

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання самостійної роботи
з дисципліни
“Ергономічні питання побудови людино-машинних систем”
для студентів
спеціальності 7.05010301
“Програмне забезпечення систем”
усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни “Ергономічні питання побудови людино-машинних систем” для студентів спеціальності 7.05010301 “Програмне забезпечення систем”, усіх форм навчання /Укл.: С.М. Сердюк, Ж.К. Камінська. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 85с.

Укладачі: С. М. Сердюк, доцент, к.т.н.,

Рецензент: С.К. Корнієнко, доцент, к.т.н.

Відповідальний
за випуск: С.М. Сердюк, доцент, к.т.н.,

Затверджено
на засіданні кафедри
“Програмних засобів”

Протокол № _____
від _____ 2017

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 Загальні відомості про дисципліну.....	8
2 Теоретичні питання з дисципліни.....	9
3 Перелік лабораторних робіт.....	11
4 Ергономічне забезпечення проектування інформаційних моделей	13
ЛІТЕРАТУРА.....	85

ВСТУП

Самостійна робота студентів – це спланована пізнавальна, організаційно і методично направлена на досягнення результату діяльність студента, яка здійснюється без прямої допомоги викладача. Вона є основним способом оволодіння студентами навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових аудиторних занять [1].

Мета виконання самостійної роботи – поглиблення, узагальнення і закріплення теоретичних знань і практичних умінь студентів з дисципліни, що вивчається, шляхом вироблення вміння самостійної роботи з навчальною і фаховою науково-технічною літературою.

Завдання самостійної роботи студентів:

- розвиток творчих здібностей та активізація розумової діяльності студентів;
- формування у студентів потреби безперервного самостійного поповнення знань;
- розвиток морально-вольових зусиль студентів;
- самостійна робота студентів як результат їх морально-вольових зусиль;
- навчити студентів самостійно працювати з літературою;
- навчити студентів творчо сприймати навчальний матеріал і осмислювати його;
- •сформувати навички щоденної самостійної роботи з метою одержання та узагальнення знань, умінь і навичок.

Форми самостійної роботи студентів:

- підготовка до лекцій і лабораторних занять;
- опрацювання теоретичних основ прослуханого лекційного матеріалу;
- вивчення окремих тем або питань, що передбачені для самостійного опрацювання;
- опрацювання навчальної та методичної літератури;
- опрацювання наукової літератури та періодичних видань;
- виконання розрахунково-графічного завдання,
- написання рефератів,
- контрольної роботи – для студентів заочної форми навчання.

Зміст самостійної роботи студентів з дисципліни визначається навчальною програмою дисципліни та робочою навчальною програмою вивчення дисципліни. На самостійну роботу виноситься: частина теоретичного матеріалу, менш складного за змістом, окремі практичні завдання та роботи, що не потребують безпосереднього керівництва викладача.

Складовими самостійної роботи студента є обов'язкова та вибіркова частини. Обов'язкова складова передбачає опанування програмного матеріалу дисципліни. Вибіркова складова передбачає виконання завдань, які студент вибирає з метою підвищення свого професійного рівня, особистого рейтингу. Як правило, до таких завдань відноситься робота науково-дослідницького і творчого характеру.

Навчально-методичні засоби самостійної роботи студентів:

- основна література (підручник, конспект лекцій, навчальні та методичні посібники);
- додаткова література (наукова, фахова, періодична);
- методичні матеріали.

Місцями виконання самостійної роботи з дисципліни є бібліотека, навчальні кабінети, комп'ютерні класи та лабораторії університету, а також домівка студента.

При використанні студентами складного обладнання чи устаткування, складних систем доступу до інформації передбачаються можливості отримання необхідної консультації або допомоги з боку викладача.

Вимоги до самостійної роботи студента:

– робота має бути виконана особисто студентом або групою студентів, де кожен її член самостійно виконує свою частку колективної роботи;

– робота повинна являти собою закінчену розробку (чи її етап), де розкриваються й аналізуються актуальні проблеми з певної теми або її окремих аспектів;

– робота має демонструвати достатню компетентність автора (авторів) у розкритті питань, що досліджуються;

– робота повинна мати навчальну, наукову й (або) практичну спрямованість і значимість, містити певні елементи новизни (при виконанні науководослідної роботи).

Оформлення звітів зі самостійної роботи студентів здійснюється відповідно до вимог, розроблених кафедрою, та інших нормативних документів, що стосуються виконання та оформлення наукових, навчально-методичних та інших робіт.

Керівництво самостійною роботою студентів – це індивідуально-консультативна робота – це форма організації навчальної роботи викладача зі студентами, яка здійснюється шляхом створення необхідних умов для виявлення і розвитку індивідуальних здібностей студента на основі особистіснодіяльнісного підходу. Вона проводиться з метою посилення мотивації студентів до пізнавальної діяльності і спрямування її в необхідному напрямку.

Індивідуально-консультативна робота, як правило, проводиться у вигляді консультацій, інколи – індивідуальних занять у формі: діалогу з різних навчальних проблем; перевірки виконання завдань; виконання індивідуальних завдань (курскових та дипломних проєктів (робіт), розрахункових, творчих робіт тощо); евристичної бесіди; наукової роботи та ін.

Консультація – одна з форм організації навчального процесу, що проводиться з метою отримання студентом відповіді на окремі теоретичні чи практичні питання, пояснення певних теоретичних положень та їх практичного застосування. При цьому виділяють такі види консультацій: тематичні – проводяться за певними темами дисципліни або найбільш складними питаннями програмного матеріалу; цільові – використовуються перед проведенням модульної контрольної роботи або іншого виду поточного чи підсумкового контролю; активні – консультації з використанням активних методів навчання (наприклад, у формі прес-конференції); з самостійної роботи – проводяться при підведенні підсумків самостійної роботи.

Формами контролю студентів за якістю оволодіння навчальним матеріалом є: самоконтроль за допомогою контрольнотестових завдань та контроль з боку викладача, який здійснюється за допомогою методів поточного і підсумкового контролю.

Методами поточного контролю є:

- усне опитування студентів на лабораторних заняттях;
- перевірка практичних завдань, виконаних студентами індивідуально;
- перевірка рефератів та організація їх презентацій;
- співбесіда.

Формами підсумкового контролю є:

- проведення контрольних робіт в аудиторії (за тематичними модулями);
- екзамен (залік) за передбаченими програмою курсу питаннями та практичними завданнями.

Облік успішності студентів з виконання самостійної роботи здійснюють викладачі у журналах обліку успішності.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ДИСЦИПЛІНУ

Метою дисципліни є вивчення: ролі, задач, структури сучасних операційних систем (ОС) та принципів їх проектування; засобів використання програмних інтерфейсів додатків (API); засобів керування загальними зовнішніми пристроями комп'ютерних систем на рівні апаратних засобів; базової системи вводу-виводу.

Внаслідок вивчення дисципліни студенти повинні:

- вивчити структури, набір команд та можливості сучасних ОС та мікропроцесорів;
- вивчити принципи організації паралелізму (багатозадачності);
- вивчити принципи планування та диспетчеризації процесів;
- вивчити принципи керування оперативною та віртуальною видами пам'яті;
- вивчити структури та засоби підключення до ОС додаткових драйверів зовнішніх пристроїв та резидентних програм;
- одержати навички роботи із жорстким диском та досвід по використанню сервісних (обслуговуючих) програм.

На основі вивчення дисципліни "Операційні системи" студенти повинні знати:

- методи структуризації та абстракції, ресурси систем, функції програмних інтерфейсів додатків, механізм переривань, організацію режимів роботи користувача/супервізору та захисту, принципи синхронізації, стани та діаграми станів, паралельне виконання та блокування, розподіл фізичної пам'яті, оверлеї, сторінкову організацію пам'яті та сегментації, стратегії свопінгу та вивантаження сторінок, кешування, файлові системи.

вміти:

- здійснювати трансформацію інформації, отриманої від користувачів в чітко та однозначно визначені програмні вимоги, визначати високорівневі вимоги (стратегічні цілі), для досягнення яких створюється програмна система, використовувати можливості апаратного забезпечення, використовувати можливості операційних систем, проектувати системне програмне забезпечення.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Операційна система MS-DOS

Структура та завантаження ОС MS-DOS. Прошарки програм в оперативній пам'яті персонального комп'ютера (ПК). Карта пам'яті ПК в реальному режимі. Види пам'яті ПК. Стандарти керування пам'яттю – EMS, XMS, VCPI, DPMS, RSIS.

Література [1, с.117-135; 2, с.177-194].

2.2 Основні відомості про жорсткі диски

Стандарти інтерфейсів жорстких дисків. Обслуговування жорсткого диску. Логічна організація жорсткого диска. Таблиця параметрів жорсткого диска.

Література [1, с. 15-55, с. 111-145; 3, с. 94-118; 4, с. 315-321, с. 322-391; 6, с. 82-124].

2.3 Захищений режим

Архітектура процесора Intel 386 та його основні технічні показники. Робота процесора Intel 386 в дійсному режимі та режимі віртуального процесора 8086. Команди процесора Intel 386. Особливості захищеного режиму процесора Intel 386. Селектори та дескриптори. Способи адресації. Сторінкова організація пам'яті та сегментація.

Література [3, с. 18-22, с. 27-30; 4, с. 386-394, с. 411-414].

2.4 Характеристика ОС WINDOWS

Відміни ОС WINDOWS від ОС MS-DOS. Файлова система WINDOWS 9x: особливості роботи з довгими іменами файлів; монопольне блокування тому; кеширування в WINDOWS 9x; файлове відображення (file mapping); види дискових/файлових драйверів WINDOWS. Файлова система NTFS.

Поняття процесів і потоків. Багатозадачність. Пріоритети та планування. Керування процесами: створення процесів; одержання інформації щодо процесу; контроль над процесом; знищення процесу. Керування потоками: створення потоків; одержання інформації щодо потоку; контроль над потоком; знищення потоку; синхронізація виконання багато поточкових прикладних програм.

Глобальна та локальна віртуальна пам'ять. Стандартні функції керування пам'яттю мови C. Функції WINAPI для роботи з віртуальною пам'яттю. Захист пам'яті.

Література [5, с. 525-640; 6, с. 419-493].

2.5 Основи ОС UNIX

Початкове завантаження ОС. Особливості запуску в різноманітних ОС Solaris, HP-UX, IRIX, Sun OS, OSF/ 1 2.0 , BSD /OS 1.1. Вхід користувача, ввід простих команд. Поняття процесу початок роботи з процесами. Фонові процеси. Процеси-демони. Основні демони: init; cron; inetd. Конфігурування inetd. Файл services. Перезапуск демону inetd. Знищення процесів. Вихід із системи.

Література [7, с.13-22; 8, с.27-57, с.758-763; 9, с.42-64].

2.6 Файлова система ОС UNIX

Структура файлової системи, іменування файлів. Створення зв'язку з файлом. Механізм захисту файлів і змін прав доступу. Означення прав доступу. Блоки файлової системи, структура каталогу.

Література [7, с.28-57; 8, с.73-86; 9, с.114-139]

2.7 Командний інтерпретатор bash

Взаємодія з інтерпретатором bash, змінні оболонки. Арифметичні дії, аналіз ланцюга дій. Умонтовані команди, керування програмами. Основи написання сценаріїв (скриптів).

Література [9, с.437-501].

2.8 Комунікації, які підтримуються системою UNIX

Системи електронної пошти. Призначення, особливості, аналіз версій і режими роботи програми транспортування електронної пошти sendmail. Конфігурування програми sendmail. Забезпечення захисту і секретності інформації. Мережева модель TCP/IP. INTERNET: адресація, служби, довідкова інформація.

Література [8, с.271-317, с.345-398, с. 457-500; 9, с. 183-382].

3 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

3.1 Лабораторна робота №1. Функції операційної системи MS-DOS: визначення версії ОС.

Мета роботи: Практичне вивчення роботи основних функцій операційної системи MS-DOS.

