ІМ як основи оптоелектронної СВІ з точки зору семіотики, яка визначає способи передачі інформації, властивості знаків та знакових систем.

Запропоновано формалізований підхід до опису процесу передачі даних від технічних засобів оператору ергатичної оптоелектронної системи, що дозволив оцінити інформаційну надлишковість різних форм візуального кодування повідомлень. В результаті отримано вирази для оцінки кількості переданої інформації при відсутності перешкод і спотворень у каналі, а також формулу для розрахунку коефіцієнта надлишковості ІМ $K_{\text{РИМ}}$ у випадку виключення появи позаштатних

візуальних образів на ІІ індикатора. На цій основі зіставлено ряд ІМ цифрового (знакового) та дискретно-аналогового відображення даних. На рис. 1 представлені результати розрахунку кількості переданої інформації D для систем з алфавітом довжиною до 100 символів (крива 1), з якого видно зростання D зі збільшенням числа елементів множини повідомлень l . Це справедливо для всіх типів індикаторів. Також наведені залежності $K_{\text{РИМ}}$ для шкального (крива 2) і для 9-, 7-, 6- та 5-сегментних цифрових індикаторів (криві 3 – 6, відповідно).

В результаті встановлено і чисельно підтверджено, що з ростом довжини алфавіту, і, відповідно, обсягу переданої інформації, надлишковість шкальних моделей збільшується, а знакових – зменшується, що відбиває різну природу цих візуальних образів і визначає доцільність переважного використання дискретно-аналогового подання інформації для підвищення надійності оптоелектронних систем у критичних умовах експлуатації.

На основі узагальненого подання повідомлення в дискретно-аналоговій формі запропоновано для класифікації ІМ використовувати вагову функцію візуального образу $\Delta\varpi_{\text{ІМ}}$, що формується при виводі даних на індикатор. Її значення пов'язане з ваговими функціями початкового $\varpi(a_{i_{1v}})$ та кінцевого $\varpi(a_{i_{2v}})$ індикаторних елементів квазібезперервного образу символу S_v ІМ

$$\Delta\varpi_{\text{ІМ}} = \varpi(a_{i_{2v}}) - \varpi(a_{i_{1v}}) + 1.$$

В результаті сформовано чотири групи семіотичних ІМ, що реалізують дискретно-аналогове подання повідомлень, в яких використовується позиційне, адитивне, спеціалізоване та комбіноване візуальне кодування даних. Незмінне значення вагової функції візуальних образів для всіх символів ІМ свідчить про постійні параметри S_v і про відсутність додаткової інформації в самому

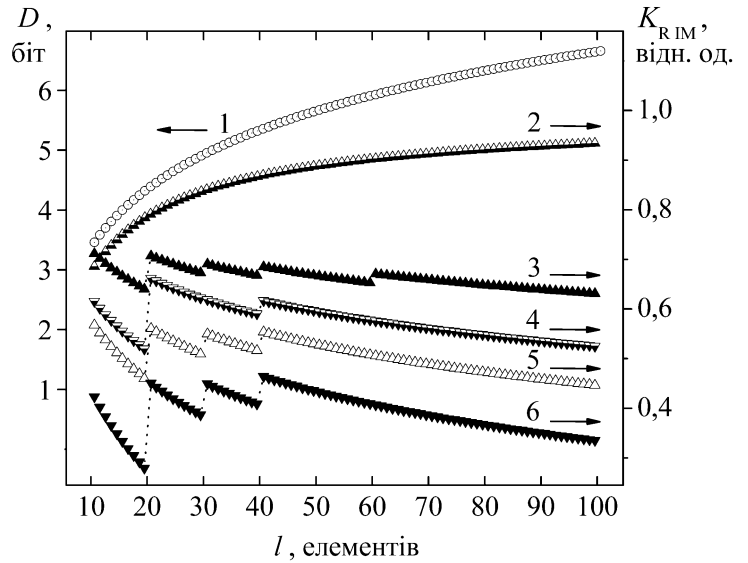


Рис. 1.

зображенні, що відповідає позиційній моделі. Наявність пропорційної залежності значення $\Delta\varpi_{\text{IM}}$ від позиційного номера символу S_ν в алфавіті ІМ є ознакою адитивної моделі. В цьому випадку інформація надходить оператору як через положення відлікового кінця оптичної неоднорідності відносно градуйованої шкали, так і завдяки зміні розміру (довжини) цієї неоднорідності на ІІ. До групи спеціалізованих ІМ шкального відображення повідомлень входять форми подання даних, які мають ознаки адитивної і/або позиційної моделі, але не можуть бути віднесені до них. Комбінована форма ІМ об'єднує цифрове та шкальне подання даних на загальному ІІ.

На доданок до вже відомого математичного подання семіотичної адитивної моделі аналітично описані та проаналізовані властивості: двох варіантів позиційної, двох нових спеціалізованих і однієї комбінованої ІМ.

При використанні позиційної ІМ відлік робиться по положенню постійною за розміром оптичної неоднорідності на ІІ індикатора відносно мірної шкали. Варіант позиційної ІМ, сформованої з двох збуджених елементів ІІ, які мають вагові функції, що відрізняється на одиницю, і розташовані поруч на шкалі, дозволяє значно збільшити рівень надійності виводу даних.

Символи адитивного шкального подання інформації $S_{\nu\text{BG}}$ синтезуються з ряду елементів ІІ, які мають вагову функцію, починаючи від її мінімальної величини $\varpi_1 = \varpi(a_1)$ до значення $\varpi_\nu = \varpi(a_\nu)$, що відповідає виведеному повідомленню.

У запропонованій спеціалізованій позиційно-адитивній ІМ формування символів відбувається на ІІ відносно фіксованих відрізків багатоканальної міри – субмір. У цій якості використовуються довжини відрізків між основними (числовими) позначками градуювання, які мають однакову довжину, що визначається модулем оцифрування m_0 . При синтезі символу S_ν , що відображає значення повідомлення ν , для якого $\varpi_\nu = \varpi(a_\nu)$ відповідає i -му відрізку (субмірі) шкали, де $i = E(\nu/m_0) + 1$, а E – антье, збуджується ряд елементів ІІ, починаючи з останнього елемента, що відноситься до $(i-1)$ -ї субміри, до ν -го, який попадає на i -у субміру. Ця ІМ забезпечує в середньому приблизно десятикратне зниження потужності, що споживається індикатором. Ергономічні характеристики позиційно-аналогового відображення даних також акумулюють кращі властивості як позиційної, так і адитивної ІМ. По-перше, це малий вплив на сприйняття зображення елементів ІІ з ваговою функцією $\varpi_x < \varpi_\nu = \varpi(a_\nu)$. А, по-друге, – наявність залежності довжини візуальних образів від значень повідомлень. Така ситуація забезпечує істотні переваги позиційно-аналогової форми відліку в порівнянні з традиційними, особливо завдяки використанню шкали зі стандартною топологією.

Розроблено спеціалізоване адитивно-контурне шкальне відображення інформації, що формується у вигляді зовнішнього контуру звичайного адитивного відображення повідомлень на ДАІ. Для створення таких візуальних образів потрібен індикатор, елементи якого складаються з трьох фрагментів. Значне скорочення збудженої площі ІП по відношенню до звичайної адитивної ІМ забезпечує зростання рівня ергономічних параметрів за рахунок зниження впливу на сприйняття зображення елементів ІП з ваговою функцією $\varpi_x < \varpi_y = \varpi(a_y)$, а також пропорційність довжини візуального образу значенню повідомлення. Одночасно при типових розмірах елементів ІП відбувається приблизно чотириразове зниження енергоспоживання індикаторів на світловипромінюючих діодах (СВД).

Визначено, що комбінована ІМ забезпечує одночасне цифрове та шкальне подання системного повідомлення. Загальне ІП інтегрує дві відносно незалежні інформаційні частини, які формують відповідно знакову та дискретно-аналогову ІМ. В результаті модель набуває властивостей, притаманних своїм складовим. Цифрова частина забезпечує високу дискретність, а шкальна – високий рівень ергономічних параметрів при обмеженому ресурсі часу на розшифровку повідомлень.

Виявлено, що завдяки граничній простоті позиційна ІМ може бути реалізована з мінімальними апаратурними витратами на збудження ЕОП. Висока економічність робить цю групу ІМ незамінною для автономних індикаторних пристроїв. При відсутності жорстких обмежень по енергоспоживанню для виводу інформації найчастіше застосовується адитивна ІМ, бо вона забезпечує високий рівень ергономічних характеристик та надійність СВІ за рахунок інформаційної надлишковості.

Показано, що спеціалізовані моделі вирішують задачі підвищення надійності, економічності та ряду інших техніко-економічних параметрів СВІ, а також інтегрують властивості позиційного та адитивного подання повідомлень, що забезпечує пристроям на цій основі найбільш широку сферу впровадження. Комбінована ІМ застосовується в оптоелектронних СВІ, що використовуються в складних змінних умовах експлуатації, при наявності комплексу суперечливих вимог до ергономічних параметрів системи.

Розроблено, апробовано і використано для проведення досліджень ІМ дискретно-аналогового відображення повідомлень програмний комплекс імітаційного моделювання шкальних індикаторів, що включає комп'ютерну програму і спеціалізовану базу даних, які забезпечують збір, накопичення й ефективну обробку результатів експерименту. Високий рівень достовірності отриманих ергономічних параметрів забезпечується використанням алгоритму програми, побудованого на зіставленні результатів зчитування оператором випадкових значень повідомлень, представлених у різній формі, яка теж встановлюється по випадковому закону.

Показано на основі імітаційних ергономічних досліджень за участю 43 операторів, які зробили 8,5 тисяч відліків, що в умовах обмеженого часу на

сприйняття повідомлення менше число помилок зчитування даних забезпечує позиційна форма подання, однак час реакції оператора в цьому випадку виявляється більшим, ніж при використанні адитивного варіанта візуального кодування даних.

У третьому розділі подані результати вивчення ДАІ як системного засобу реалізації ІМ, розробки нових типів шкального індикатора та визначення їх властивостей, а також створення апаратних засобів для контролю функціональних параметрів джерел випромінювання для оптоелектронних СВІ.

На основі аналізу літературних джерел та наявної серійної елементної бази для реалізації шкальних індикаторів показано, що реальне застосування в промислових оптоелектронних СВІ знайшли практично тільки три типи дискретно-аналогових ЕОП: на основі СВД, рідких кристалів і вакуумних катодолюмінесцентних індикаторів. При цьому для надійного та достовірного відображення інформації в складних умовах експлуатації технічних засобів керування мобільними об'єктами і технологічними процесами найкращий комплекс ергономічних і техніко-економічних характеристик мають індикатори на основі СВД.