3.2 Лабораторна робота № 2. Використання звукових можливостей IBM PC

Мета - вивчити способи генерації звука, навчитися використовувати звукові можливості IBM-сумісних ПЕОМ та практично реалізувати запропоновані способи генерації звука.

3.3 Лабораторна робота № 3. Функції припинення процесу.

Мета роботи: вивчити функції припинення обчислювального процесу, навчитися їх практичному використанню.

3.4 Лабораторна робота № 4. Основи Windows. Графічний інтерфейс користувача. Визначення параметрів жорсткого диску.

Мета роботи: вивчити принципи створення графічного інтерфейсу в ОС Windows, навчитися використовувати функції WinAPI для визначення параметрів логічних дисків системи.

3.5 Лабораторна робота № 5. Базові операції Linux-системи. Основні команди ОС.

Мета роботи: Придбати основні навички роботи в командному рядку ОС Linux. Освоїти основні команди керування файлами, каталогами та потоками даних в ОС Linux.

3.6 Лабораторна робота № 6. Командний інтерпретатор bash. Основи написання сценаріїв (скриптів).

Мета роботи: Освоїти командний інтерпретатор bash. Набути початкових навичок написання командних файлів (скриптів).

3.7 Лабораторна робота № 7. Системне адміністрування Linux.

Мета роботи: освоєння програмного забезпечення, призначеного для заведення і видалення користувача і групи користувачів, зміни пароля користувача, зміни облікових записів про користувача і групу. Пакет sudo. Монтування файлових систем.

4 ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

4.1 Вимоги до інформаційних моделей

Інформаційні моделі призначені для передачі операторові СЛТС інформації про ОКУ й навколишнє середовище. На основі сприйняття ІМ, що відображується за допомогою ЗВІ, у спостерігача формується *концептуальна модель*, керуючись якою він оцінює поточну ситуацію й приймає відповідне рішення.

Концептуальна модель – це сукупність представлень оператора про робочі задачі, стан і функціонування СЛТС і власних способах керуючих впливів на них. Образи й уявлення, що становлять зміст концептуальної моделі, не тільки відображають реальність, але й відіграють роль узагальнених схем діяльності, сформованих у процесі навчання й тренувань. Концептуальна модель характеризується величезною інформаційною надмірністю, але в конкретний момент часу актуалізуються й усвідомлюються лише образи й схеми діяльності, пов'язані з безпосередньо вирішуваною задачею.

Основними труднощами при проектуванні ІМ є знаходження компромісу між вимогами, обумовленими необхідністю узгодження її характеристик з характеристиками об'єкта, за яким спостерігають, самого спостерігача й задачі. Розглянемо основні вимоги [3, 4, 7, 8], яким повинна задовольняти ІМ і які, у свою чергу, визначають побудову ЗВІ.

1. Наочність відображуваної ситуації. Оператор повинен мати можливість сприймати відомості, які дає модель, швидко й без їхнього кропіткого аналізу. ЗВІ повинні забезпечити своєчасне представлення всієї необхідної для побудови моделі інформації як очікуваної (регулярної), так і несподіваної.

2. Забезпечити виділення складних відношень у ситуації.

3. Відповідати за формою й композиції задачам трудового процесу й можливостям людини з прийому, аналізу, оцінки інформації й здійсненню керуючих впливів.

4. Забезпечити ефективну інформаційну взаємодію людини й технічних пристроїв.

5. Забезпечити максимальну надійність діяльності людини й

системи керування.

6. Забезпечити можливість легкої зміни способу дії, гнучкість поведінки людини й взаємозамінність операторів.

7. Забезпечити умови координації дій, якщо системою керує не одна людина-оператор, а їх колектив.

У зв'язку з тим, що в ІМ повинні бути представлені лише основні властивості, відношення, зв'язки керованих об'єктів, вона відтворює дійсність у спрощеному виді й завжди є деякою її схематизацією. Ступінь і характер спрощення й схематизації можуть бути визначені на основі аналізу задач СЛТС.

До основних характеристик ІМ відносяться: кількість інформації, що міститься в моделі, повнота відображення об'єкта, динаміка зміни моделі в часі, її просторова організація, тип моделі.

Кількість інформації. Кількість інформації, яку отримує людина при сприйнятті сигналів, що впливають на органи чуття, в одиницю часу, обмежене. Вона визначається числом розрізняємих та ідентифікуємих градацій ознак сигналу, що сприймається (наприклад, яскравості, частоти миготіння, кольорових тонів і т.д.). Для орієнтації в реальному світі людині іноді досить тільки розрізнити ті або інші характеристики зовнішніх впливів. Проте для людини-оператора, що працює з ІМ, не можна обмежуватися тільки розрізненням. При визначенні обсягу інформації, що представляється ІМ, перш за все, слід урахувувати можливості ідентифікації й інтерпретації сигналів оператором. У випадку перевищення можливостей оператора з переробки інформації, інформаційний потік повинен передаватися окремими порціями, кожна з яких відповідає можливостям оператора, або розподіляється між декількома операторами.

Повнота відображення об'єкта спостереження. Чим детальніше опис у ІМ подій і умов, у яких вони існують, тим більш широкі можливості для прийняття рішення є в розпорядженні спостерігача.

ІМ за кількістю інформації про об'єкт спостереження повинна забезпечити оптимальний інформаційний баланс і не призводити до таких небажаних явищ, як дефіцит або надлишок інформації. Дослідження показали, що прагнення зробити ІМ як можна більш повною, завжди пов'язане з ростом як релевантної (необхідної для рішення задачі), так і іррелевантної інформації, що приводить до зниження швидкості приймання й переробки інформації. Проте, експерименти показують, що при рішенні стратегічних задач вибір

моменту, коли слід приймати рішення, точність цього рішення й упевненість у ньому зростають зі збільшенням обсягу прийнятої інформації й інформації що переробляється, тобто сигнали, іррелевантні в якийсь момент, можуть стати дуже потрібними в інший момент. Одним зі способів вирішення цього протиріччя є побудова *суцесивних* (що розгортаються у часі) ІМ, які дозволяли б передавати інформацію порціями, кожна з яких відповідала б можливостям оператора, і розгорнути передачу порцій у часі. Експериментально доведено, що дані моделі більш ефективні, ніж *симультанні* (що представляються одночасно).

Розгорнення ІМ у часі. Інформаційна модель може бути статичною (карта, фотографія, схема і т.д.) або динамічною (телевізійне або радіолокаційне зображення, панелі приладів і т.д.). На практиці часто використовуються моделі, які включають як статичні, так і динамічні складові. Питання про розгорнення в часі має значення, звичайно, тільки для динамічних моделей або для динамічних складових моделей.

Динаміка ІМ у часі залежить від задач СЛТС. Наприклад, якщо при потребі рішення оператором задач у реальному режимі часу, динаміка ІМ повинна точно відповідати динаміці ОКК. За більших швидкостей процесів людина не в змозі зорovo сприймати їхні переходи. У цьому випадку, в ІМ необхідно "розтягти" реальний час. За дуже малих швидкостей оператор також не в змозі вести за ними безперервне спостереження й реальний час повинний бути в ІМ "стиснуто". Таким чином, тимчасове розгорнення моделі має бути погоджене з характеристиками сприймаючих систем людини й з його діяльністю в цілому.

Розрізняють декілька рівнів тимчасового розгорнення. Вихідний рівень визначається психофізичними й психофізіологічними процесами, що лежать в основі формування зорового образу. Основними характеристиками цього рівня є часовий поріг зорової системи (більш 1 мс), час виникнення імпульсної відповіді (20-70 мс), частота нервових імпульсів (10-400 імпульсів/с), час затримки сигналу в різних ланках зорової системи, латентний (схований) період зорового відчуття (100-300 мс), час інерції зорового відчуття (50-200 мс), критична частота миготінь (10-50 періодів/с).

Інший рівень тимчасового розгорнення ІМ характеризує роботу зорової системи, пов'язану з режимом довільних рухів очей,

миготіннями (період між миготіннями 2,8-3,8 с, тривалість 0,3-0,4 с), пошуком сигналів, їх упізнанням і безпосередньою (короткочасною) зоровою пам'яттю (час зберігання 0,25-0,5 с). Порядок величин тут – сотні мілісекунд і секунди.

Перший (вихідний) рівень характеризується тим, що людина не може довільно регулювати роботу своєї системи аналізаторів. На другому рівні певне значення набувають такі фактори, як задача, вирішувана людиною, стратегії сприйняття, можливість передбачення змін спостережуваних подій і т.д.

Третій рівень тимчасового розгорнення ІМ пов'язаний з характеристиками оперативного мислення (час прийняття рішень), тимчасовими витратами на виконання керуючих дій і передачу повідомлень. Порядок величин тут – хвилини й десятки хвилин.

Останній рівень розгорнення, пов'язаний з характеристиками стомлення зорової системи й здатності людини вести тривалі спостереження. Порядок величин тут – десятки хвилин і години.

Просторова організація ІМ. Ефективність і надійність переробки інформації оператором визначається просторовою організацією тих ЗВІ, які формують ІМ, і самої моделі.

Якщо необхідно, щоб уся модель (або її частина) сприймалася симультанно, то її розміри не повинні виходити за межі центральної частини поля зору (30-40° по горизонталі, 30° вверху, 40° униз від точки фіксації погляду). При цьому величина найменших деталей зображення повинна відповідати оперативному порогу розрізнення відстаней (в 8-10 раз більше порога гостроти зору). Різні фізіологічні можливості зон зору показані на рис. 4.1.

З урахуванням переводу погляду при нерухомій голові оператора розмір моделі по горизонталі збільшується до 50-60°, а з урахуванням повороту голови – до 90°. Крім того, центральна частина поля зору забезпечує найбільш ефективне розрізнення сигналів, а периферична – їх виявлення. Ці особливості структури поля зору повинні враховуватися при компонуванні моделі в просторі.

При прийнятті рішень по просторовій організації ІМ необхідно враховувати пріоритет інформації, переданої кожним приладом, послідовність і частоту її використання й, найголовніше, структуру діяльності оператора, алгоритми можливої стратегії сприйняття.

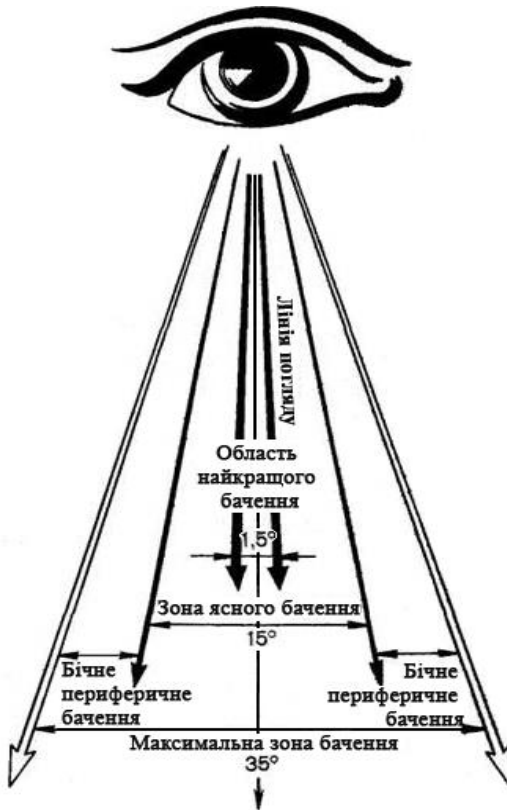


Рисунок 4.1 - Зони зору

Типи ІМ. Моделі, що несуть повідомну інформацію, звичайно розділяють на наочні, абстрактні й змішані.

Наочні моделі (синоніми – репродуктивні, пікторіальні, картинні або моделі-зображення) є подобою реального об'єкта й відтворюють ті або інші (насамперед, просторові) його властивості. Приклади – фотографії, телевізійне зображення. Основною задачею при розробці наочних моделей є виявлення ознак, які слід відобразити наочно й у припустимому ступені схематизації.

Абстрактні моделі (символічні, умовні, знакові, кодові) відображають інформацію про реальний об'єкт за допомогою набору символів. Приклади – математичні формули, друкований текст.