З використанням узагальненого інформаційного підходу до функціонування ДАІ показано, що перетворення електричного сигналу Z_v^E , який використовується для формування символу S_v , описується виразом

$$S_v = \psi_{\text{SOM}} \left\{ \psi_{\text{SLM}} \left(Z_v^E \right) \right\},$$

де ψ_{SOM} – оператор, що відповідає багатоканальному перетворенню форми подання повідомлень з електричної в оптичну; ψ_{SLM} – оператор, що описує логічні властивості ЕОП.

Аналіз реакції запропонованої структури, яка функціонально імітує окремий елемент ЕОП, на повну групу комбінацій вхідних електричних сигналів дозволив встановити логічну функцію, яка відповідає властивостям, що проявляються при збудженні елементів ІІ. Визначено, що полярні елементи реалізують логічну функцію "ЗАБОРОНА", а неполярні – функцію "ВИКЛЮЧНЕ АБО".

Запропоновано математичний опис формування зображення на індикаторі, елементи якого з'єднані двовимірною матрицею $n \times m$, де n , m – відповідно кількість її старших (рядків) і молодших (стовпців) розрядів. Оскільки в збуджений стан переводяться елементи, що знаходяться на перетині рядків та стовпців, до яких підведені ініціюючі електричні сигнали (напруга живлення / струм потрібного рівня та напрямку), показано, що формування зображення при матричному електричному з'єднанні елементів ЕОП може бути аналітично описано на основі векторного добутку сигналів керування шинами рядків і стовпців матриці.

Визначено, що при моделюванні динамічного багатотактного синтезу оптичного образу на індикаторі з використанням векторного добутку сигналів утворюється множина матриць, число яких дорівнює кількості тактів сканування

ЕОП. Кожна матриця описує збудження елементів індикації під час відповідного такту формування повідомлення, а їх об'єднання за період сканування – зображення в цілому.

Далі розроблено конструкцію і досліджено ряд варіантів побудови шкального індикатора для формування адитивно-контурного подання інформації на ІП СВІ. В основу реалізацій шкали покладено запропоновану топологію, яка представлена на рис. 2. "Контур" адитивної ІМ формується зі збуджених елементів ІП, що відповідають початковому значенню повідомлення і переданому повідомленню, тобто з елементів із ваговими функціями $\varpi_1 = \varpi(a_1)$ і $\varpi_v = \varpi(a_v)$. Вони утворюють "верхню" і "нижню" сторони прямокутника контуру. Крім цього, збуджуються "ліва" й "права" сторони прямокутника як два ряди елементів з ваговими функціями від $\varpi_1 = \varpi(a_1)$ до $\varpi_v = \varpi(a_v)$. У результаті для формування зображення на ІП індикатора потрібно перевести у збуджений стан три групи елементів. Дві з них синтезують візуальний образ "лівої" (елементи 1...5) і "правої" (елементи 6...10) сторін прямокутника контуру. Третя група елементів 11...14 призначена для формування "верхньої" та "нижньої" сторін прямокутника.

Показано, що запропонований індикатор забезпечує істотне підвищення енергетичної ефективності виводу даних як у статичному, так і в динамічному режимі формування повідомлень, що значно збільшує економічність і апаратну надійність оптоелектронної СВІ. При цьому значно підвищується рівень ергономічних характеристик шкального індикатора, оскільки забезпечується підвищення вибірковості сприйняття відліку та порога яскравості, яка сліпить, а також одночасно знижується критична частота злиття мигтінь, що вкрай важливо в складних експлуатаційних умовах, для яких розроблені ці інформаційні засоби.

Оптимізація побудови пристроїв виводу даних та підвищення рівня їх технічних і ергономічних характеристик неможлива без спеціалізованої апаратури для контролю функціональних параметрів джерел випромінювання, що використовуються в оптоелектронних СВІ. Тому були вивчені питання, пов'язані з побудовою відповідних засобів вимірювання.

Розглянуто і проаналізовано принципи побудови вимірювальних пристроїв, які дозволяють визначити температуру перегріву активної області напівпровідникових випромінювачів для шкальних індикаторів. Запропонована та реалізована структурна схема на основі електрофізичного методу контролю

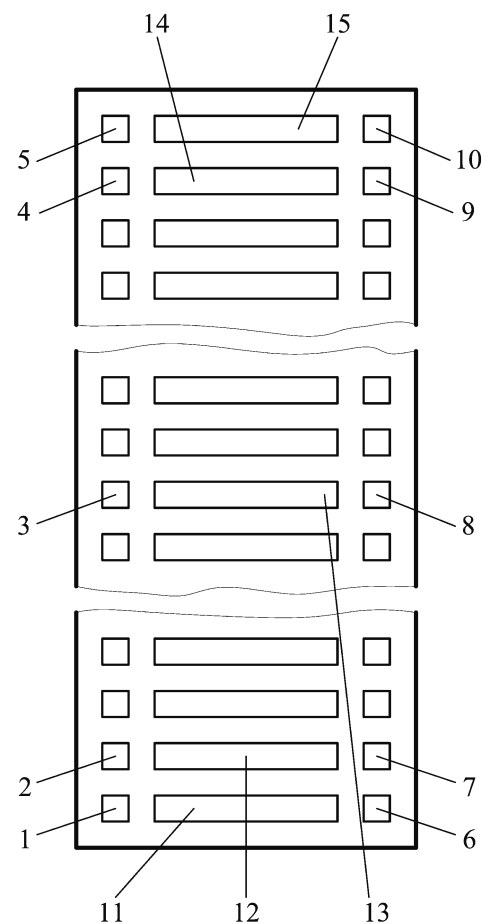


Рис. 2.

теплових параметрів напівпровідників, що забезпечує підвищення точності виміру температури і спрощення процесу вимірів завдяки ускладненню алгоритму обробки сигналів і введенню додаткових блоків корекції в схему приладу.

Вивчено процес вимірювання енергетичних параметрів оптичного випромінювання елементів ІІ індикатора і визначено набір неінформативних і дестабілізуючих факторів, що впливають на нього. Виділено систематичні і випадкові похибки, що виникають при таких вимірюваннях, і сформульовані функціональні принципи зниження впливу дестабілізуючих факторів, які дозволяють підвищити точність визначення функціональних параметрів елементів індикації. На базі цих досліджень запропоновано і реалізовано апаратне рішення первинного вимірювального перетворювача для побудови засобів контролю параметрів оптичного випромінювання активних елементів ІІ індикатора. Функціональний перетворювач світлового потоку в електричний струм створено на основі операційного підсилювача, у якого вихід підключений до інверсного входу, фотоприймач – між обома входами, а елементи, які визначають передавальну

характеристику, включені між загальною шиною та прямим входом підсилювача, що забезпечує високу лінійність, стабільність параметрів і високий рівень завадостійкості завдяки компенсації нелінійностей у схемі, а також сигналів, породжених неінформативними та дестабілізуючими впливами.

Четвертий розділ містить результати вивчення логічної ІМ як основи побудови СВІ шкального типу та аналітичну базу для розробки апаратних рішень, що застосовуються для виводу інформації в дискретно-аналоговій формі в статичному та ряді динамічних режимів для різних алфавітів відображення даних.

В результаті аналізу принципів побудови СВІ, які викладені в другому та третьому розділах, визначено, що процес створення шкальних засобів виводу інформації ґрунтується на дослідженні та узгодженні з поставленим завданням двох ключових елементів конструкції індикаторного пристрою. По-перше, обирається конкретний тип ІМ, за допомогою якої

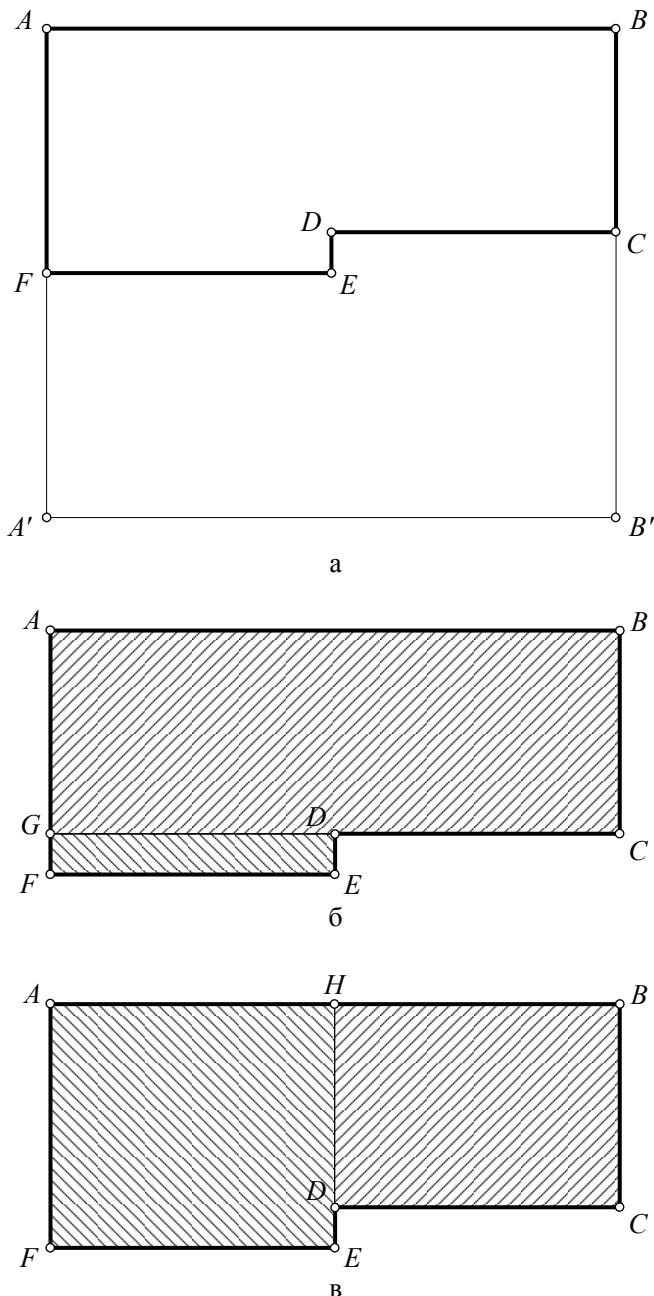


Рис. 3.

реалізується передача повідомлень оператору. По-друге, визначаються принципи реалізації ІІ і побудови індикатора, де синтезується потрібна ІМ. Це формує концепцію побудови ІІІ і дозволяє перейти від цілком формалізованої інтерпретації функціонування СВІ з погляду семіотики без урахування функціональних і апаратурних особливостей технічної реалізації системних рішень до реальних цифрових структур, що синтезують зображення на індикаторі. З'ясовано, що особливий практичний інтерес має створення та дослідження складних логічних ІМ, які забезпечують синтез візуальних образів у динамічному режимі за допомогою ЕОП, елементи яких з'єднані двовимірною матрицею.