Перевага цих моделей у тому, що вони дозволяють відображати властивості об'єктів, які недоступні при безпосередньому спостереженні. Основною задачею при розробці абстрактних моделей є виявлення ознак, інформацію про які доцільно передавати в символічній формі, і вибір системи символів (знаків), яку використовують для їхнього кодування.

Змішані моделі являють собою поєднання наочних і абстрактних моделей.

За потреби передачі операторові командної інформації в ІМ використовуються спеціальні зображення й знаки, що вказують алгоритм і характер тих дій, які слід виконати (наприклад сигнали, що забороняють і дозволяють, сигнали «увага!» і т.д.). Сигнали, що передають командну інформацію, можуть бути включені в структуру ІМ або утворювати спеціальну модель. При передачі командної інформації використовуються сформовані в практиці засоби візуальної індикації (наприклад, заборона дії – червоне світло, слово "стоп", перекреслене зображення і т.п.).

4.2 Способи кодування інформації

Під кодуванням інформації розуміють операцію ототожнення умовних знаків (символів, сигналів) з тим або іншим видом інформації (об'єктами, їх параметрами). Кожний спосіб кодування називається *алфавітом* (букви, знаки, форма і т.д.), або *категорією кодування*. *Довжиною алфавіту* називається можлива кількість різних елементів (їх властивостей) у середині даної категорії кодування.

4.2.1 Оптимальне кодування

Створення кодів, що забезпечують максимальну швидкість і надійність приймання й переробки інформації оператором називається *оптимальним кодуванням*. Проблема оптимального кодування - одна із центральних у конструюванні ЗВІ й проектуванні ІМ.

Необхідно враховувати, що для оператора є суттєві й несуттєві ознаки, що приймання й передача повідомлень залежать від їхньої значущості, від імовірності появи сигналів. Слід брати до уваги ступінь тренуваності оператора, обсяг його постійної й оперативної пам'яті, урахувати характер відображуваної інформації й специфіку вирішуваних задач. Усе це ускладнює розробку рекомендацій і вимог

до кодування інформації. Аналіз [1, 2, 3, 4, 5] показав, що при побудові й оцінці алфавітів кодових сигналів, необхідно розглядати ряд наступних незалежних параметрів: модальність інформації; категорія коду (вид алфавіту); основу коду (довжина алфавіту); мірність коду; міра абстрактності коду й компонування кодових знаків.

Вибір модальності сигналу. *Модальність* (від лат. *modus* — міра, спосіб) — термін, що означає приналежність до певної сенсорної системи й використовуваний для характеристики або відчуття (слухове, тактильне й ін. відчуття), або сигналу. Наприклад, сигнал, пред'явлений на моніторі комп'ютера або у вигляді звукового подразника з динаміка має різні модальності — *зорову* й *слухову* відповідно. У сучасних системах керування найбільше широко застосовується візуальна інформація. Для зняття перевантаження із зорової системи оператора необхідне вивчення умов, що забезпечують високу ефективність приймання й переробки інформації, адресованої слуховому й вібротактильному аналізаторам.

Слухова модальність (звукова форма пред'явлення інформації) рекомендується [1, 2, 3, 4, 5]: для сигналів небезпеки; при перевантаженні зору; при роботі, що вимагає постійного переміщення оператора й приймання інформації незалежно від положення голови; при обмеженні зору зовнішніми або внутрішніми умовами (наприклад, коли пункт одержання повідомлення яскраво освітлений); у специфічних умовах (наприклад, колір джерела зовнішнього висвітлення не білий); коли мова йде про події, що розгортаються в часі; при необхідності виділення сигналу із шуму.

Недолік слухового аналізатора в тому, що він приймає інформацію не одномоментно, як зоровий, а послідовно (і тому уповільнено). У зв'язку із цим оперативна пам'ять оператора виявляється більш завантаженою й стомлення настає раніше.

Слухова модальність передбачає використання в якості кодів звукових і мовних сигналів. Звукове пред'явлення інформації використовується в гідролокаційних системах для виявлення й визначення контурів об'єктів за відбитим звуком. Попереджувальні сигнали й сигнали тривоги в багатьох системах також є звуковими.

Вібротактильна форма пред'явлення інформації представляє додаткове джерело інформації про характер об'єкта керування, що рухається (автомобіля, літака, судна і т.д.). Її використовують при

кодуванні органів керування різної форми, при дублюванні зорової й слухової форм пред'явлення інформації.

Вибір виду алфавіта. Різні якісні й кількісні характеристики ОКК кодуються різними способами: умовними знаками, буквами, цифрами, кольором, яскравістю й т.п. Оскільки різні ознаки сигналу забезпечують різну ефективність виконання операцій розпізнання, декодування, пошуку й т.п., при виборі виду алфавіту рекомендується враховувати:

- характер відображуваної інформації;
- особливості передачі й приймання повідомлень, їх значущість;
- виділення суттєвих і несуттєвих ознак інформації;
- специфіку вирішуваних оператором задач.

Існують сім категорій кодування зорової інформації: формою; розміром; просторовою орієнтацією; буквено-цифрове; кольором; яскравістю й частотою миготіння. Ергономічні рекомендації з вибору певного виду категорій кодів (алфавітів) наведено в табл. 4.1, причому класифікація по об'єктах і призначенню кодування (критерій вибору №1) містить у собі перші три з наведених вище вимог. Так як специфікою вирішуваних оператором задач при роботі з ІМ є прийняття рішень, то характеристиками за критерієм №2 (специфіка вирішуваних задач) повинні бути:

- задачі інформаційного пошуку (виявлення й розрізнення) сигналу;
- задачі розпізнання сигналу;
- задачі ідентифікації сигналу.

Таблиця 4.1 — Вибір виду алфавіту можливого коду (способи пред'явлення алфавіту)

[illegible]

Продовження табл. 4.1

[illegible]

У таблиці 4.1 представлені наступні види алфавіту:

1. Умовні знаки.
2. Абстрактні геометричні фігури.
3. Число точок або геометричних елементів.
4. Тип лінії.
5. Площа геометричних фігур.
6. Довжина лінії.
7. Ширина лінії.
8. Орієнтування лінії в просторі.
9. Позиція.
10. Стереоскопічна глибина.
11. Штрихування.
12. Букви й знаки пунктуації.
13. Математичні знаки.
14. Цифри.
15. Колір.
16. Яскравість.
17. Частота миготінь.

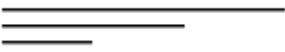
Знак "х" у таблиці означає, що відповідний вид алфавіту може використовуватися тільки як додатковий. Знак "+" означає можливість використання відповідного коду. Знак "-" означає неприпустимість використання відповідного коду.

Вибравши вид алфавіту за критерієм №1, необхідно переконатися в тому, що він задовольняє вимогам критерію №2. А якщо ні, то, необхідно дублювати обраний вид алфавіту, видом, рекомендованим відповідно до критерію №2. Приклади різних способів кодування і їх деякі характеристики наведено в табл. 4.2

При оцінці ефективності алфавітів у задачах інформаційного пошуку в якості одного з важливих параметрів може використовуватися середня тривалість зорових фіксацій (табл. 4.3).

Відмінності в тривалості зорових фіксацій для різних алфавітів визначають і відмінності в часі виконання пошукових задач при оперуванні цими алфавітами. Об'єднання в одному алфавіті двох його видів — знакового й цифрового призводить до істотного зростання швидкості роботи внаслідок збільшення обсягу оперативного поля зору.

Таблиця 4.2 – Способи кодування і їх характеристики

Код	Приклад	Довжина алфавіту	Інформація на символ, біт
1	2	3	4
Умовні знаки		200 – 1000	8-10
Букви та знаки пунктуації	A, Б, ?, !	42	5
Математичні знаки	+, -, =	15	4
Абстрактні геометричні фігури		8 – 16	3 – 4
Орієнтування лінії в просторі		12 – 16	3 – 4
Колірний тон		11	~ 3
Цифри	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	~ 3
Позиція		4 – 9	~ 2 – 3
Кількість (точок або геометричних елементів)		5	~ 2
Площа геометричної фігури		3 – 5	~ 2
Тип лінії		4	2
Довжина лінії		4	2
Штрихування		4	2
Стереоскопічна глибина	–	3	~ 1,5

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
Яскравість		3 – 4	~ 2
Частота миготіння	–	3 – 4	~ 2
Ширина лінії		3	~ 1,5

Таблиця 4.3 – Тривалості фіксацій для деяких видів алфавіту

Види алфавітів	Середня тривалість фіксацій, мс
Прості геометричні фігури	180
Просторова орієнтація фігур	220
Розмір фігур	340
Складні умовні знаки	300
Букви, цифри	300
Яскраві позначки на екрані локатора	370

Визначення основи коду (довжини алфавіту). Однієї з важливих характеристик алфавіту є основа коду алфавіту N_a (число елементів, що утворюють алфавіт). Основу коду визначають виходячи з кількості кодуємих об'єктів та їх характеристик.

При представленні елементів алфавіту ІМ двійковим кодом число його розрядів na визначають із умови:

$$na \geq [\log_2 N_a] \quad (4.1)$$

де N_a - основа коду повного алфавіту ІМ; $[\log_2 N_a]$ - двійковий логарифм числа N_a , округлений до найближчого більшого цілого числа.

У буквено-цифрових ЗВІ за звичай роздільно кодують алфавіти знаків і ознак. У цьому випадку число розрядів коду визначається умовою

$$na = n_{az} + n_{an} = [\log_2 N_{az}] + [\log_2 N_{an}], \quad (4.2)$$

де N_{az} і N_{an} - основи кодів алфавіту знаків і ознак відповідно; n_{az} і n_{an} - розрядності двійкових кодів знаків і ознак.

Основа коду повного алфавіту ІМ визначається умовою

$$N_a = N_{az} N_{an} \quad (4.3)$$

Експериментальні дані показали, що при використанні довгих алфавітів швидкість і надійність приймання інформації оператором невеликі. Одним з найбільш важливих обмежувачів пропускної здатності аналізаторів людини є фактор розрізнення.

За даними Б. Ф. Ломова [10], оптимальні умови розрізнення одномірних сигналів створюються тоді, коли відмінність між парою одномірних сигналів перевищує граничну величину в кілька разів. Це й обмежує припустиму довжину алфавіту сигналів. Інше обмеження пов'язане з низькою здатністю людини точно ідентифікувати зростаючу кількість одномірних сигналів.

Численні експерименти за абсолютними оцінками одномірних сигналів різних модальностей показали, що при їхньому використанні можна передати дуже обмежену кількість інформації. Узагальнивши дані, що були в літературі, Дж. Міллер показав, що при обробці одномірних сигналів найнижча пропускна здатність, що дорівнює 1,6 біт, має місце при оцінці кривизни дуги, а найвища — 3,9 біта — при оцінці положення покажчика на шкалі. Він також показав, що середнє значення пропускної здатності для різних видів одномірних алфавітів становить 2,6 біта при стандартнім відхиленні 0,6 біт, що відповідає 6,5 градаціям. Загальний діапазон зміни числа градацій, що абсолютно розрізняються, одномірного сигналу коливається в межах 4-16 залежно від якості використовуваної ознаки.

Припустима довжина алфавіту повинна визначатися для кожного виду алфавіту експериментальним шляхом.

Вибір мірності коду. Оптимальним способом збільшення довжини кодового алфавіту є використання багатомірного кодування, тобто збільшення числа значущих і мінливих параметрів сигналу. У структурі багатомірного коду можуть бути використані поєднання різних видів алфавіту: форми й кольору; форми й просторової орієнтації; розміру, яскравості й частоти миготіння. За допомогою багатомірних сигналів людині можна передавати одночасно значно більше інформації про стан зовнішнього середовища або ОКК, ніж за допомогою одномірних сигналів, оскільки інформація на сигнал збільшується пропорційно логарифму числа його вимірів.

При використанні багатомірних сигналів необхідно визначати

оптимальне співвідношення числа змінних параметрів сигналу й числа градацій кожного з параметрів. Наприклад, встановлено, що три градації на кожний параметр слухового сигналу забезпечують більш високу точність розрізнення, ніж чотири. Це значить, що максимально можлива передача інформації буде досягнута в тому випадку, коли застосовується не більше трьох альтернатив на один параметр, але вводиться багато змінних параметрів.

Експериментально встановлено, що кількість переданої інформації різна для різних параметрів багатомірного сигналу. Так, при використанні сигналів слухової модальності найбільш точно розпізнаються градації частоти й числа перерв, найменш точно — градації тривалості.

Великий вплив на точність розпізнання сигналів має ступінь тренуваності операторів і черговість ідентифікації градацій окремих параметрів: градації параметрів, ідентифікуємих у першу чергу, розпізнаються більш точно, ніж градації параметрів, ідентифікуємих в останню чергу.

Для забезпечення надійної роботи оператора з багатомірними зоровими алфавітами також необхідно вирішити ряд проблем. Виникають задачі визначення припустимої мірності коду й оптимальних комбінацій різних кодових категорій у структурі багатомірного алфавіту. Отримані експериментальні дані свідчать про переваги багатомірних алфавітів, що забезпечують більш високу швидкість обробки інформації в різних режимах (рис. 4.2).

У цілому результати досліджень свідчать про високу ефективність багатомірного кодування слухової інформації. Воно вже знайшло застосування в ряді систем. Так, в Англії інформація про швидкість вітру при посадці літака на авіаносець представляється за допомогою зміни частоти й швидкості переривання звуку. У системі «Флайбар» використовується тривимірне кодування повороту, крену літака й швидкісного польоту частотою, інтенсивністю й швидкістю переривання звуку.

Пілот одержує необхідну інформацію через головні телефони за допомогою звуків. Сигналами поворотів були зміни відносини інтенсивності звуків, що подавалися в праве і ліве вухо. При повороті вправо збільшувалася інтенсивність звуку праворуч і зменшувалася ліворуч, і навпаки. Швидкість і величина перепадів інтенсивності відповідали швидкості й величині поворотів. У той же час тон

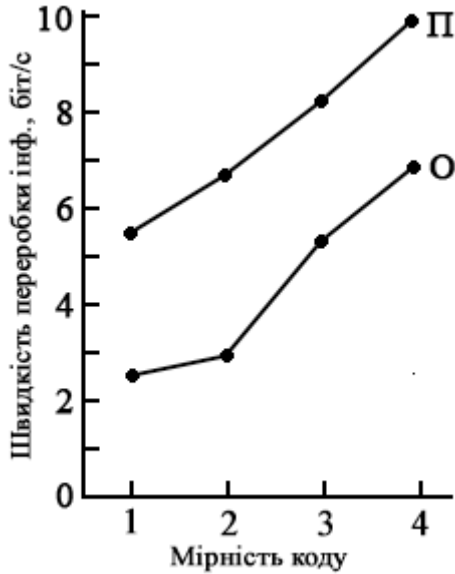


Рисунок 4.2 - Залежність швидкості обробки інформації від мірності алфавіту в задачах розпізнання (О) і зорового пошуку (П).

змінювався по висоті. Якщо, роблячи віраж, літак кренився на праве крило, то звук, що подавався на праве вухо знижувався, а на ліве — підвищувався. Пілот чув безперервний тон, який як би поширювався вздовж обрїю, створюючи ілюзію віражу. Для індикації швидкості використовувалися короткі переривчасті сигнали, які подавалися на фоні безперервного тону. Зі збільшенням швидкості вони ставали більш частішими, і навпаки.

При побудові багатомірних алфавітів слід урахувувати переваги того або іншого виду алфавіту в рішенні різних задач. Кодова категорія, що забезпечує оптимальне розрізнення й тим самим максимальну ефективність рішення задач оператором, повинна використовуватися в якості домінуючої ознаки, тобто для кодування найбільш значущої характеристики об'єкта. Так, у системах зі знаковою індикацією такою домінуючою ознакою повинен бути контур знака.

Порівняльна оцінка продуктивності роботи з одномірними й багатомірними алфавітами в різних режимах не виявила зниження в

ході експериментів продуктивності роботи операторів з багатомірними алфавітами.

Визначення міри абстрактності коду. При розробці систем кодування необхідно враховувати знання, які склалися й міцно закріплені в досвіді людини. Із цієї точки зору можна виділити два можливі варіанти представлення наближення кодових знаків до кодуємих об'єктів: «абстрактний» код, ніяк не пов'язаний зі змістом повідомлення, і «конкретний» код, у певній мірі пов'язаний зі змістом переданої інформації. Відповідно до міри абстрактності коду виділяють наступні типи знаків: абстрактні, схематичні, іконічні й піктографічні. Відомо, що конкретність, наочність розпізнавальних ознак знака прискорює процес декодування, оскільки в цьому випадку процеси розрізнення, розпізнання й декодування здійснюються одночасно.

Використання принципу конкретності, тобто зв'язку форми сигналу зі значенням, сенсом кодуємого об'єкта, забезпечує більш продуктивне запам'ятовування й зберігання символів у пам'яті.

Питання про міру абстрактності кожної категорії кодових знаків повинне вирішуватися відповідно до їхніх особливостей. Букви й цифри є абстрактним кодом, але вони можуть відображати назви характеристик об'єктів або ранжування їх за порядковим номером. У такому випадку буквений і цифровий коди будуть наближатися до конкретного коду.

При кодуванні кольором також рекомендується використовувати кольори, які можливо точніше відображають реальну ситуацію. Згідно з міжнародним стандартом, сигналами небезпеки є теплі тони, безпеки – холодні. Червоний колір вимагає негайної зупинки дії, є заборонним і аварійним кольором. Жовтий колір означає увагу і стеження, зелений – дозволяючий колір.

Питання про міру абстрактності має найбільше значення для категорії форми. Експериментально встановлене, що часткове відтворення у розпізнавальних ознаках сигналу ознак кодуємого об'єкта забезпечує високу точність декодування.

При створенні алфавітів слухових сигналів також необхідно використовувати звичні асоціації між параметрами сигналу і кодуємими характеристиками об'єкта (приклад - система «Флайбар»).

Компонування кодового знака. При компонуванні кодових знаків необхідно дотримувати вимоги гарного розрізнення. Аналіз [1, 2, 3, 4, 5] дозволив сформулювати вимоги до побудови кодових знаків.

1. При побудові алфавітів знаків необхідна чітка й послідовна класифікація символів усередині алфавіту.

2. Основна класифікаційна ознака об'єкта кодується контуром знака, який повинен представляти собою замкнену фігуру.

3. Знак може мати не тільки контур, але й додаткові деталі.

4. Додаткові деталі не повинні перетинати або спотворювати основний символ.

5. Не слід перевантажувати знак внутрішніми або зовнішніми деталями. Використання букв зовні або усередині контуру також ускладнює розрізнення знака.

6. Переважно використовувати симетричні символи, тому що вони легше засвоюються й більш міцно зберігаються як в оперативній, так і в довготривалій пам'яті.

7. У якості розрізняльних і розпізнавальних ознак знаків у межах одного алфавіту не рекомендується використовувати наступні: число елементів у знаку або його протяжність, відмінність знаків за ознакою позитив-негатив, відмінність знаків за ознакою прямо-дзеркальне відбиття.

8. Розрізнення знаків повинне оцінюватися також по їхніх кутових розмірах, яскравості і контрасту із фоном.

9. При виборі характеру контуру й додаткових деталей треба ґрунтуватися на думці експертів, використовуючи їх професійний досвід і звичні асоціації.

Компонування знаків на ЗВІ залежить від розмірів оперативного поля оператора й роздільної здатності рухової системи ока. Розмір оперативного поля зору обмежує кількість об'єктів одномоментної (200...300 мс) переробки зорової інформації. Компонування знакової інформації визначається роздільною здатністю ока й здійснюється або табличним, або формулярним способом.

Табличний спосіб полягає в розподілі знаків по стовпцях і рядках, що мають самостійне значення. Безпомилкове читування інформації з таблиць залежить від загального розміру таблиці в кутових величинах, числа стовпців і рядків, загального числа знаків у таблиці, щільності знаків по вертикалі й горизонталі і ступені однорідності таблиці. При роботі із цифровими таблицями необхідно,

щоб розміри самостійних частин не перевищували розміру оперативного поля зору. Щільність розташування чисел у таблиці залежить від її загальних розмірів. Чим менше розмір таблиці, тем з більшою щільністю можна розташувати числа при збереженні швидкого й безпомилкового зчитування. Оптимальне співвідношення розмірів таблиці, у якій можливо безпомилкове й швидке простежування цифр або їх знаходження по заданих координатах, становить 3° при щільності $10'$, і $5-7^\circ$ при щільності цифр $20'$. У великих таблицях рекомендована щільність цифр не менш $60'$. Відповідність розмірів таблиці розмірам оперативного поля зору досягається використанням розмежувальних ліній або іншими способами, що зменшують її однорідність.

Для оптимального виділення інформації, кодуємої у формулярі (див. п. 4.3.2) на певних знакомісцях, необхідно дотримуватися наступних відстаней між елементами: між умовним знаком і формуляром, що до нього відноситься не менш $1/4$ висоти умовного знака, між окремими знаками у формулярі не менш $1/2$ ширини знака, між рядками — не менш $1/2$ висоти.

4.2.2 Види алфавіту зорової модальності

4.2.2.1 Кодування формою

Кодування формою є одним із самих універсальних засобів представлення інформації зорової модальності завдяки великому алфавіту різних символів і попередньому досвіду, на який може спиратися оператор при інтерпретації символів. Форму використовують для кодування класу й виду об'єкта.

При кодуванні формою можуть використовуватися наведені в табл. 4.1 види алфавіту: умовні знаки; абстрактні геометричні фігури; число точок або геометричних елементів і тип лінії.

Умовні знаки. Даний вид алфавіту має широке розповсюдження. Ним користуються для передачі інформації на транспорті (дорожні знаки), у медицині (символічні позначення фармакологічних речовин), на промислових підприємствах (при побудові креслень, мнемосхем і т.д.). Знакова індикація суперничає з буквено-цифровою. Її перевага в тому, що умовні знаки дозволяють передавати більші обсяги інформації, використовуючи для цього малий простір. Крім того, умовний знак дозволяє користуватися

принципами мнемоніки й легко поєднується з іншими (кодування кольором, величиною, яскравістю і т.д.). Доведено, що якщо знаки мають риси подібності з відображуваним об'єктом, то швидкість і точність їх декодування високі. Можливе число умовних знаків практично безмежно. Людина може засвоїти і користуватися дуже довгим алфавітом. Наприклад, у китайській писемності близько 40 000 ієрогліфів (ієрогліф можна розглядати як умовний знак).

Використовуються два способи побудови знакових алфавітів: індуктивний і дедуктивний (рис.4.3) або їх поєднання. У першому випадку за основу береться зображення позначуваного об'єкта й потім шляхом редукції одних елементів і посилення інших воно перетвориться в умовний знак. Отриманий таким способом знак зберігає деякі риси подібності з об'єктом. При побудові знака другим способом за основу беруть абстрактні геометричні фігури, в які, за необхідністю, вводяться додаткові елементи (букви, цифри, штрихи і т.д.).



Рисунок 4.3 - Умовні знаки, отримані різними способами:
а) індуктивним, б) дедуктивним

Головну роль у розпізнанні знака відіграє його контур. Залежно від ознак відображуваного об'єкта до контуру додаються внутрішні й зовнішні деталі, букви й цифри, крім того, використовується колір.

Як показують дослідження, кількість елементів знака має строго відповідати кількості ознак, властивостей (параметрів) відображуваного об'єкта. У випадку їх надмірності спостерігається неоднозначність приймання інформації: людина приписує об'єктам неіснуючі ознаки. У випадку недостатності, спостерігається ненадійність приймання інформації: при декодуванні людина плутає одні знаки з іншими (табл. 4.4).

Складність знака може оцінюватися по числу його складових елементів. Знак, що складається лише з контуру, вважається простим.