Запропоновано, апробовано і застосовано для аналізу ІМ геометричну інтерпретацію формування візуальних образів на дискретно-аналоговому індикаторі. Показано, що така форма подання істотно спрощує одержання аналітичних описів, необхідних для побудови моделей функціонування апаратурних рішень оптоелектронних СВІ.

Використано геометричний підхід до адитивної ІМ, яка синтезується на шкалі з елементів, з'єднаних двовимірною матрицею, що представлено на рис. 3а. Усе ІІ з елементів ЕОП зображено у вигляді прямокутника $ABB'A'$. Підмножина його елементів, які збуджуються для формування символу $S_{V_{BG}}$, являє собою шестикутник $ABCDEF$. Таке подання ІІ використано для визначення можливої кількості варіантів двотактного формування зображень у заданій ІМ. В результаті пошук різновидів двотактного синтезу символів $S_{V_{BG}}$ на двовимірній матриці елементів

зводиться до задачі комбінаторної геометрії про розбивку фігур на менші частини.

Теоретично доказано, що плоский неопуклий шестикутник із взаємно перпендикулярними суміжними сторонами може бути розбитий на два прямокутники двома і тільки двома способами. У першому випадку шестикутник $ABCDEF$ розбитий на два прямокутники $ABCG$ і $DEFG$ (рис. 3б), а в другому – на прямокутники $AHEF$ та $BCDH$ (рис. 3в).

З урахуванням цього факту проаналізовано адитивну ІМ і показано, що існує два і тільки два варіанти синтезу її візуальних образів при двотактному формуванні зображення на ЕОП, елементи якого електрично з'єднані двовимірною матрицею. Аналітично доведено, що два алгоритми відображення символів заданої моделі на ДАІ з матричним з'єднанням елементів утворюють повну групу і можуть бути реалізовані апаратурно.

В результаті теоретично підтверджено існування вже відомої логічної ІМ та віднайдено нову модель двотактного формування адитивних символів на ІІ, яка є одним із варіантів узагальненої моделі. Нова логічна ІМ базується на об'єднанні до двох підмножин $\tilde{A}_{V_{BG}}^1$ та $\tilde{A}_{V_{BG}}^2$, що не перетинаються, елементів ЕОП a_{xy} шляхом розбиття за молодшими розрядами матриці $n \times m$ множини збуджених

елементів $\tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^{\text{D}}$, яка відповідає символу $S_{\nu\text{BG}}$. Цей варіант ІМ, представлений на рис. 3в, описується за період збудження ДАІ T_S , починаючи з часу t_S , виразом

$$S_{\nu\text{BG}} \Leftrightarrow \tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^{\text{D}} = \left[\tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^1 \cup \tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^2 \right] \Big|_{T_S} =$$

$$= \left\{ \bigcup_{y=1}^{\nu - m \mathbb{E}\left(\frac{\nu}{m}\right)} \left[\bigcup_{x=1}^{\mathbb{E}\left(\frac{\nu}{m}\right) + 1} a_{xy} \begin{matrix} t=t_S + \tau_g - 0 \\ \\ t=t_S + 0 \end{matrix} \right] \right\} \cup \left\{ \bigcup_{y=\nu - m \mathbb{E}\left(\frac{\nu}{m}\right) + 1}^m \left[\bigcup_{x=1}^{\mathbb{E}\left(\frac{\nu}{m}\right)} a_{xy} \begin{matrix} t=t_S + 2\tau_g - 0 \\ \\ t=t_S + \tau_g + 0 \end{matrix} \right] \right\}.$$

де t – поточний час, τ_g – відкритий інтервал часу збудження підмножин елементів ЕОП $\tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^1$ та $\tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^2$. Для цієї моделі $\tau_g = T_S/2$.

Вивчено багатотактне формування символів адитивної ІМ на ДАІ, елементи якого електрично з'єднані двовимірною матрицею $n \times m$. На цій основі побудовано і використано в математичних описах логічну модель синтезу символів дискретно-аналогового подання повідомлень шляхом сканування ЕОП як по старших розрядах матриці елементів

$$S_{\nu\text{BG}} \Leftrightarrow \tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^{\text{D}} = \bigcup_{i=1}^{\nu} a_i \Big|_{T_S} = \bigcup_{x=1}^n \tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^x \Big|_{T_S} = \left\{ \bigcup_{x=1}^{\mathbb{E}\left(\frac{\nu}{m}\right)} \left[\bigcup_{y=1}^m a_{xy} \begin{matrix} t=t+x\tau_g - 0 \\ \\ t=t+(x-1)\tau_g + 0 \end{matrix} \right] \right\} \cup$$

$$\cup \left\{ \bigcup_{x=\mathbb{E}\left(\frac{\nu}{m}\right) + 1}^{\mathbb{E}\left(\frac{\nu}{m}\right) + 1} \left[\bigcup_{y=1}^{\nu - m \mathbb{E}\left(\frac{\nu}{m}\right)} a_{xy} \begin{matrix} t=t+x\tau_g - 0 \\ \\ t=t+(x-1)\tau_g + 0 \end{matrix} \right] \right\} \cup \left\{ \bigcup_{x=\mathbb{E}\left(\frac{\nu}{m}\right) + 2}^n \left[\mathbf{A}_{\emptyset} \begin{matrix} t=t+x\tau_g - 0 \\ \\ t=t+(x-1)\tau_g + 0 \end{matrix} \right] \right\},$$

так і по молодших розрядах матриці елементів

$$S_{\nu\text{BG}} \Leftrightarrow \tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^D = \bigcup_{i=1}^{\nu} a_i \Big|_{T_S} = \bigcup_{x=1}^m \tilde{\mathbf{A}}_{\nu\text{BG}}^y \Big|_{T_S} =$$

$$= \left\{ \bigcup_{y=1}^{\nu - mE\left(\frac{\nu}{m}\right)} \left[\bigcup_{x=1}^{E\left(\frac{\nu}{m}\right)+1} a_{xy} \begin{array}{l} t=t+y\tau_g-0 \\ t=t+(y-1)\tau_g+0 \end{array} \right] \right\} \cup \left\{ \bigcup_{y=\nu - mE\left(\frac{\nu}{m}\right)+1}^m \left[\bigcup_{x=1}^{E\left(\frac{\nu}{m}\right)} a_{xy} \begin{array}{l} t=t+y\tau_g-0 \\ t=t+(y-1)\tau_g+0 \end{array} \right] \right\},$$

де \mathbf{A}_{\emptyset} – пуста множина.

Також запропоновано і реалізовано множинні та матричні варіанти аналітичного опису збудження індикатора для створення фрагментів зображень символів алфавіту, що використовується.

Проаналізовано синтез зображень символів різних форм позиційного подання інформації на ЕОП з лінійним і матричним з'єднанням елементів. Отримано і представлено множинні, матричні та логіко-часові варіанти математичного опису збудження індикатора для формування візуальних образів символів ІМ як у статичному, так і в динамічному режимі. Показано, що позиційна модель із двох збуджених елементів ДАІ вирізняється поміж інших ІМ високою надійністю, простим синтезом візуальних символів і можливістю статичної реалізації відображення інформації при лінійній і динамічній – при матричній організації електричних зв'язків в ЕОП.

П'ятий розділ присвячено практичній реалізації оптоелектронних СВІ на індикаторах із матричним з'єднанням елементів.

Проаналізовані загальні принципи побудови апаратурних рішень оптоелектронних СВІ з дискретно-аналоговим поданням повідомлень, в яких використано ЕОП із внутрішньою електричною організацією у вигляді двовимірної матриці. Запропоновано аналітичний опис формування електричних сигналів і спеціальних кодів для синтезу зображення на ІП і показано, що основою оптимізації всіх технічних рішень схем керування ЕОП цієї групи пристроїв є мінімізація цифрових структур за рахунок створення ефективних алгоритмів обробки сигналів і підвищення енергетичної ефективності збудження індикаторних елементів.

На основі ІМ формування надійної позиційної індикації з двох збуджених елементів шкали проаналізована функціональна побудова її апаратурної реалізації. Для створення такої форми відображення даних запропоновано аналітичний опис відповідної цифрової структури і реалізовано мінімізоване технічне рішення, яке синтезує необхідне зображення на ІП. Схемотехнічно воно побудовано на основі двох дешифраторів вхідного коду та арифметичного суматора, на вхід одного із доданків якого підведена тактова послідовність у вигляді одиничної функції.

Розглянуто апаратурні принципи реалізації адитивного подання інформації на дискретно-аналоговому індикаторі, і на цій основі запропоновані й апробовані алгоритми і їх аналітичні описи, що вирішують задачу двотактного синтезу візуальних образів системних повідомлень на шкалі. Розроблено і реалізовано в ряді оптимізованих індикаторних пристроїв ефективні методи формування й обробки кодованих сигналів, що використовуються для створення зображень на ІІ з матричною організацією взаємних електричних з'єднань елементів.

Проаналізовано методи й апаратурні рішення обробки сигналів, що використовуються при відображенні повідомлень у комбінованій формі з дискретно-аналоговою та цифровою компонентами. Показано переваги і недоліки цих складових ІМ з технічної й ергономічної точки зору. Визначено, що апаратурно формування повідомлень в цифровій формі значно простіше ніж у шкальній. Крім того, існує серійна елементна база, яка забезпечує ефективну побудову знакових СВІ. При цьому дискретність цифрових повідомлень при функціонально виправданих розмірах ІІ значно вища, ніж у шкальних. Однак рівень ергономічних параметрів цифрового відліку в порівнянні зі шкальним є суттєво нижчим, що вкрай критично при обмеженому часі на сприйняття та розшифровку системних повідомлень. В результаті використання комбінованої ІМ дозволяє задовольнити суперечливі вимоги в багатофункціональних СВІ для складних експлуатаційних умов.

Запропоновано і апаратурно реалізовано ефективні алгоритми цифрової обробки даних для побудови СВІ з комбінованою ІМ, які відповідають перетворенню вхідного аналогового сигналу $F_0^A(t)$ у візуальний $F_{SG}(t)$ і описуються виразом

$$F_{SG}(t) = \psi_{SBE} \left\{ \psi_{SBSD}^E \left\{ \psi_{ICL}^E \left[F_0^A(t) \right] \right\} \right\} + \psi_{SDE} \left\{ \psi_{ICL}^E \left[F_0^A(t) \right] \right\},$$

де ψ_{SBE} , ψ_{SDE} – оператори електрооптичного перетворення відповідно шкального і цифрового подання повідомлень; ψ_{SBSD}^E – оператор, що описує перетворення коду семисегментного індикатора в електричні сигнали керування шкальним індикатором; ψ_{ICL}^E – оператор аналогово-цифрового перетворення сигналів у код семисегментного індикатора, який реалізується широко розповсюдженими інтегральними мікросхемами типу ICL7107 та їх аналогами.

Завдяки використанню такого підходу розроблено й схемотехнічно апробовано апаратурно мінімізовані з урахуванням наявної серійної елементної бази й оптимізовані за ергономічними характеристиками технічні рішення індикаторних пристроїв, які паралельно синтезують повідомлення в цифровій і адитивній формі на шкальному індикаторі в двотактному режимі.

На основі аналізу особливостей синтезу зображень символів алфавітів ІМ на ЕОП з матричним з'єднанням елементів виявлено функціональні й апаратурні резер-

ви формування достовірного відображення повідомлень. З'ясовано і аналітично підтверджено, що при адитивній формі виводу даних на розглянутий тип індикатора відліковий індекс шкали, який відповідає елементу a_V , збуджується лише у складі однієї підмножини елементів ЕОП один раз за період формування символу S_{VBG} .

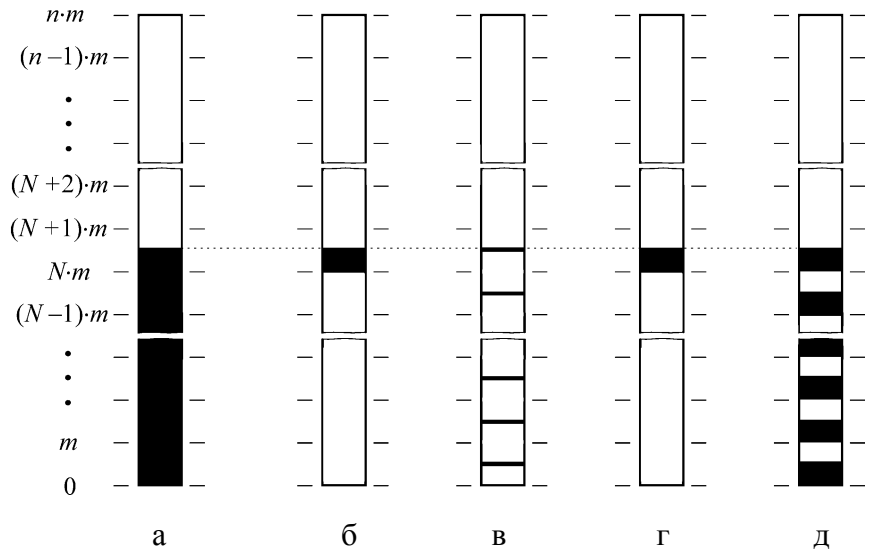


Рис. 4.

Виходячи із логічних ІМ двотактного та

багатотактного синтезу зображень на ДАІ аналітично отримано і проаналізовано описи спотворених символів, що виникають при відмові блоків індикаторних пристроїв, в яких найчастіше з'являються несправності, зокрема, в узлах керування скануванням матриці ЕОП. В тому числі визначено символи, які формуються при відмові зазначених блоків та мають в своєму зображенні елемент a_V , що представлено на рис. 4, де подано вигляд ІІ при звичайному робочому режимі пристрою індикації (а) і при наявності типових відмов блоків динамічного формування зображення для випадків збудження матриці елементів ЕОП скануванням по шині старших (б) і молодших (в) розрядів, а також при двох варіантах двотактного виводу даних (г і д). В результаті запропоновано, апробовано і реалізовано в апаратурному рішенні метод одержання достовірного динамічного дискретно-аналогового подання інформації, який забезпечує формування зображень, що можуть бути безпомилково розшифровані оператором при відмові блоків індикаторного пристрою з низькою надійністю. Метод полягає в тому, що при відображенні повідомлень із усіх підмножин елементів ДАІ, які приймають участь у формуванні зображення у відповідний такт, визначається та, до якої входить елемент a_V . Далі, при роботі ШП постійно контролюється стан вузлів, що використовуються при скануванні матриці ЕОП, і, в разі відмови одного з них, примусово на шкалі збуджується визначена підмножина елементів, в тому числі і a_V . Показано, що схемотехнічна реалізація методу винятково проста, особливо у випадку, коли контролюється робота одного з найбільш вразливих вузлів – тактового генератора, який забезпечує динамічне формування зображення на шкалі. Запропоновано й апаратурно втілено структурне рішення, в якому уведення до складу ШП елемента затримки та логічного елемента "І" дозволяє суттєво збільшити достовірність динамічного шкального відображення повідомлень.

Розглянуто та проаналізовано апаратурні принципи побудови пристроїв дискретно-аналогового виводу інформації на індикатор, елементи якого з'єднані двовимірною матрицею. Показано можливість варіювання кількості шин в її ортогональних групах при збереженні на необхідному рівні довжини алфавіту повідомлень і незмінних принципах побудови та функціональної структури технічного рішення. На цій основі розроблено, аналітично обґрунтовано і апробовано метод неструктурної мінімізації ШП за рахунок вибору оптимального співвідношення числа шин в ортогональних групах матриці елементів його ЕОП. Математично доведено, що для мінімізації пристрою в цілому це співвідношення повинно бути зворотно пропорційним відношенню узагальненої вартості схеми керування однією шиною групи.

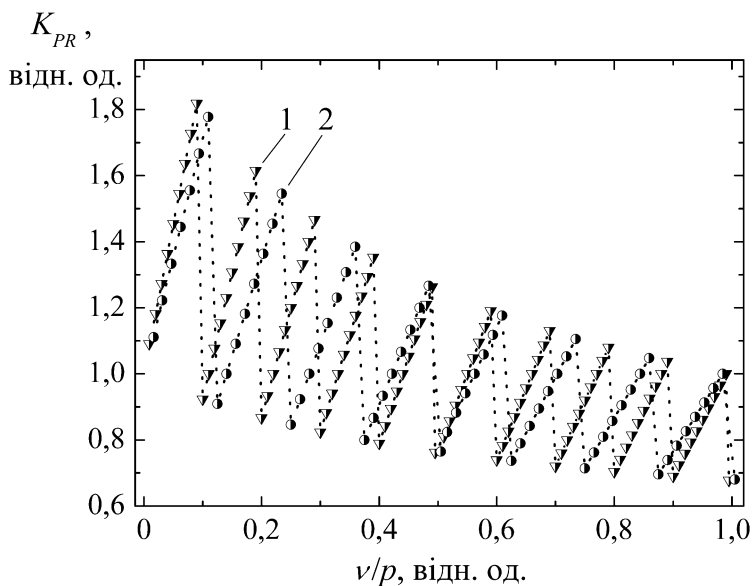


Рис. 5.

дозволяє порівнювати довільні пари моделей. В такий спосіб зіставлено дві ІМ двотактного формування дискретно-аналогового відображення даних. Для цього отримано K_{PR} як відношення енергоспоживання для реалізації ІМ із розбиттям елементів на підмножини по молодшим розрядам до витрат енергії в ПШІ на основі моделі з розбиттям елементів на підмножини по старшим розрядам. Результати розрахунків наведені на рис. 5, де показано залежність K_{PR} від відносного значення символів, що формуються на ЕОП, виконаних на базі матриць СВД розміром $m \times n = 10 \times 10$ (крива 1) та $m \times n = 8 \times 8$ (крива 2). Видно, що в нижній частині шкали, де $(v/p) < 0,3$, $K_{PR} > 1$ для більшості символів. В той же час у верхній половині шкали при $(v/p) > 0,5$ маємо $K_{PR} < 1$ для переважної більшості сформованих повідомлень. При цьому такий результат практично не залежить від розміру двовимірної матриці елементів індикатора. В такий спосіб показано, що перший варіант ІМ (із розбиттям елементів ЕОП на підмножини по молодшим розрядам) більш ефективний при формуванні символів в нижній половині шкали, а

Запропоновано, аналітично обґрунтовано й апробовано методику оцінки, оптимізації та вибору апаратурних рішень оптоелектронних СВІ на основі їх енергетичної ефективності. Показано, що зіставлення та вибір ІМ і їх технічних реалізацій доцільно виконувати на основі відношення потужностей K_{PR} , необхідних для створення електричних сигналів керування ЕОП з використанням моделей, що аналізуються. Ця методика

другий (із розбиттям елементів індикатора на підмножини по старшим розрядам) – у верхній. На основі цієї методики представлені практичні рекомендації для вибору варіанта ІМ двотактного синтезу адитивного подання даних на шкалі і для оптимізації схемотехнічних рішень, що забезпечують керування шинами матриці ЕОП.

В шостому розділі розглянуті питання, пов'язані з побудовою оптоелектронних СВІ з використанням індикаторів, які мають лінійне з'єднання елементів.

Проаналізовано і визначено найбільш суттєві фактори, що впливають на вибір лінійного або матричного принципу побудови ДАІ в шкальних оптоелектронних СВІ. На цій базі детально досліджено і аналітично зіставлено широкий спектр технічних рішень із статичним і динамічним формуванням відліку на шкалі за критерієм функціональної складності. Показано, що для найбільш розповсюджених на практиці сполучень функціональних ознак пристроїв відображення інформації та застосованих елементів індикації доцільно використання матричної електричної побудови шкального ЕОП із динамічним збудженням елементів індикатора, якщо їх число перевищує 17...20. У протилежному випадку більш ефективним є статичне керування індикатором з лінійним електричним з'єднанням елементів.

Аналітично описано і схемотехнічно реалізовано на основі логічних функціональних рішень ряд стандартних і оптимізованих структур для керування шкальними індикаторами з елементами, з'єднаними послідовно та з загальним електродом, які забезпечують статичне стандартне позиційне відображення системних повідомлень. Вивчено і зіставлено їх часові та техніко-економічні характеристики. Показано, що при виборі оптимального поєднання виду електричного з'єднання елементів індикатора та типу перетворювача коду, що реалізує формування позиційної ІМ на шкалі, найкращий комплекс параметрів має запропонований оптимізований перетворювач коду та послідовне з'єднання елементів шкали.