Таблиця 4.4 - Залежність точності та часу декодування від співвідношення кількості елементів знака й ознак відображуваного об'єкта

Співвідношення кількості елементів знака й ознак об'єкта	Помилки декодування, %	Час декодування,мс
Рівність	3	223
Надмірність	9	224
Недостатність	23	250

Знак, що включає, окрім контуру, один додатковий елемент (зовнішня або внутрішня деталь, буква, цифра), — середнім за складністю. Знак, що включає декілька додаткових елементів, — складним. Відносно розрізнення переваги мають прості знаки. Але відносно розпізнання (ідентифікації) кращими виявляються середні за складністю знаки (рис. 4.4).

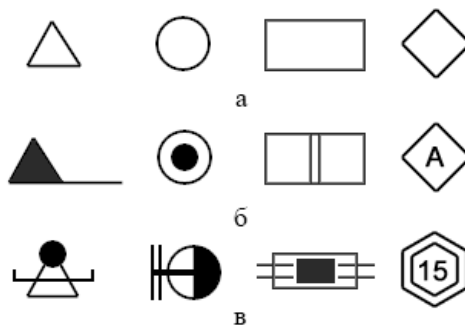


Рисунок 4.4 - Класифікація знаків за ступенем складності:

а) — прості; б) — середні; в) — складні

Процес сприйняття знака має наступні фази: спочатку виділяється контур, потім - внутрішні й зовнішні деталі. При розпізнанні внутрішніх деталей помилок допускається менше, ніж при розпізнанні зовнішніх, які часто в сприйнятті як би зливаються з основним контуром [57]. У зв'язку із цим, при конструюванні кодових знаків основна класифікаційна ознака об'єкта повинна кодуватися

контуром. Знак повинен бути, таким щоб його можна було добре розрізнити (мати достатній кутовий розмір і яскравість) і представляти собою замкнену фігуру.

В умовах необмеженого часу експозиції «оперативний» поріг для кутових розмірів простого знака — 15-18', складного — 35-40'; для найменшої деталі — 7', для букв і цифр, включених у знак, — 8' (для знаків, які відображаються на екранах комп'ютерів, тобто у зворотному контрасті). При коротких експозиціях (50 мс) розмір контуру повинен бути не менш 1°, найменшої деталі — 30-40', букв і цифр — 40-50'.

Оптимальні умови розрізнення і розпізнання знаків наведені у табл. 4.5

Таблиця 4.5 - Оптимальні умови розрізнення і розпізнання знаків

Умови розрізнення і впізнання	Знаки		
	прості	середні	складні
Кутовий розмір, кут. хв.	15—18	21—26	35—40
Величина контрасту (зворотного), %	75	85	90
Критична частота миготіння при яскравості 50 кд/м ² , Гц	16,5	19,5	22,0
Час безпомилкового сприйняття (за показниками латентного періоду мовної відповіді), с	3,25	4,53	5,78
Час безпомилкового впізнання (за показниками латентного періоду мовної відповіді), с	1,79	1,52	1,52

За даними деяких авторів максимальний алфавіт, доступний для оператора, може включати декілька сотень знаків [6]. Як було зазначено вище, оптимальна довжина знакового алфавіту залежить від характеру задач, які повинен вирішувати спостерігач.

Геометричні фігури. Легко розрізняються та розпізнаються прості геометричні фігури (квадрат, коло, прямокутник, ромб, трикутник, овал, лінія). Фігури, складені із прямих ліній,

розрізняються краще, ніж фігури, що мають кривизну й багато кутів. Тому трикутники й прямокутники виділяються як форми, більш легкі для сприйняття, чим кола й багатокутники. За точністю розрізнення і розпізнання абстрактні фігури розташовуються в наступному порядку: трикутник, ромб, прямокутник, квадрат. При виборі між контурними й силуетними знаками перевага - за останніми (рис. 4.5).

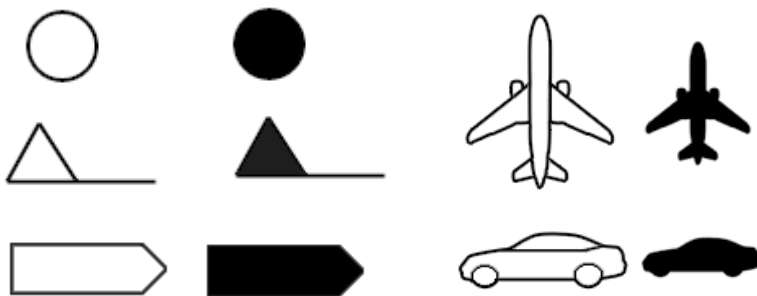


Рисунок 4.5 – Приклад контурних та силуетних знаків

При використанні силуетних алфавітів необхідно мати на увазі два обмеження:

- неможливість використання внутрішніх деталей для кодування додаткових характеристик об'єктів;
- неприпустимість поєднання в одному алфавіті контурних і силуетних знаків, оскільки це веде до різкого зростання (в 2-3 рази) часу виконання пошукових задач.

Зрозуміло, що розрізнення і впізнання геометричних фігур залежить від їхніх кутових розмірів. При чіткому контурі й достатньому контрасті цей розмір повинен бути не менше 12'.

Число точок або геометричних елементів. Цей спосіб може бути використаний для кодування числа об'єктів у групі (наприклад, один солдат — одна точка, два солдати — дві точки і т.д.) або числа груп (одна рота — одна точка, дві роти — дві точки і т.д.). Із цією метою можуть використовуватися й інші прості геометричні фігури, а також прості знаки. Людина може безпосередньо (без підрахунку) визначити кількість точок, розташованих у випадковому порядку, якщо їх не більше п'яти. При більшій кількості точок, число помилок різко зростає.

При тривалих експозиціях оператор може оцінити й більшу кількість точок, але в цьому випадку він повинен їх порахувати. Групування точок у певні схеми (наприклад, ряди) підвищує точність оцінки їх кількості.

Тип лінії. Лінії можуть бути використані для відображення векторів, траєкторій руху об'єктів, трас і т.д. У кресленні використовуються чотири основні типи ліній, що досить добре розрізняються: безперервні, пунктирні, штрихові й штрих-пунктирні. Вони можуть застосовуватися й при побудові ІМ електронними ЗВІ.

4.2.2.2 Кодування розміром

Цей вид кодування використовується для відображення кількісних характеристик об'єкта. У відповідність з табл. 4.1 при кодуванні розміром можуть використовуватися наступні види алфавіту: площа геометричних фігур; довжина лінії й ширина лінії.

Площа геометричних фігур. Деякі характеристики об'єктів можуть кодуватися величиною площі фігур. Людина досить точно ідентифікує не більше 4-5 градацій фігур по площі. При цьому при складанні алфавіту доцільно користуватися логарифмічною шкалою. Іноді для відображення величин користуються зображенням об'ємних тіл (куб, куля). Проте, як показали експерименти, цей спосіб кодування недоцільний, тому що людина при оцінці величини зображення об'ємного тіла орієнтується не на обсяг тіла, а на площу, яке займає зображення.

Точність розрізнення площі фігур вище, ніж точність ідентифікації. Тому застосування даного способу кодування доцільно у випадках, коли людина має можливість порівнювати фігури, що відображають ті або інші величини, з деякими еталонами, що перебувають в інформаційнім полі, і тоді, коли він спостерігає зміну площі.

При трьох градаціях розмірів фігур існує тенденція до переоцінки найменшого й до недооцінки найбільшого розміру, тобто до стягування крайніх розмірів фігур до середнього. При збільшенні довжини алфавіту до чотирьох розмірів відзначаються великі труднощі в диференціюванні середніх розмірів у порівнянні із крайніми.

Довжина й ширина лінії. Кодування довжиною лінії використовується для відображення величин (зорового порівняння).

Людина досить добре розрізняє прямі лінії по довжині, якщо вони розташовані паралельно одна до одної. При цьому точність розрізнення залежить від відстані між лініями - чим більше відстань, тем менше точність. Довжина лінії не повинна мати більше чотирьох градацій. Зі збільшенням числа градацій зростає відсоток помилок.

Точність ідентифікації довжини штрихових прямих ліній вище, ніж безперервних. У цьому випадку людина може визначити відображувану величину (наприклад, швидкість) за числом штрихів (якщо кожний штрих відповідає масштабній одиниці). Для спрощення підрахунку слід групувати штрихи по 2, 3 і 4 [10].

Кодування шириною лінії використовується для відображення типу об'єкта[6].

4.2.2.3 Кодування просторовою орієнтацією

Цей спосіб кодування за звичай використовується для передачі інформації про напрямки, положення в просторі та часі. У відповідність з табл. 4.1 при кодуванні просторовою орієнтацією можуть використовуватися наступні види алфавіту: орієнтування лінії в просторі; позиція; стереоскопічна глибина; штрихування.

Для асиметричних фігур зміна просторової орієнтації досягається шляхом їхнього повороту у полі зору оператора. Для симетричних фігур у якості ознаки просторової орієнтації можна використовувати потовщення однієї з ліній контуру або поворот вісі координат. Мінімальне відхилення від осей координат, яке оцінюється людиною становить 1-2°.

Орієнтування лінії в просторі. При окомірній оцінці орієнтації лінії (щодо координатних осей) людина припускається помилки до 15-20°. Її можна значно зменшити при використанні допоміжних трафаретних сіток. Оптимальна довжина алфавіту для цієї категорії лежить у межах від 4 до 16 положень лінії в просторі.

Позиція. Позиція сигналу в полі зору (сигнал, розташований у полі зору ліворуч, означає одне, праворуч – інше, зверху – третє і т.д.) також може бути використана для кодування інформації. Людина добре ідентифікує досить багато позицій сигналу в полі зору, проте рекомендується використовувати не більше 9 (краще – 4-5).

Стереоскопічна глибина. У тривимірних індикаторах і пристроях, що створюють ілюзію тривимірного простору (стереоскоп, 3-D телевізор та ін.) для кодування інформації можна

використовувати третій вимір, тобто глибину. Застосування цього способу кодування дає можливість розрізнення положення сигналів за глибиною, але не дозволяє їх ідентифікувати. Експерименти показали, що людина досить точно ідентифікує не більше 3-4 позицій сигналу за глибиною.

Штрихування. Застосовується для відображення типу об'єкта, його приналежності та стану.

4.2.2.4 Кодування буквено-цифрове

Відповідно до табл. 4.1 при буквено-цифровому кодуванні можуть використовуватися наступні види алфавіту: букви й знаки пунктуації; математичні знаки й цифри. Букви й знаки пунктуації використовуються для відображення якісних характеристик об'єктів (типу, структури, функцій), цифри — для відображення їх кількісних характеристик, а математичні знаки — відображення аналітичних залежностей, указання операцій.

Буквено-цифрові знаки повинні задовольняти вимогам, що походять із характеристик зорового сприйняття і розпізнання та відносяться до: розмірів цифр і букв, їх написання, освітленості, яскравості (контрасту відносно фону), розташуванню в просторі, припустимій швидкості переміщення по екрану й т. д [6].

Швидкість і точність розпізнання цифр і букв залежать від їхньої форми. Букви й цифри, утворені за допомогою прямих ліній, розпізнаються швидше і точніше тих, які включають криволінійні елементи. В умовах дефіциту часу при розпізнанні оператор може переплутати знаки, що мають подібне написання (3 і 5; 2 і z; Л, А и Д; 3 и 3; Э и 3 і т.д.).

Тому при виборі системи накреслення цифр важливо враховувати розрізняємість і розпізнаваність кожної з них і алфавіту в цілому. Для забезпечення досить високої швидкості та точності ідентифікації доцільно використовувати спеціально модифіковані конфігурації цифр і шрифтів (рис. 4.6).

Кращими з написання цифр звичайного типу вважаються шрифт Макворта, в якому похилі лінії в знаках розташовані під кутом у 45°, і шрифт Бергера, у яким букви й цифри складені із прямих ліній.