Розроблено, аналітично апробовано та технічно реалізовано арифметичну форму моделі перетворення цифрових даних у пристроях відображення повідомлень дискретно-аналогового типу як альтернативу традиційним логічним і множинним підходам при математичному описі функціонування ПВІ. В цьому сенсі запропоновано та використано для аналітичного моделювання обробки цифрових сигналів ступеневе подання відповідної десяткової форми двійкових чисел, що представлені базовими варіантами кодування даних в ШП: одиничним нормальним та одиничним позиційним кодом. Показано, що перетворювачі повідомлення \mathbf{X} в перший $\mathbf{Z}_{ABG}(\mathbf{X})$ та другий $\mathbf{Z}_{APOS}(\mathbf{X})$ види коду відповідно

реалізують співвідношення $\mathbf{Z}_{APOS}(\mathbf{X}) = \left(2^{\mathbf{X}}\right)_2$ та $\mathbf{Z}_{ABG}(\mathbf{X}) = \left(2^{\mathbf{X}+1} - 1\right)_2$. В

результаті аналітично доведено функціональну можливість та простоту взаємної арифметичної трансформації цих кодів, яка описується виразом

$Z_{ABG}(\mathbf{X}) = 2 \cdot Z_{APOS}(\mathbf{X}) - 1$, а також підтверджено ефективність практичної реалізації формування внутрішніх сигналів ШПІ з використанням стандартних арифметичних вузлів або програмним шляхом у випадку побудови СВІ на мікропроцесорних засобах. Така ситуація дозволяє сформувати аналітичну базу для створення нових високоефективних пристроїв візуалізації даних на ДАІ, які відрізняються простотою та мають додаткові функціональні можливості, завдяки чому покращується та спрощується взаємодія оператора з технічними засобами, підвищується універсальність та надійність апаратурних реалізацій ШПІ.

На основі розглянутого підходу отримано аналітичні вирази для апаратурної реалізації ефективних мінімізованих технічних засобів, які забезпечують оперативну зміну ІМ в СВІ, що в значній мірі оптимізує параметри каналу зв'язку з оператором у залежності від умов експлуатації оптоелектронної ергатичної системи. Показано, що такі цифрові схеми виконують арифметичну обробку сигналів у відповідності до виразу

$$Z_{AU}(\mathbf{X}) = Z_{APOS}(\mathbf{X}) + Z_F \cdot [Z_{APOS}(\mathbf{X}) - 1],$$

де $Z_{AU}(\mathbf{X})$ – універсальний керований двійковий код, Z_F – сигнал керування формою шкального відліку на ДАІ, причому, $Z_F = 0 \vee 1$.

Розроблено технічні засоби, які побудовані за цим виразом, базуються на повному багаторозрядному суматорі та забезпечують автоматичну або ручну зміну форми повідомлень на шкалі для оперативної адаптації ергатичних параметрів СВІ до поточних вимог застосування.

Запропоновано й апробовано арифметичну інтерпретацію формування сигналів для керування індикатором, побудованим на основі модулів шкального індикатора, які мають позитивний, або негативний загальний електрод. Аналітично показано, що схема керування ЕОП, яка має k входів та $p = 2^k$ виходів і виконує задану функцію, реалізує співвідношення $X' = X_{\max} - X - 1$, де X , X' – одиничні нормальні коди чисел для збудження модулів на основі СВД відповідно з загальним катодом та анодом, X_{\max} – код, сформований з усіх k одиниць.

На цій основі розроблено та практично застосовано універсальну арифметичну схему керування для шкал на світлодіодних індикаторних елементах із загальним електродом, яка адаптується до полярності підключених модулів ЕОП. Запропоновано технічне рішення, яке побудовано на основі блоку з k логічних елементів "ВИКЛЮЧНЕ АБО" ("СУМА ПО МОДУЛЮ ДВА"), підключеного до перетворювача вхідного коду в одиничний нормальний код. Це дозволяє автоматично змінювати полярність сигналів збудження ЕОП відповідно до варіанту його загального електроду. Показано, що така проста цифрова схема забезпечує

реалізацію універсальних засобів керування індикаторами, побудованими на різних типах СВД.

Розроблено, математично проаналізовано і функціонально обґрунтовано на основі арифметичної моделі процесу обробки цифрових сигналів в ШПІ метод підвищення достовірності статичного дискретно-аналогового відображення повідомлень. Для цього запропоновано поділити множину елементів ШПІ на дві підмножини з парних та непарних елементів, потім незалежно сформувати сигнали збудження елементів з парним і непарним значенням вагової функції, а також реалізувати незалежне керування виділеними двома групами елементів ШПІ. Показано, що в результаті використання цього методу досягається підвищення достовірності виводу інформації та розширення функціональних можливостей ШПІ за рахунок зменшення похибки індикації в аварійному режимі та сигналізації про виникнення несправності з можливістю діагностики її причини по виду наявного на шкалі зображення візуального символу.

Відповідно до запропонованого методу отримано аналітичні вирази для апаратурної реалізації мінімізованих технічних засобів, які дозволяють підвищити достовірність статичного шкального виводу інформації. З використанням арифметичної інтерпретації обробки цифрових сигналів повідомлень показано, що такі логічні схеми реалізують перетворення вхідного k -розрядного коду $\mathbf{X} = \{ x_1, x_2, \dots, x_k \}$, розподіленого на дві підмножини сигналів $\mathbf{X} = \{ \mathbf{X}_L, \mathbf{X}_H \}$: код молодшого розряду $\mathbf{X}_L = \{ x_1 \}$ та групу потенціалів старших розрядів – $\mathbf{X}_H = \{ x_2, \dots, x_k \}$, у вихідний p -розрядний двійковий одиничний нормальний код $\mathbf{Z}_{\text{BGN}}(X)$ у відповідності до співвідношення

$$\mathbf{Z}_{\text{BGN}}(X) = \mathbf{Z}_{\text{BG1}}(X_H) + \mathbf{Z}_{\text{BG2}}(X_L + X_H),$$

де $\mathbf{Z}_{\text{BG1}}, \mathbf{Z}_{\text{BG2}}$ – $(p/2)$ -розрядні двійкові одиничні нормальні коди, які призначені для збудження парних та непарних елементів ЕОП.

Запропонований вираз апаратурно реалізовано на основі побудови двох незалежних каналів керування індикаторними елементами з парним та непарним значенням вагової функції. Показано, що технічно ці канали є ідентичними і вдвічі простіші за традиційну реалізацію схеми керування ДАІ з p виходами, оскільки вони виконані на основі перетворювачів в одиничний нормальний код із половинною кількістю вихідних сигналів – $p/2$. Перше додавання реалізовано комутаційною структурою і не потребує логічних схем. Друге додавання об'єднує незалежні канали і виконано на основі $(k-1)$ -розрядного блоку додавання, логічних елементів І та ЗАБОРОНА. Визначено, що практично в 50% випадків відмови одного з перетворювачів або схеми сполучення каналів досягається безпомилкова інтерпретація візуальних образів повідомлень, а в інших випадках похибка розшифровки не перевищує одиниці дискретності шкали. Аналітично оцінено середній час нароби на відмову такої цифрової схеми керування ЕОП,

який збільшився в 5...7 разів у порівнянні з традиційними рішеннями. При цьому оператор ергатичної системи буде проінформований про наявну несправність ШПП завдяки зміні форми візуального символу, який з'являється на ДАІ.

ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично узагальнена і розв'язана науково-прикладна проблема, яка має важливе значення в галузі технічних наук і полягає в створенні високоефективних оптоелектронних систем для надійного і достовірного відображення актуальної інформації при жорстких обмеженнях часу на її сприйняття та розшифровку в складних умовах експлуатації технічних засобів керування мобільними об'єктами та технологічними процесами.

На основі системного підходу до побудови шкальних індикаторних пристроїв у роботі визначені та вивчені їх основні функціональні елементи, що відповідають за формування всього комплексу експлуатаційних характеристик. Узагальнення результатів проведених теоретичних і експериментальних досліджень, а також конструкторсько-технологічних розробок, дозволило виявити ряд нових ефектів і одержати досить повну та різнобічну інформацію про ергономічні та техніко-економічні параметри оптоелектронних індикаторних систем на основі дискретно-аналогових інформаційних моделей. На цій базі сформовані критерії, запропоновані й апробовані нові шляхи та методи практичної реалізації універсальних швидкодіючих оптоелектронних систем з високою надійністю, які використовують нові інформаційні моделі. Запропоновані семіотичні, логічні та функціональні моделі дозволили провести комплексні дослідження та виявити критичні з точки зору надійності, економічності та рівня ергономічних характеристик структурні елементи та процеси обробки інформації в розглянутих оптоелектронних системах відображення інформації. Системний підхід став основою для формування цілісної картини резервів підвищення рівня всього комплексу параметрів візуального каналу передачі повідомлень оператору ергатичної системи та реалізувати їх, починаючи від оптимізації елементної бази індикатору і закінчуючи алгоритмами функціонування й апаратною реалізацією мінімізованих схмотехнічних рішень з високою надійністю, стабільністю й економічністю.

Найбільш істотні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у наступному.

1. Проаналізовано взаємодію функціональних елементів системи відображення даних на основі дискретно-аналогових інформаційних моделей як між собою, так і з зовнішнім середовищем, що визначило доцільність вивчення та моделювання шкальних індикаторних пристроїв на трьох рівнях системного подання та послужило основою для одержання і практичного застосування структурних матриць відповідних систем. Обґрунтована роль інформаційної моделі в ергатичній системі та показано, що вона є основою технічної реалізації шкального

відображення даних і визначає весь комплекс параметрів пристроїв з її використанням.

2. Вивчено принципи формування візуальних образів для передачі системних повідомлень оператору, показано та математично підтверджено різну інформаційну природу шкального та знакового відображення даних, що визначає ергономічні переваги дискретно-аналогових індикаторів у порівнянні з цифровими.

3. Сформовано й апробовано аналітичні моделі візуальних символів, які застосовуються в алфавітах шкальних індикаторів, введено та використано для класифікації вагову функцію візуального образу, що дозволило розділити моделі на чотири групи, отримано та практично застосовано їх операторні подання, проведено імітаційні експериментальні дослідження сприйняття системних повідомлень в адитивній і позиційній формі, та на цій основі проведено комплексний аналіз основних властивостей усіх груп моделей, представлено й обґрунтовано принципи найбільш ефективного їх використання в ергатичних системах.

4. Запропоновано та практично застосовано методи побудови семіотичних інформаційних моделей і відповідних логічних моделей, детально описано та теоретично проаналізовано процес синтезу зображень символів різних форм адитивного та позиційного шкального подання повідомлень на інформаційному полі як з лінійним, так і з матричним електричним з'єднанням елементів. Розроблено, апробовано та використано для аналізу логічних інформаційних моделей геометричну інтерпретацію синтезу візуальних образів на шкалі, що дозволило сформувати та реалізувати в аналітичних описах і цифрових схемах повну групу двотактних і багатотактних логіко-часових моделей.

5. Розроблено, аналітично представлено та практично реалізовано множинні, матричні та логіко-часові варіанти математичної інтерпретації збудження шкального індикатора в процесі формування фрагментів зображень символів відповідних алфавітів при апаратурному синтезі різних типів логічних інформаційних моделей адитивного та позиційного відображення повідомлень у статичному та динамічному режимах, що дозволило сформувати практично значиму аналітичну базу для оптимізації апаратурних рішень із використанням багаторівневого системного підходу.

6. Розглянуто та визначено концептуальну роль і функціональне місце дискретно-аналогового індикатора та його інформаційного поля в ергатичній системі, обґрунтовано нерозривний зв'язок побудови індикатора з інформаційною моделлю, що використовується, й її системною апаратурною реалізацією з урахуванням комплексу обмежень, які породжені необхідністю узгодження фізіологічних можливостей оператора з технічними характеристиками індикаторних пристроїв. У результаті запропоновано, математично промодельовано та реалізовано в практичному конструюванні засобів відображення повідомлень принципи функціональної й електричної побудови інформаційного поля шкали, які використовують подання перетворення даних оптоелектронним індикатором у вигляді логічних функцій, що відповідають типу його елементів, а здійснення збудження електрооптичного перетворювача – на основі векторного добутку

сигналів керування шинами рядків і стовпців матриці випромінювачів. Створено й апробовано нові топології інформаційних полів, а на їх базі розроблено та впроваджено варіанти конструкції модулів шкального індикатора для формування адитивно-контурного подання інформації, які забезпечують якісно новий рівень ергономічних і функціональних параметрів оптичного каналу передачі даних оператору ергатичної системи.

7. На основі аналізу семіотичних і логічних інформаційних моделей і співставлення їх технічних реалізації визначено найбільш істотні фактори, що впливають на вибір лінійного або матричного принципу побудови дискретно-аналогового індикатора, детально проаналізовано та досліджено широкий спектр статичних і динамічних технічних рішень за критерієм функціональної складності, визначено границю доцільності використання індикатора з матричним з'єднанням елементів при динамічному керуванні шкалою. Розроблено, математично апробовано та технічно реалізовано арифметичну інтерпретацію перетворення цифрових даних у системі відображення інформації шкального типу як альтернативу традиційним логічним і множинним підходам до аналітичного опису функціонування та побудови пристроїв візуального виводу повідомлень.

8. Запропоновано, аналітично обґрунтовано та технічно апробовано метод неструктурної оптимізації дискретно-аналогових індикаторних пристроїв шляхом оптимізації співвідношення числа шин в ортогональних групах матриці елементів їх електрооптичних перетворювачів. Розроблено, математично обґрунтовано та практично реалізовано методику оцінки й оптимізації апаратурних рішень шкальних індикаторів на основі їх енергетичної ефективності, показано, що зіставлення та вибір інформаційних моделей і їх технічних реалізацій треба робити на основі співвідношення потужностей, які необхідні для створення електричних сигналів керування випромінювачами шкали.

9. Розроблено, оптимізовано, апробовано у виробничих умовах і захищено патентами України та свідоцтвами про авторське право ряд ефективних рішень із високим рівнем технічних параметрів, серед яких:

- мінімізовані пристрої, що забезпечують формування надійної позиційної та адитивної інформаційної моделі з використанням статичного та різних варіантів динамічного синтезу зображення на шкалі;
- апаратурні реалізації ефективних алгоритмів цифрової обробки сигналів і створені на цій основі оптимізовані за елементною базою, що використовується, та ергономічними характеристиками технічні рішення індикаторних пристроїв, які паралельно синтезують візуальні повідомлення в цифровій і адитивній формі;
- багатфункціональні модулі шкального індикатора, які дозволяють досягти якісно нового рівня ергономічних параметрів оптоелектронних систем відображення даних;
- технічні рішення, що реалізують методи одержання достовірного статичного та динамічного дискретно-аналогового подання інформації при відмові блоків

- індикаторного пристрою і синтезують зображення, що безпомилково визначаються і розшифровуються оператором;
- функціональні рішення на основі арифметичних моделей обробки сигналів, а саме: універсальна цифрова схема, яка забезпечує керування модулями шкального індикатору з позитивним і негативним загальним електродом, а також структура, що оперативно змінює форму подання інформації на шкалі;
 - програмний комплекс імітаційного моделювання шкальних індикаторів на основі комп'ютерної техніки, який дозволяє досягти високого рівня достовірності оцінки ергономічних параметрів пристроїв відображення інформації;
 - пристрої, які забезпечують створення високоточних засобів контролю параметрів оптичного випромінювання та вимірювання температури перегріву активної області напівпровідникових світловипромінюючих елементів індикатора.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Бушма А. В., Олексенко П. Ф., Сукач Г. А.* Моделирование позиционного дискретно-аналогового представления информации // *Оптоэлектроника и полупроводниковая техника.* – 2001. – Вып. 36. – С. 45 – 48.
2. *Bushma A. V., Sukach G. A.* Static realization of reliable positional indication // *Semiconductor physics, Quantum Electronics and Optoelectronics.* – 2002. – Vol. 5, № 1. – P. 119 – 123.
3. *Метрологическое* обеспечение измерителей потока энергии оптического излучения / Г. А. Сукач, П. С. Смертенко, П. Ф. Олексенко, А. В. Бушма, А. В. Марьенко // *Оптоэлектроника и полупроводниковая техника.* – 2002. – Вып. 37. – С. 55 – 60.
4. *Bushma A. V., Sytko N. I.* Model of dynamic indication in the bar graph form // *Semiconductor physics, Quantum Electronics and Optoelectronics.* – 2002. – Vol. 5, № 2. – P. 193 – 196.
5. *Бушма А. В., Сукач Г. А.* Светодиодная позиционная шкала – высокоэффективное средство представления информации в измерительной технике // *Измерительная техника.* – 2002. – № 5. – С. 29 – 32.
6. *Бушма А. В., Сукач Г. А.* Анализ и оптимизация интегрированных оптоэлектронных устройств вывода информации дискретно-аналогового типа // *Изв. вузов. Радиоэлектроника.* – 2002. – Т. 45, № 7 – 8, [ч. 1]. – С. 30 – 37.
7. *Bushma A. V., Sukach G. A., Mischenko L. A.* Control circuits for LED positional indicator // *Semiconductor physics, Quantum Electronics and Optoelectronics.* – 2002. – Vol. 5, № 4. – P. 442 – 448.
8. *Бушма А. В., Сукач Г. А.* Формирование аддитивного шкального представления информации на многоэлементном светодиодном индикаторе измерительного прибора // *Измерительная техника.* – 2003. – № 1. – С. 16 – 19.
9. *Бушма А. В., Сукач Г. А., Беляков С. В.* Информационное представление шкаль-

- ных индикаторных устройств // Нові Технології. – 2003. – № 1 (2). – С. 12 – 15.
10. Бушма А. В. Информационная избыточность форм визуализации данных как средство повышения надежности радиоэлектронной аппаратуры // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 2003. – Т. 46, № 1–2, [ч. 2]. – С. 8 – 15.
 11. Бушма А. В. Повышение достоверности двухтактного дискретно-аналогового вывода данных аппаратурными средствами // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. – 2003. – Вып. 38. – С. 236 – 242.
 12. Бушма А. В., Сукач Г. А. Оптимизация динамического дискретно-аналогового представления данных // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 2003. – Т. 46, № 7 – 8, [ч. 1]. – С. 66 – 72.
 13. Бушма А. В. Моделирование процесса возбуждения светодиодных матриц // Изв. вузов. Приборостроение. – 2003. – Т. 46, № 10. – С. 40 – 44.
 14. Сукач Г. О., Бушма О. В., Гаврилюк О. М., Оліференко Д. О. Визначення температури перегріву активної області напівпровідникових випромінювачів із потенціальними бар'єрами // Фізика і хімія твердого тіла. – 2004. – Т. 5, № 1. – С. 16 – 25.
 15. Бушма А. В., Сукач Г. А., Гаврилюк Ю. М. Оценка надежности оптоэлектронных систем с многоэлементными светодиодными шкальными индикаторами // Нові Технології. – 2004. – №3 (6). – С. 20 – 28.
 16. Бушма А. В., Сукач Г. А. Динамическая реализация надежной позиционной индикации // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2004. – № 11. – С. 19 – 24.
 17. Бушма А. В., Кривуца В. Г., Сукач Г. А. Неструктурная оптимизация устройств шкального представления информации с высокой дискретностью // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 2005. – Т. 48, № 1 – 2, [ч. 1]. – С. 49 – 56.
 18. Бушма А. В., Ярцев В. П. Оценка эргономических характеристик шкальных индикаторов с различными формами представления информации // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2005. – № 1. – С. 56 – 63.
 19. Бушма А. В. Метод достоверного динамического дискретно-аналогового представления информации // Изв. вузов. Приборостроение. – 2005. – Т. 48, № 3. – С. 6 – 12.
 20. Бушма А. В., Сукач Г. А. Построение устройств с комбинированной индикацией для информационно-измерительных систем // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2005. – № 4. – С. 20 – 25.
 21. Бушма А. В., Сукач Г. А. Оптимизация энергопотребления светодиодных шкальных индикаторных устройств // Измерительная техника. – 2005. – № 6. – С. 42 – 46.
 22. Бушма А. В., Сукач Г. А. О возможных вариантах формирования двухтактного дискретно-аналогового представления информации // Изв. вузов. Радиоэлектроника. – 2006. – Т. 49, № 1 – 2, [ч. 2]. – С. 17 – 27.
 23. Бушма А. В. Логическое представление элементов информационного поля устройства вывода данных // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2006. – № 2. – С. 21 – 23.
 24. Сукач Г. О., Кідалов В. В., Бушма О. В. Досягнення та перспективи розвитку