Істотну роль у розпізнанні букв відіграють їхні частотні характеристики. Коли оператор з тих чи інших причин (дефіцит часу, малі кутові розміри, нечітке написання) погано розрізняє

конфігурацію букви, спостерігається тенденція її заміни іншою, подібною по написанню, але такою, що більш часто зустрічається.

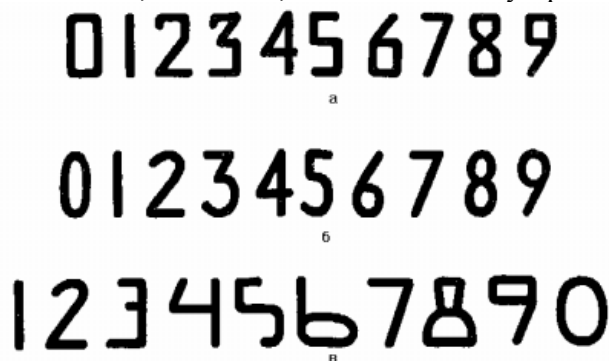


Рисунок 4.6 – Типи шрифтів цифр: а) Бергера;
б) Макворта; в) Слейта

Важливими факторами, від яких залежить ідентифікація цифр і букв, є їхні розміри, зовнішня освітленість, яскравість, величина контрасту по відношенню до фону. Дослідження показали [10], що граничний час експозиції цифр системи Макворта (чорні цифри на білому фоні) скорочується зі збільшенням їх кутового розміру, але лише до деякої величини. Критичним кутовим розміром при освітленості від 20 до 1000 лк є 35' (по висоті); при меншій освітленості критичним кутовим розміром є 52'. Граничний час ідентифікації зі зменшенням освітленості збільшується. Ці дані справедливі і для букв (чорних на білому фоні). Цифри, що висвічуються у зворотному контрасті, досить швидко й точно впізнаються при значно меншому кутовому розмірі (6-9' для білих цифр, відображуваних на просвіті, на темнім фоні).

Рекомендоване відношення ширини до висоти для цифр — 1:3 — 3:4, для букв — 3:5 — 1:1. Товщина обведення вибирається залежно від висоти букв (і цифр). При дифузному освітленні для білих знаків на чорному фоні (зворотній контраст) рекомендується товщина обведення, що дорівнює 1/8-1/13 висоти; для прямого контрасту — 1/6-1/8 висоти. Найбільш точно розпізнаються високі й вузькі букви, особливо при слабкій освітленості.

А.М. Кожин і В.П. Ліб досліджували співвідношення між кутовими розмірами цифр, що відображаються на телевізійному екрані, їх яскравістю й зовнішньою освітленістю (рис. 4.7).

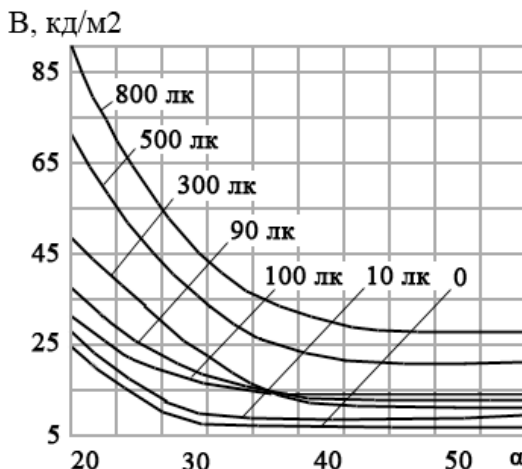


Рисунок 4.7. - Залежність розрізняльної яскравості цифр на телевізійному екрані від їхнього кутового розміру й рівня зовнішньої освітленості.

Автори рекомендують у якості оптимальних цифри, що мають розмір близько 40'.

Нерідко операторові доводиться розпізнавати цифри й букви, що переміщаються в площині екрана (динамічна індикація). Критична швидкість, за якої спостерігається погіршення точності ідентифікації цифр і букв, перебуває в районі 8 – 16°/с (при кутовому розмірі знаків, що спостерігаються з відстані 38 см – 27' по висоті). Середня швидкість, за якої забезпечується 100%-ве розпізнання цифр, зі збільшенням екрана по висоті від 5 до 50 см (дистанція спостереження – 1 м) зростає від 10 °/с до 16 °/с.

Як і в інших випадках сприйняття об'єктів, що рухаються, точність ідентифікації цифр (букв), що рухаються горизонтально, вище, ніж, тих що рухаються вертикально. При горизонтальному русі кращі результати одержують тоді, коли цифри рухаються справа наліво, а при вертикальному – коли рухаються знизу нагору.

4.2.2.5 Кодування кольором

Алфавіт колір використовують для передачі інформації про стан або значущість об'єктів. Кодування кольором є ефективним засобом підвищення продуктивності, виконання операцій з приймання й переробки зорової інформації: дублювання символічного коду кольором підвищує точність і швидкість виконання задач пошуку і розпізнання. При урахуванні колірному тону, світлості й насиченості, людське око здатне розрізняти величезне число колірних сигналів. Але число точно ідентифікуємих сигналів по колірному тону невелике. В оптимальних умовах – 10 кольорових тонів (фіолетовий, блакитний, блакитно-зелений, зелено-блакитний, зелений, жовто-зелений, жовтий, помаранчевий, помаранчево-червоний, червоний) [3]. Додамо до них білий і одержимо 11. З найбільшою точністю розпізнаються фіолетовий, блакитний, зелений, жовтий і червоний кольори, які можуть бути рекомендовані для кодування кольором. Застосовуючи кодування кольором, необхідно враховувати, що видимий колір залежить від кольору освітлення, його дистанції від спостерігача, величини пофарбованої (відзеркалюючої або випромінюючої світло) поверхні.

Фарбування кольором може викликати явища, подібні з відомими оптичними ілюзіями. Поверхню жовтого кольору, наприклад, людське око сприймає як трохи підняту поверхню, і вона здається більшою. Білий і жовтий кольори створюють ефект іррадіації - вони як би поширюються на розташовані поруч із ними більш темні поверхні, зменшуючи їх. Площини, які пофарбовані в темно-синій, фіолетовий або чорний кольори, для людського ока здаються зменшеними та спрямованими донизу.

При використанні кодування кольором необхідно враховувати, що накладення коду світлоти на колірний код ускладнює розпізнання сигналів, що відрізняються за кольоровістю. Наприклад, при довжині алфавіту, яка дорівнює шести колірним тонам, використання навіть двох градацій світлоти в межах одного колірному тону веде до зниження точності впізнання майже на 20%. Введення до алфавіту сигналів змішаного за кольоровістю типу (наприклад, жовто-зелений) призводить до збільшення числа помилок впізнання на 37,3% у порівнянні з чистими кольорами [5]. Якщо в полі зору одночасно представлені всі колірні сигнали, то ефективність розрізнення кольору дуже висока. При цьому оперативні порого розрізнення кольору

досягаються навіть при використанні до 16 градацій для одного колірної тону.

Дослідження використання кодування кольором показали, що за певних умов воно краще, ніж кодування формою. Наприклад, зорове розрізнення 7-8 колірних тонів краще, ніж розрізнення набору, що складається з 7-8 геометричних фігур або букв. Додатково до переваг кодування формою кодування кольором підвищує швидкість пошуку й перелічення об'єктів певного класу; колір має перевагу перед цифрами й формами в задачах на визначення місця розташування, а також у задачах, що вимагають мисленого маніпулювання з об'єктами. Колір трохи поступається формі в задачах на розпізнання.

4.2.2.6 Кодування яскравістю

Даний спосіб кодування частіше за все застосовується для привернення уваги оператора й відображення стану об'єкта. Людина досить добре розрізняє навіть невеликі зміни яскравості, проте число точно ідентифікуємих градацій яскравості невелике. Для побудови алфавіту рекомендується брати не більш чотирьох рівнів яскравості. У більшості випадків досить двох рівнів: яскравий і тьмянний або світло й темрява. При цьому потрібно мати на увазі, що коли в полі зору перебуває кілька сигналів з різною яскравістю, то більш яскраві сигнали можуть маскувати менш яскраві.

Яскравість знаків вибирають із урахуванням загальної освітленості, частоти і діапазону зміни освітленості, перепадів яскравості в полі зору оператора й світлового контрасту.

Кодування яскравістю менш переважне в порівнянні з іншими способами кодування, оскільки сигнали різної яскравості можуть стомлювати оператора й відволікати його увагу.

4.2.2.7 Кодування частотою миготіння

Миготіння сигналу є ефективним засобом виділення об'єкта на екрані й привернення уваги оператора. Застосовується для відображення стану об'єкта. Доведено, що людина відносно точно оцінює частоту миготіння в інтервалі від 1 до 8 Гц. Не рекомендується застосовувати більше чотирьох градацій цієї ознаки. При частоті миготіння 2,5 Гц, точність зорової оцінки кількості спалахів досить висока. Частота миготіння попереджувальних сигналів — 0,5-1 Гц, аварійної сигналізації — 5-6 Гц. Миготіння сигналів швидко

приводить до розвитку зорового стомлення, тому кількість мерехтливих об'єктів у полі зору оператора повинне бути не більш 2 —3 одночасно. Щоб уникнути викривлення контурів знака, що миготить, доцільно, щоб миготів не весь знак, а тільки його частина.

4.2.3 Види алфавіту слухової модальності

4.2.3.1 Кодування звуком

Звуки використовуються на робочому місці для подачі аварійних, попереджувальних та повідомляючих сигналів у наступних випадках [5, 6]:

- при прийманні простого й короткого повідомлення, не пов'язаного з подальшими повідомленнями;
- коли повідомлення вимагає негайної дії;
- коли оператор спеціально навчений у розумінню сенсу закодованого повідомлення;
- якщо оператор перевантажений мовними сигналами;
- якщо необхідне дотримання таємниці;
- зоровий аналізатор оператора зайнятий;
- коли оператор працює в групі;
- при сильних акустичних перешкодах.

Вимоги до кодування звуком:

- повинно привертати увагу оператора шляхом несподіваної подачі сигналу, зміни рівня звукового тиску, збільшення тривалості звучання, частоти слідування;
- повинно повідомляти оператора про відмову або зміни в СЛМ;
- не повинно перевантажувати слуховий аналізатор оператора;
- не повинно відволікати уваги інших операторів;
- не повинно заважати мовному зв'язку;
- не повинно стомлювати оператора, оглушати його при збільшенні рівня звукового тиску сигналу й не лякати при несподіваній появі.

Основні технічні характеристики використовуваних звукових сигналів відповідно до вимог ГОСТ 21786-76 [6] наведені в табл. 4.6.

На підставі даних табл. 4.6 частотна характеристика тональних сигналів повинна бути в межах 200-5000 Гц. За наявності високочастотного шуму, що маскує, допускається розширення межі до 10 000 Гц.

За наявності в приміщенні постів керування акустичних екранів частотна характеристика тональних сигналів рекомендується в межах 200-1000 Гц. При зміні частоти тону крок зміни повинен бути не менше 3% по відношенню до вихідної частоти. Попереджуючі й аварійні сигнали повинні бути переривчастими.

Таблиця 4.6 - Технічні характеристики використовуваних звукових сигналів

Вид сигналів	Частота, Гц	Рівень звукового тиску біля входу в зовнішній слуховий прохід оператора, дБ	Вид звукового сигналізатора, який може застосовуватися	Умова застосування
Аварійні	800 – 5000	90 – 100	Генератор	Може бути направленої дії
	800 – 5000	90 – 100	Гудок	Те ж
	800 – 5000	90 – 100	Сирена	»
	800 – 5000	90 – 100	Ревун	»
	800 – 5000	90 – 100	Свисток	»
	800 – 5000	90 – 100	Дзвінок	»
Попереджувальні	200 – 800	80 – 90	Генератор	»
	200 – 800	80 – 90	Гудок	»
	200 – 800	80 – 90	Ревун	»
	200 – 800	80 – 90	Свисток	»
	200 – 800	80 – 90	Дзвінок	»
Повідомляючі	200 – 400	30 – 80	Генератор	Може застосовуватися у внутрішніх переговорних пристроях
	200 – 400	30 – 80	Зумер	Те ж
	200 – 400	30 – 80	Гудок	»

	200 – 400	30 – 80	Свисток	»
	200 – 400	30 – 80	Дзвінок	»

Несуча частота попереджуючих сигналів повинна бути 200-600 Гц при тривалості сигналів і інтервалів між ними 1-3 с, а аварійних сигналів - 800-2000 Гц при тривалості інтервалів 0,2-0,8 с. Рівень звукового тиску сигналів на робочому місці повинен бути в межах від 30 до 100 дБ.

При акустичних перешкодах граничні рівні звукового тиску сигналів повинні бути від 110 до 120 дБ. При змінах рівня звукового тиску крок зміни повинен бути не менш 3 дБ. Рівень звукового тиску аварійних сигналів повинен бути не вище 100 дБ, попереджуючих - не вище 80-90 дБ, а повідомлюючих – не менш ніж на 5% нижче відносно рівня звукового тиску аварійних сигналів. Тривалість окремих сигналів і інтервалів між ними повинна бути не менш 0,2 с. При змінах тривалості звукових посилок крок зміни повинен бути не менш 25% відносно вихідної тривалості. Тривалість звучання інтенсивних звукових сигналів не повинна перевищувати 10 с.

Модуляція сигналів повинна відбуватися змінами амплітуди й частоти. При амплітуднім модулюванні глибина модуляції повинна бути не менше 3% відносно несучої частоти.

При маскуванні шумом використовують звукові сигнали, частота яких якнайбільше відрізняється від найбільш інтенсивних частот шуму. Необхідно забезпечувати перевищення порога маскування звукових сигналів від 10 до 16 дБ.

4.2.3.2 Кодування мовними сигналами

Мовні сигнали застереження складаються з немовного сигналу, що насторожує, для привертання уваги, а також з короткого стандартизованого мовного сигналу, який ідентифікує конкретні умови й пропонує відповідні дії.

Вимоги до кодування мовними сигналами:

- голос, що використовується для запису мовних сигналів застереження, повинен мати гарну дикцію, бути офіційним, безстороннім, спокійним. Слова повинні бути розбірливими, відповідати ситуації і короткими;

- система словесного попередження повинна мати блокування режимів, виконане таким чином, щоб не допускати передачі повідомлення, яке не має відношення до ситуації, що склалася.

Гучність звукового сигналу застереження повинна регулюватися оператором або автоматично, з урахуванням виробничих умов і факторів безпеки операторів. Рух регулятора гучності повинен бути обмежений, щоб будь-який сигнал був чутний операторові. У системі сигналізації застереження передбачаються засоби для ручного регулювання гучності. Тривалість звукових сигналів застереження повинна бути не менше 0,5 с і може тривати до відповідної реакції (коригувальної дії) оператора або автомата. Завершення коригувальної дії повинно автоматично припинити сигнал.

В аварійних ситуаціях не слід використовувати сигнали, які залишаються включеними або нарастають, якщо їх відключення може заважати необхідним коригувальним діям.

4.3 Класифікація інформаційних моделей

В процесі своєї діяльності оператори СЛТС можуть взаємодіяти з різними класами ІМ. Процес прийому інформації людиною при роботі з кожною з них має специфічні характеристики, які необхідно враховувати при оцінці ефективності і надійності засобів відображення, що формують ту або іншу ІМ.

При виборі основи класифікації необхідно брати до уваги наступні ознаки ІМ [3].

1. Вид елементів ІМ, тобто спосіб кодування інформації (див. п. 4.2). Використовуваний код (букви і цифри, умовні знаки, форма, колір тощо) істотно впливає на процес прийому і переробки інформації оператором. У ІМ можуть одночасно використовуватися декілька способів кодування. Моделі, при побудові яких використовується тільки один вид кодування, один алфавіт називаються *монокодовими*. Моделі, побудовані з використанням декількох видів кодування називаються *полікодовими*. В цьому випадку використовувані коди можуть бути нерівноцінними: один – основним, інші – додатковими (наприклад форма – основна, а колір і частота миготіння – додаткові). Важливе значення має довжина використовуваних алфавітів, оскільки нею визначається кількість інформації, яку можна передати за допомогою моделі.

Вид використовуваних кодів і їх комбінацій визначає характер концептуальної моделі, яка формується у оператора, і методику спеціального навчання і тренування. Найбільш широке поширення отримали полікодові ІМ.

2. Способи організації, впорядкування елементів ІМ у просторі та часі. За цією ознакою розрізняють статичні моделі (друкарський текст, фотографія, карта і т. п.), які характеризуються тільки просторовою організацією, і динамічні, які включають також часову розгортку. Найбільші можливості мають динамічні моделі.

3. Характеристики моделі, які визначають її тип (абстрактні, наглядні і змішані).

На цих ознак, розрізняють наступні класи ІМ:

- наочні (картинні) моделі-зображення. В якості кодів при їх побудові використовуються лінії, площі фігур, яскравості, колір, число точок, іноді код стереоскопічної глибини;

- абстрактні знакові моделі, основу яких складають цифри, букви, умовні знаки;

- абстрактні моделі, основу побудови яких складають такі коди, як лінія, площа, яскравість, колір, число точок, тобто ті ж елементи, які використовуються при побудові зображень. Цей специфічний вид абстрактно-наочних моделей (абстрактних в сенсі їх відношення до об'єкту відображення, наочних – по використовуваних елементах і способі їх організації) також називають графічним;

- змішані моделі, що є комбінаціями з перелічених вище.

4.3.1. Зображення

Перевагою моделей цього класу є те, що при роботі з ними у оператора формується образ, близький до образу реального об'єкту. Завдяки цьому спрощується завдання навчання і тренування оператора, оскільки немає необхідності в освоєнні спеціальних кодів, способів кодування і декодування інформації, котра поступає, для перетворення образу моделі в образ об'єкту.

При сприйнятті зображення точність оцінки величин обмежена можливостями зорового аналізатора (гострота зору, пороги розрізнення, окомір і т. д.). Для випадків, коли необхідно передавати невелику за об'ємом інформацію (наприклад, про стан одного якогось параметра), зображення є неекономним і ненадійним видом ІМ,

оскільки властива йому надмірність може перешкодити операторові в знаходженні сигналу.

Найбільш широко в техніці використовують такі зображення як фотографія, кіно- та телевізійне зображення.

Фотографія – статична, зазвичай полікодова, модель-зображення, відтворююча просторові властивості об'єкту (форму, контур, позицію, відношення до інших об'єктів), розподіл світла і тіней на його поверхні, кольорові характеристики об'єкту. Для сприйняття найважливішим параметром фотозображення є його масштаб, який характеризує відношення розмірів зображення до розмірів оригіналу. При виборі масштабу повинні враховуватися такі характеристики зору, як величина поля зору і гострота зору. Якщо необхідно, щоб оператор міг охопити фотозображення “одним поглядом”, його кутові розміри не повинні перевищувати розмірів центральної частини поля зору (близько 50°). При цьому, найменша деталь фотозображення має бути більше порогу гостроти зору.

Фотозображення ніколи не буває подібним до реального об'єкту за оптичними характеристиками. Тому виникає питання про те, які перетворення градацій яскравості, кольорових характеристик і геометричних властивостей об'єкту допустимі. За даними [3], головним в оцінці допустимості тих або інших перетворень є не оптична, а психологічна точність фотозображення.

Кінозображення – динамічна полікодова модель-зображення, відтворююча як просторові властивості об'єкту, так і його рух. Властивості і вимоги до фотозображень і цих моделей, в основному співпадають. Проте динамічність моделі визначає додаткові вимоги. Як відомо, в кіно безперервність руху для зорової системи досягається при частоті кадрів не менше 24 кадри в секунду. Часові параметри зорової системи залежать від яскравості і розміру об'єктів, що сприймаються. Тому при виборі частоти зміни кадрів необхідно враховувати яскравість і розмір проекції кінозображення на екрані.

Телевізійне зображення – схоже з кінозображенням. Проте в телебаченні прийнята частота 50 кадрів в секунду. Іншою відмінністю є те, що кожен кадр в телевізійному зображенні отримується шляхом рядкової розгортки променя по екрану (растр), а цілісне зображення виникає завдяки властивостям зорової системи людини.

Швидкість і точність розрізнення і розпізнавання об'єктів, котрі відображаються на екрані телевізора, залежать від числа елементів

розкладання, які приходяться на площу об'єкту. Ця залежність у великому діапазоні переходу від нерозпізнавання до повного розпізнавання об'єктів є лінійною. Граничне число елементів розкладання, при якому зорове розрізнення досягає максимуму, визначається гостротою зору і диференціальним порогом яскравості.

Радіолокаційне зображення формується на екрані радіолокаційної станції (РЛС) (рис. 4.8). Локаційні радіоелектронні засоби призначені для видачі інформації як про невідомі, так і про заздалегідь відомі об'єкти: про їх наявність або відсутність в різних ділянках простору; їх координатах і інших параметрах руху; їх характеристиках.



Рисунок 4.8 – Індикатор кругового огляду РЛС

Відповідно говорять про локаційні завдання: виявлення; класифікації; виміру. Реальні об'єкти відтворюються в радіолокаційному зображенні у вигляді комбінації світлових плям різного розміру, яскравості і позиції на екрані. Цей вид зображення є редукованим (від німецький *reduzieren* – зменшувати, скорочувати) – зображення об'єктів представлено обмеженим числом їх характерних структурних особливостей.

У ньому відтворюються (у масштабі зменшення) просторові відносини між об'єктами і їх переміщення, досить грубо передається форма великих об'єктів (ділянок місцевості). Радіолокаційне зображення близьке до графічних і комбінованих моделей (карти).

На рис. 4.9 наведено приклад зображення, отриманий в аеропорту Шереметьєво-2 в процесі роботи РЛС системи огляду льотного поля “Атлантика”. Це поєднаний вид огляду з диспетчерської вишки і обробленого зображення на екрані радіолокаційного терміналу, накладеного на електронну карту аеропорту. Диспетчер бачить прибуле повітряне судно, його траєкторія відмічена на екрані пунктиром із зелених міток. Частота міток відповідає швидкості переміщення об'єкту. Система зареєструвала повітряне судно ще на підльоті і присвоїла йому номер 67. Окрім 67-го на екрані можна бачити інші пронумеровані об'єкти на стоянках і рульових доріжках. Жовті мітки на екрані є наслідком накладення відбитих радіолокаційних сигналів від будов і нерівностей на місцевості.

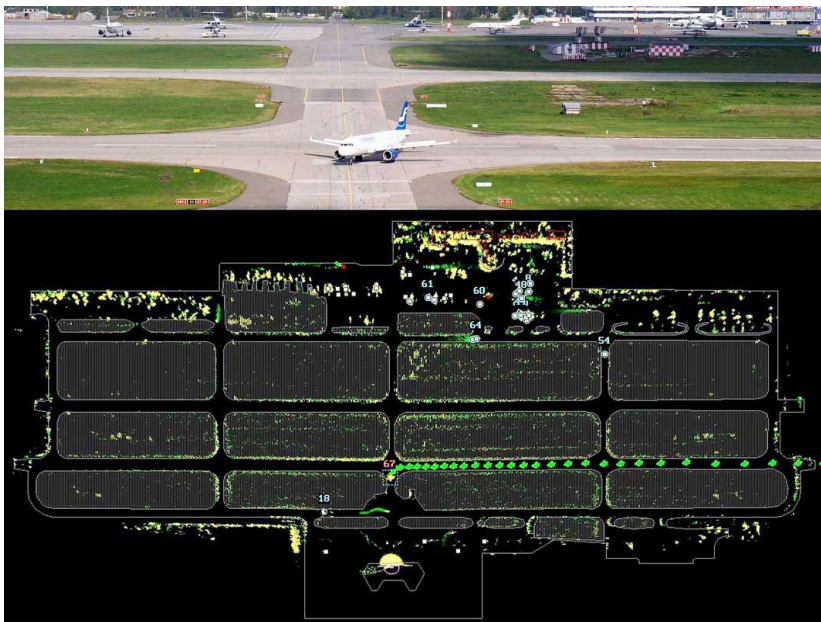


Рисунок 4.9 – Зображення льотного поля аеропорту

Шереметьєво-2

Мінімальний розмір сигналу, при якому можливе його розпізнавання (ідентифікація), складає близько 12' (0,1 мм при дистанції спостереження 40 см). Мінімальний розмір сигналу, при якому можливе його виявлення, складає 1' (дистанція спостереження – не більше 30 см). Імовірність виявлення світлової плями залежить від її величини, тривалості, яскравості, контрасту по відношенню до фону, загального числа об'єктів, що відображаються на екрані радіолокатора, а також рівня шуму.