- електроніки засобів зв'язку на основі нітридних сполук елементів III групи // Технічна електродинаміка. – 2006. – Ч. 7. – С. 93 – 98.
25. Бушма А. В. Затраты энергии на индикацию как критерий выбора принципов построения шкальных устройств вывода информации // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2006. – № 3. – С. 14 – 18.
 26. Бушма А. В., Сукач Г. А., Ярцев В. П. Имитационное моделирование информационных полей устройств отображения данных в дисциплине “Создание и обработка баз данных на ПЭВМ” // Вісник ДУІКТ. – 2006. – Т. 4, № 1. – С. 53 – 60.
 27. Бушма А. В., Сукач Г. А., Ярцев В. П. Компьютерное имитационное моделирование шкального представления информации // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2006. – № 9. – С. 16 – 21.
 28. Пат. 55341 України, МПК Н 01 L 33/00. Напівпровідниковий дискретно-аналоговий індикатор (його варіанти) / О. В. Бушма, І. Т. Рассохін, М. І. Сипко. – Опубл. 17.03.03. – Бюл. № 3. – 2003.
 29. Пат. 55343 України, МПК G 01 R 13/00. Пристрій для відображення вимірювальної інформації / О. В. Бушма, І. Д. Кушнеров, П. Ф. Олексенко, М. І. Сипко В. В. Беккер. – Опубл. 17.03.2003. – Бюл. № 3. – 2003.
 30. Пат. 55344 України, МПК G 01 R 13/00. Пристрій керування дискретно-аналоговим індикатором / О. В. Бушма, В. В. Беккер, В. М. Бухнаєв, І. П. Грінберг, П. Ф. Олексенко, М. І. Сипко. – Опубл. 17.03.2003. – Бюл. № 3. – 2003.
 31. Пат. 55345 України, МПК G 01 R 19/00. Пристрій індикації вимірювального приладу / О. В. Бушма, І. П. Грінберг, М. І. Сипко, Г. Д. Хомяков, В. І. Новосьолов. – Опубл. 17.03.2003. – Бюл. № 3. – 2003.
 32. Пат. 64042 України, МПК G 01 R 13/00. Пристрій візуального контролю значення електричної величини / О. В. Бушма, І. П. Грінберг, С. В. Свечніков, М. І. Сипко. – Опубл. 16.02.2004. – Бюл. № 2. – 2004.
 33. Пат. 64043 України, МПК G 01 G 09/00. Оптикоелектронний пристрій для функціонального перетворення сигналів / О. В. Бушма, І. П. Грінберг, В. М. Недоступ, С. В. Свечніков, М. І. Сипко. – Опубл. 16.02.2004. – Бюл. № 2. – 2004.
 34. Пат. 68470 України, МПК G 01 G 13/00. Пристрій для виводу інформації / О. В. Бушма, І. П. Грінберг, І. Д. Кушнеров, С. В. Свечніков, М. І. Сипко. – Опубл. 16.08.2004. – Бюл. № 8. – 2004.
 35. Пат. 75313 України, МПК G 01 R 13/00. Пристрій для керування світловою шкалою / О. В. Бушма, І. Д. Кушнеров, М. І. Сипко, В. П. Сушков, В. С. Абрамов, О. Р. Абдуллаєв. – Опубл. 15.03.2006. – Бюл. № 3. – 2006.
 36. Пат. 75861 України, МПК G 09 G 3/00. Пристрій для керування дискретно-аналоговим індикатором / О. В. Бушма, І. Д. Кушнеров, С. В. Свечніков, М. І. Сипко, В. П. Сушков, В. С. Абрамов. – Опубл. 15.05.2006 – Бюл. № 5 – 2006.
 37. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 12836. Комп'ютерна програма "Візуальний імітатор шкальних індикаторів ЕРГО-1" / О. В. Бушма, Г. О. Сукач, В. П. Ярцев, В. О. Яскевич. – Опубл. 18.04.2005. – Бюл. № 4. – 2005.
 38. *Personal UV dosimeter and illuminant indicator on solar batteries* / Yu. N. Bobrenko, A. V. Bushma, K. V. Kolezhuk, V. N. Komashchenko, M. M. Lokshin, A. S. Mayst-

- renko, S. Yu. Pavelets, A. V. Prokhorovich // International Workshop "Results of Fundamental Research for Investments" (IWRFR I '2001). Renewable energy. Abstracts. May 28 – 30, 2001, St. Petersburg, Russia. – SPbSTU Publishers. – 2001. – P. 138.
39. Бушма А. В. Моделирование динамических процессов в многоэлементных дискретно–аналоговых индикаторах на основе эпитаксиальных пленок // VIII Міжнар. конф. з фізики і технології тонких плівок (МКФТТП-VIII). Матеріали конф. – Ів.-Франківськ: Плай. – 2001. – С. 82 – 83.
40. Бушма А. В., Сукач Г. А. Эффективные комбинированные цифро–аналоговые светодиодные индикаторы для измерительных приборов // III Міжнар. шк.-конф. "Сучасні проблеми фізики напівпровідників". Тези доповідей. Дрогобич, Україна, 25 – 30 червня 2001 р. – Дрогобич: Дрогобицький держ. пед. ун-т ім. І. Франка. – 2001. – С. 108.
41. Бушма А. В., Сыпко Н. И. Формализация синтеза динамического шкального представления данных в оптоэлектронных системах вывода информации // Оптоелектронні інформаційні технології "Фотоніка–ОДС 2002". – Збірник тез доповідей другої міжнар. наук.-техн. конф. Вінниця, 23 - 25 квітня 2002 р. – Вінниця: "Універсум–Вінниця". – 2002. – С. 87.
42. Bushma A. V., Sukach G. A. Modeling of visual positional data representation for ergatic systems // The 3rd International Conference "Advanced Optical Materials and Devices". AOMD-3 2002. August 19 – 22, 2002, Riga, Latvia. Programme and Abstracts. – Riga: University of Latvia. – 2002. – P. 76.
43. Bushma A. V., Oleksenko P. F., Sytko N. I. Reliability Improvement for Positional Indication in Bar Graph Displays // XI International Symposium'2002. "Advanced Display Technologies". (ADT-2002). September 8 – 12, 2002, Crimea, Ukraine. – Kyiv: SID Ukrainian chapter. – 2002. – P. 43.
44. Фізико–математичне моделювання та розрахунків товщини шару, відповідального за формування фотоефектів в сучасних напівпровідникових приладах / Г. О. Сукач, П. Ф. Олексенко, А. В. Бушма, С. М. Білоусов // 1-а Українська наук. конф. з фізики напівпровідників УНКФН-1 (з міжнар. участю). – Тези доповідей. Україна, Одеса, 10 – 14 вересня 2002 р. – Одеса: Астропринт. – 2002. – Т. 2. – С. 214.
45. Bushma A. V., Sukach G. A. Positional representation of visual data // Advanced Optical Devices, Technologies and Medical Applications. – Proc. of SPIE. – 2003. – Vol. 5123. – P. 355 – 361.
46. Бушма А. В. Моделирование сканирования матрицы дискретно–аналогового индикатора на основе эпитаксиальных пленок // Фізика і технологія тонких плівок (МКФТТП-IX). Матеріали міжнар. конф. МКФТТП-IX. 19 – 24 травня 2003 р., Ів.-Франківськ, Україна. – Ів.-Франківськ: Місто НВ. – 2003. – Т. 1. – С. 78.
47. Бушма А. В., Сыпко Н. И. Интегральная реализация надежного позиционного представления информации на шкальном индикаторе // Фізика і технологія тонких плівок (МКФТТП-IX). Матеріали міжнар. конф. МКФТТП-IX. 19 – 24 травня 2003 р., Ів.-Франківськ, Україна. – Ів.-Франківськ: Місто НВ. – 2003. – Т. 2. – С. 107 – 108.

48. Бушма А. В. Динамическое формирование шкального представления информации на матрице полупроводниковых излучателей // I наук.-техн. конф. з міжнар. участю "Матеріали електронної техніки та сучасні інформаційні технології" (МЕТІТ-1). Тези доповідей. 14 – 17 квітня 2004 р., Кременчук, Україна. – Кременчук: ІЕНТ. – 2004. – С. 15 – 17 .
49. Бушма А. В., Сукач Г. А. Дискретно–аналоговое представление информации с двухтактным возбуждением индикатора // Труды Пятой междунар. науч.-практ. конф. "Современные информационные и электронные технологии" (СИЭТ-2004), 17 – 21 мая 2004 г., Одесса, Украина. – Одесса: Негоциант. – 2004. – С. 51.
50. Some Aspects of Hard Measurement Assurance of Electro–Magnetic Irradiation Converters / G. O. Sukach, P. S. Smertenko, A. V. Bushma, Yu. V. Zarkov, L. P. Pochekaylova // Proc. of 10th International IMEKO TC7 Symposium "Advances of Measurement Science" (AMS'04), June 30 – July 2, 2004, St.-Petersburg, Russia. – 2004. – Vol. 1. – P. 164 – 165.
51. Бушма А. В., Сукач Г. А. Метод аппаратурной минимизации средств дискретно–аналогового представления информации // Информационные технологии и информационная безопасность в науке, технике и образовании "ИНФОТЕХ–2004". Материалы междунар. научн.-практ. конф., 20 – 25 сентября 2004 г., Севастополь, Украина. – Киев-Севастополь: НТО РЭС Украины. – 2004. – С.38 – 39.
52. Бушма А. В., Ярцев В. П. Имитационное моделирование информационных полей устройств отображения данных в дисциплине "Создание и обработка баз данных на ПЭВМ" // Міжнар. наук.-метод. конф. "Актуальні проблеми розвитку інформаційно-комунікаційних технологій навчання у напрямку інтеграції вищої освіти України до єдиного Європейського освітнього простору". Тези. 21 – 22 жовтня 2004 р., Київ, Україна. – К.: ДУІКТ. – 2004. – С. 38 – 39.
53. Бушма А. В. Статическое формирование надежного позиционного представления информации в оптоэлектронных системах // Оптоелектронні інформаційні технології "ФОТОНІКА–ОДС 2005". Збірник тез доповідей третьої міжнар. наук.-техн. конф., 27 – 28 квітня 2005 р., Вінниця, Україна. – Вінниця: Універсум-Вінниця. – 2005. – С. 69 – 70.
54. Бушма А. В., Сукач Г. А., Ярцев В. П. Оценка эргономических характеристик шкальных индикаторов с различными формами представления информации // Оптоелектронні інформаційні технології "ФОТОНІКА–ОДС 2005". Збірник тез доповідей третьої міжнар. наук.-техн. конф., 27 – 28 квітня 2005 р., Вінниця, Україна. – Вінниця: Універсум–Вінниця. – 2005. – С. 117 – 118.
55. Бушма А. В. Сопоставление надежности динамических и статических полупроводниковых шкальных индикаторных устройств // Фізика і технологія тонких плівок. Матеріали Ювілейної Х міжнар. конф. МКФТТП-Х. 16 – 21 травня 2005 р., Ів.-Франківськ, Україна.– Ів.-Франківськ: Гостинець. – 2005. – Т. 2. – С. 182 – 183.
56. Бушма А. В., Сукач Г. А. Потребление энергии светодиодными матрицами при выводе информации в дискретно-аналоговой форме // Друга наук.-техн. конф. з

- міжнар. участю "Матеріали електронної техніки та сучасні інформаційні технології" (МЕТІТ-2). Тези доповідей. 17 – 19 травня 2006 р., Кременчук, Україна. – Кременчук: КУЕІТУ. – 2006. – С. 74 – 76.
57. Бушма А. В. Информационные характеристики визуальных форм представления данных // Труды Шестой междунар. науч.-практ. конф. "Современные информационные и электронные технологии" (СИЭТ-2005), 23 – 27 мая 2005 г., Одесса, Украина. – Одесса: Негоциант. – 2005. – С. 107.
58. Бушма А. В., Сукач Г. А., Ярцев В. П. Непараметрический анализ эргономических характеристик информационных моделей шкальных индикаторных устройств // Труды Шестой междунар. науч.-практ. конф. "Современные информационные и электронные технологии" (СИЭТ-2005), 23 – 27 мая 2005 г., Одесса, Украина. – Одесса: Негоциант. – 2005. – С. 208.
59. Бушма А. В. Особенности построения статических и динамических шкальных индикаторных устройств // II Міжнар. наук.-техн. конф. "Сучасні інформаційно-комунікаційні технології" (COMINFO ' 2006). Тези доповідей. 8 – 14 жовтня 2006 р., Кацивелі, Крим, Україна. – К.: ДУІКТ. – 2006. – С. 90 – 91.
60. Бушма А. В., Ярцев В. П. Устройства отображения информации на полупроводниковых шкальных индикаторах // II Міжнар. наук.-техн. конф. "Сучасні інформаційно-комунікаційні технології" (COMINFO ' 2006). Тези доповідей. 8 – 14 жовтня 2006 р., Кацивелі, Крим, Україна. – К.: ДУІКТ. – 2006. – С. 92 – 93.
61. Бушма А. В. Аналитическое представление возбуждения светодиодной матрицы // Труды Седьмой междунар. науч.-практ. конф. "Современные информационные и электронные технологии" (СИЭТ-2006), 22 – 26 мая 2006 г., Одесса, Украина. – Одесса: ВМВ. – 2006. – Т. 2. – С. 170.
62. Бушма А. В., Ярцев В. П., Сукач Г. А. Критерии выбора форм информационных моделей шкальных индикаторных устройств // Труды Седьмой междунар. науч.-практ. конф. "Современные информационные и электронные технологии" (СИЭТ-2006), 22 – 26 мая 2006 г., Одесса, Украина. – Одесса: ВМВ. – 2006. – Т. 1. – С. 176.
63. Бушма А. В., Ярцев В. П. Моделирование устройства управления полупроводниковыми шкальными индикаторами средствами MICROCAP-8 // Матеріали III міжнар. наук.-методичної конф. "Болонський процес: трансформація навчального процесу у технологію навчання", 26 – 27 жовтня 2006 р., Київ, Україна. – К.: ДУІКТ. – 2006. – С. 217 – 219.

АНОТАЦІЯ

Бушма О. В. Оптикоелектронні системи відображення даних на основі дискретно-аналогових інформаційних моделей. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.12.20 – оптикоелектронні системи. – Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, 2007.

Дисертація присвячена створенню високоефективних оптоелектронних систем для достовірного і надійного відображення інформації при жорстких обмеженнях часу на її сприйняття та розшифровку. Розроблено теоретичні основи побудови візуального каналу передачі даних оператору в системах відображення повідомлень у дискретно-аналоговій формі на основі запропонованого сімейства семіотичних і логічних інформаційних моделей. Сформовано теоретичні основи апаратурної реалізації виводу даних на шкальний індикатор з використанням створених математичних моделей логічної й арифметичної обробки цифрової інформації. Розроблено та апробовано гаму пристроїв індикації, оптимізованих відповідно до умов експлуатації, та модулі шкали з якісно новим рівнем ергономічних і функціональних параметрів. Запропоновано принципи вибору інформаційної моделі для специфічних умов застосування розглянутих оптоелектронних систем на основі результатів комп'ютерного імітаційного моделювання індикаторних пристроїв із залученням групи операторів. Розроблено та застосовано практичні рекомендації для комплексної оптимізації шкальних засобів візуалізації з використанням запропонованих методів структурної та параметричної мінімізації. Створено методи та пристрої виводу даних, які у випадку відмови блоків забезпечують безпомилкову розшифровку системних повідомлень оператором.

Ключові слова: інформаційна модель, інформаційне поле, шкальний індикатор, цифровий індикатор, моделювання, оптимізація, формування зображення, двовимірна матриця, схемотехніка, логічний елемент.

АННОТАЦИЯ

Бушма А. В. Оптоэлектронные системы отображения данных на основе дискретно-аналоговых информационных моделей. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.20 – оптоэлектронные системы. – Государственный университет информационно-коммуникационных технологий, Киев, 2007.

Диссертация посвящена созданию высокоэффективных оптоэлектронных систем для достоверного и надежного отображения информации при жестких ограничениях времени на ее восприятие и расшифровку. С системной точки зрения проанализировано построение средств вывода информации в дискретно-аналоговой форме. Определены элементы и функциональные связи, которые оказывают существенное влияние на повышение уровня технико-экономических и эргономических параметров шкальных устройств визуализации.

Классифицированы и проанализированы системные ограничения, которые определяют уровень эргономических параметров средств визуального вывода данных на основе дискретно-аналоговых информационных моделей и требуют согласования физиологических возможностей оператора с техническими характеристиками устройств отображение сообщений. Установлено и численно подтверждено, что с ростом длины алфавита, избыточность шкальных моделей увеличивается, а

знаковых – уменьшается, что отражает их различную природу и определяет целесообразность преимущественного использования дискретно-аналогового представления информации для повышения надежности оптоэлектронных систем в критических условиях эксплуатации.

Предложено для классификации информационных моделей использовать весовую функцию возбуждаемого на шкале визуального образа, и на этой основе сформированы четыре группы семиотических информационных моделей, которые реализуют шкальное представление сообщений и используют позиционное, аддитивное, специализированное и комбинированное визуальное кодирования данных. Разработаны и проанализированы новые специализированные позиционно-аддитивная и аддитивно-контурная информационные модели. Разработан, апробирован и использован для проведения исследований информационных моделей программный комплекс имитационного моделирования шкальных индикаторов, который включает компьютерную программу, а также специализированную базу данных, и обеспечивает сбор, накопление и эффективную обработку результатов эксперимента. Разработаны практические рекомендации по эффективному применению рассмотренных групп моделей.

Представлены результаты изучения дискретно-аналогового индикатора как системного средства для реализации информационной модели. Установлены логические функции, которые проявляются при возбуждении элементов индикатора. Показано, что формирование изображения при матричном электрическом соединении элементов информационного поля может быть аналитически описано на основе векторного произведения сигналов управления шинами строк и столбцов матрицы.

Предложена топология, разработана конструкция и исследован ряд вариантов построения шкального индикатора для формирования аддитивно-контурного представления информации. Показана его энергетическая эффективность и высокий уровень эргономических параметров.

Предложена, апробирована и применена для анализа информационных моделей геометрическая интерпретация формирования визуальных образов на дискретно-аналоговом индикаторе. Установлено, что такая форма представления возбуждения шкалы существенным образом упрощает получение аналитических описаний, необходимых для построения моделей функционирования аппаратурных решений. В результате теоретически подтверждено существование уже известной логической информационной модели и найдена новая модель двухтактного формирования аддитивных символов на индикаторе.

Проанализировано многотактное формирование символов аддитивной информационной модели на шкале, элементы которой электрически соединены двумерной матрицей. На этой основе реализованы и использованы в математических описаниях логические модели синтеза символов путем сканирования матрицы элементов по старшим и младшим разрядам. Изучен процесс синтеза изображений символов разных форм позиционного представления информации на шкале с линейным и матричным соединением элементов. Получены и представлены множественные,

матричные и логико-временные варианты аналитического описания статического и динамического возбуждения индикатора для формирования символов этих моделей.

Рассмотрены аппаратные принципы реализации позиционного и аддитивного представления информации на дискретно-аналоговом индикаторе, и на этой основе предложены и апробированы алгоритмы и их аналитические описания, которые решают задачу статического и мультиплексного двухтактного и многотактного синтеза визуальных образов системных сообщений на шкале. Разработаны и реализованы в ряде оптимизированных индикаторных устройств эффективные методы обработки и формирования кодированных сигналов, которые используются для создания изображений на информационном поле с матричной организацией взаимных электрических соединений элементов.

Предложены принципы построения и выполнена схмотехническая апробация минимизированных с учетом имеющейся серийной элементной базы и оптимизированных по эргономическим характеристиками технических решений индикаторных устройств, которые параллельно синтезируют сообщения в цифровом виде на знаковом индикаторе и в аддитивной форме на дискретно-аналоговой шкале в двухтактном режиме.

Разработан, аналитически обоснован и применен на практике метод неструктурной минимизации шкальных устройств отображения данных за счет выбора оптимального соотношения числа шин в ортогональных группах матрицы элементов индикации. Предложена, математически обоснована и апробирована методика оценки, отбора и оптимизации аппаратных решений оптоэлектронных шкальных индикаторных систем на основе их энергетической эффективности. Представлены практические рекомендации по выбору наилучшего варианта информационной модели для проектируемой системы.

Созданы и аналитически апробированы модели преобразования цифровых данных в арифметической форме как альтернатива традиционным логическим и множественным подходам при математическом описании функционирования устройств отображения информации. С использованием такого подхода получены аналитические выражения и предложены пути аппаратной реализации эффективных минимизированных технических средств, которые обеспечивают оперативное изменение информационной модели в эргатической системе, что в значительной мере оптимизирует параметры канала связи с оператором в зависимости от текущих условий эксплуатации. Также разработана и практически применена универсальная арифметическая схема управления для шкал на светодиодных индикаторных элементах с общим электродом, которая адаптируется к полярности подключенных модулей электрооптического преобразователя.

Предложены и реализованы методы и соответствующие статические и динамические устройства вывода данных на индикаторы с матричным и линейным соединением элементов, которые при отказе блоков обеспечивают безошибочную расшифровку системных сообщений оператором.

Разработана специализированная аппаратура для контроля функциональных параметров источников излучения, использующихся в оптоэлектронных системах отображения информации.

Ключевые слова: информационная модель, информационное поле, шкальный индикатор, цифровой индикатор, моделирование, оптимизация, формирование изображения, двумерная матрица, схемотехника, логический элемент.

SUMMARY

Bushma O. V. Optoelectronic systems for data visualization on the basis of discrete-analogous information models. – Manuscript.

Thesis for a Doctor of Technical Sciences degree (specialty 05.12.20 – optoelectronic systems). – State University for information and communication technologies, Kyiv, 2007.

This work deals with creation of high effective optoelectronic systems for authentic and reliable information display at rigid time restrictions on data perception and decoding. Developed are theoretical grounds for construction of the visual data channel to the operator in the bar graph display systems using the offered family of semiotic and logic information models. The theoretical base for hardware realization of a bar graph data display that uses the created mathematical models of digital information processing in the logic and arithmetic forms are offered.

The set of display devices optimized according to requirements of operation conditions and bar graph arrays with qualitatively new level of ergonomic and functional parameters are developed and approved. Optimized is the choice of an information model for specific conditions of considered optoelectronic systems application, which is based on the results of display device computer simulation with attraction of group of operators. Practical recommendations on the basis of the offered methods of structural and parametrical minimization are created and applied for complex optimization of bar graph displays. Also developed are methods and displays that in block failure situation provide correct system messages decoded by the operator.

Key words: information model, information area, bar graph display, numeric display, modeling, optimization, image formation, two-dimensional matrix, circuitry, logical element.