Зі збільшенням яркості сигналу і його контрасту по відношенню до фону скорочується час пошуку. При цьому сигнали, що з'являються на периферії поля зору, добре помічаються лише у тому випадку, якщо їх яскравість вище порогової не менше чим в 6-8 разів (за умови, що фон темний).

Для полегшення зорової ідентифікації місця розташування радіолокаційних сигналів, особливо на фоні шуму, застосовують допоміжні засоби (наприклад, нанесення на екран сітки).

4.3.2 Знакові моделі

Для моделей цього класу основною характеристикою є те, що інформація в них кодується знаками. Тому вони не мають наочної схожості з реальними об'єктами. Параметри об'єкту спостереження відображаються в них у вигляді дискретного набору знаків, що передаються одночасно або послідовно.

Якщо при роботі із зображеннями концептуальна модель формується на рівні сприйняття і уявлення, то при роботі зі знаковими моделями – на рівні мовнорозумових процесів. Переклад системи знаків в наочний образ (уявлення) об'єкту вимагає великої напруги уяви і пов'язаний з цілим рядом труднощів. Проте, там, де потрібна висока точність передачі інформації і опосередковане рішення задач, пов'язане з обчисленнями, логічними операціями і т. п., знакові моделі мають великі переваги перед іншими видами моделей.

Основними видами моделей цього класу є друкарський текст, знакове табло, формуляр, формула.

Друкарський текст є абстрактною знаковою статичною монокодовою моделлю. За допомогою тексту можна передати

практично необмежений об'єм інформації. Текст може включати цифри, умовні знаки і інші елементи. Швидкість і точність сприйняття тексту залежать від характеристик букв (див. п. 4.2.2.4), інтервалів між ними, інтервалів між словами, довжини рядків і інтервалів між рядками. Рекомендовані інтервали між буквами – $1/8-1/2$ їх ширина, між словами – $1-1,5$ ширини букв, між рядками – $1/2-1$ висоти букв.

При русі погляду по рядках тексту найбільша гострота зору і повнота сприйняття виникає тільки в центральній зоні сітківки ока, так званій зоні ясного бачення (див. рис. 4.1). Усе, що лежить за межами цієї зони, на периферії, бачиться як би в тумані.

В процесі читання око переглядає текст, здійснюючи перетворення просторової розгортки на часову. Великий обсяг робіт по дослідженню рухів очей виконав відомий радянський дослідник А.Л. Ярбус. Розроблена ним методика дозволяє за допомогою спеціального гумового присоска з дзеркальцем, що прикріплюється до поверхні очного яблука, фіксувати особливості руху очей при різній розумовій роботі. На рис. 4.10 наведено один з перших записів А. Л. Ярбуса. Запис, розташований на рисунку під віршем, зроблений на нерухомий фотопапір, а інший – справа, за допомогою фотокімографа на осцилографічний папір, що рухається.

Діяльність оператора часто пов'язана з задачами інформаційного пошуку – знаходження на пристрої відображення об'єкта із заданими ознаками. Загальний час інформаційного пошуку можна знайти за формулою

$$\tau_{in} = \sum_{i=1}^n (t_{\phi i} + t_{\Gamma i}), \quad (4.4)$$

де $t_{\phi i}$, $t_{\Gamma i}$ – відповідно час i -го переміщення погляду та i -ї фіксації; n – число кроків пошуку (число фіксацій), витрачених для знаходження потрібного об'єкта.

Враховуючи, що в умовах конкретної задачі, при яких t_{ϕ} постійне і $t_{\Gamma} \ll t_{\phi}$ вираз (4.4) набуде вигляду

$$\tau_{in} = n t_{\phi}, \quad (4.5)$$

Середнє значення часу пошуку дорівнює

$$\bar{\tau}_{in} = \bar{n} t_{\phi}, \quad (4.6)$$

де n – математичне сподівання числа кроків пошуку. З урахуванням цього, час $\bar{\tau}_{in}$ дорівнює

$$\bar{\tau}_{in} = n\bar{t}_{\phi} = \frac{N/a + 1}{M + 1} t_{\phi}, \quad (4.7)$$

де N – загальний обсяг (кількість елементів) інформаційного поля; M – число елементів, які мають задану для пошуку ознаку; a – обсяг зорового сприйняття.



вы, мой стих не блещет новизной,
Разнообразьем перемен неожиданных.
Не поискать ли мне тропы иной,
Приемов новых, сочетаний странных?

Я повторяю прежнее опять,
В одежде старой появляюсь снова.
И кажется, по имени назвать
Меня в стихах любое может слово.

Все это оттого, что вновь и вновь
Решаю я одну свою задачу:
Я о тебе пишу, моя любовь,
И то же сердце, те же силы трачу,

Все то же солнце ходит надо мной,
Но и оно не блещет новизной.

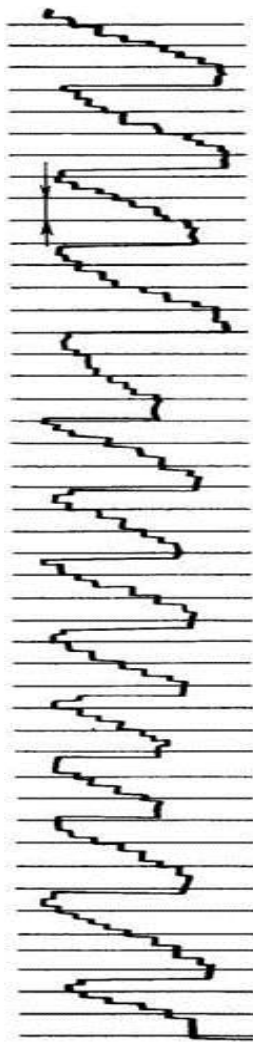
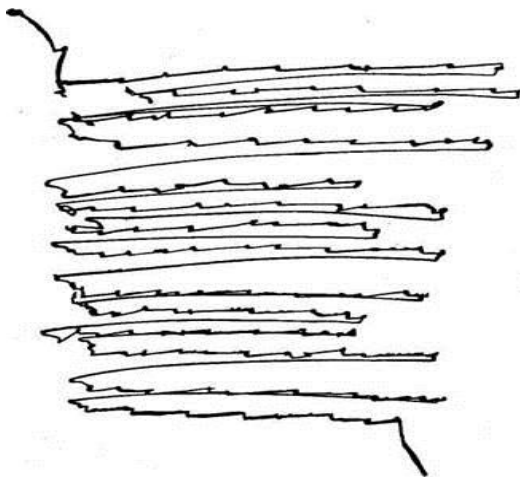


Рисунок 4.10 – Траектория рухів очей при читанні тексту

Останніми роками метод аналізу руху очей отримав новий розвиток і почав активно використовуватися комерційними структурами на практиці. Технологія *eye-tracking* (аналізу руху очей)

за допомогою спеціального устаткування (рис.4.11), дозволяє відстежувати траєкторію руху очей спостерігача. Інформація з камери і спеціального пристосування синхронізуються і накладаються одне на одне, що дозволяє проводити аналіз ефективності розташування тих або інших важливих інформаційних блоків на рекламних поверхнях, елементах упаковки, при вивченні розміщення товарів на полицях магазинів і самої споживчої поведінки, аналіз web-сайтів, оцінку відео тощо.



Рисунок 4.11 – Устаткування для технології eye-tracking

Цей аналіз показує, чи правильно розставлені візуальні акценти на носії, що досліджується (чи зверне споживач увагу на ту інформацію, яку хоче до нього донести продавець або розробник).

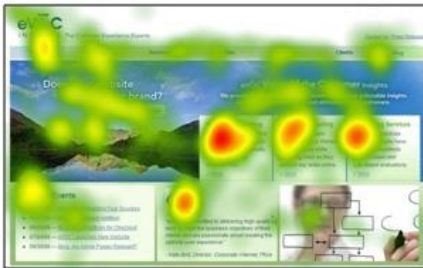
Одними з перших у сфері web-розробок цю технологію стали застосовувати пошукові системи мережі Internet для вдосконалення результатів видачі по запитах, підвищенні її зручності і популяризації нових рекламних місць таких як, наприклад, контекстна реклама.

З точки зору оцінки ефективності банерної реклами реально з'ясувати, які елементи банера найпривабливіші для відвідувачів або яка “картинка” найбільше привертає увагу і збільшує продажі рекламованого товару.

Прикладом використання технології eye-tracking можуть бути

карти інтенсивності і хронології сторінок web-сайту (рис. 4.12). На карті інтенсивності за допомогою кольору показані області сайту, які відвідувач вивчає найдовше (а, отже і уважніше), повертаючись до них по декілька разів. Інтенсивність погляду на цьому рисунку зростає в порядку зелений-жовтий-помаранчевий-червоний колір. Карта хронології показує черговість вивчення сторінки і тривалість зупинки погляду на кожному з елементів сторінок.

Карта інтенсивності



Карта хронології

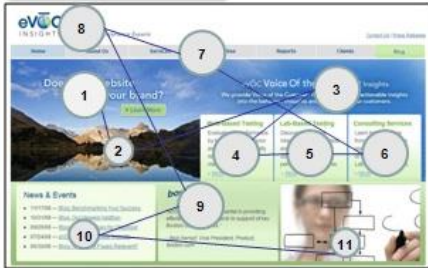


Рисунок 4.12 – Приклад карт інтенсивностей і хронології

Як показує практика, технологія eye-tracking має наступні недоліки:

- трекінг очей не надає такої кількості інформації, як сучасні системи web-аналітики. Ця методика більше підходить для вирішення обмеженого круга завдань;
- інформація, що отримується за допомогою eye-tracker'a, може бути невірно або суб'єктивно інтерпретована, якщо в її обробці не бере участі професійний web-аналітик;
- неточність даних може бути викликана психо-емоціональним станом учасника тестування, оскільки дослідження проводиться в неприродній для його учасників обстановці. Крім того, людина може знаходитися в роздратованому стані, відчувати втому або інші негативні емоції;
- eye-tracking дозволяє відстежити особливості візуальної взаємодії людини з сайтом, але не визначає, що треба зробити для оптимізації web-ресурсу. Для цього все одно доведеться залучати web-аналітиків або web-дизайнерів;

- велика трудомісткість і складність вживання, а також наявність необхідного устаткування тільки у одиничних спеціалізованих компаній визначає те, що ця технологія ефективно може застосовуватися тільки для досить великих досліджень, де час і тривалість дослідження (а значить і вартість) порівняно з очікуваним ефектом від використання.

Таким чином, для підвищення ефективності і результативності бізнес-сайтів, технологія eye-tracking повинна використовуватися у поєднанні з сервісами web-аналітики.

По аналогії з web-сайтами, урахування тільки просторової організації тексту, що обумовлює характер зорового огляду, недостатнє. Основою процесу читання є розуміння змісту тексту, залежне від того, наскільки читач володіє мовою і тією галуззю знань, до якої відноситься сприйманий текст. У зв'язку з цим виникають питання щодо словарного складу, що використовується в тексті та структури переданих мовних повідомлень.

Експериментально показано, що при коротких експозиціях на екрані слова сприймаються правильно в три рази частіше, ніж безглузді буквосполучення тієї ж довжини. Пороговий час розпізнавання складів – близько 17 мс, а буквосполучень – 20,5 мс. Середній час розпізнавання 5-6 буквених слів – 25-27 мс; при часі експозиції 34 мс розпізнається 95% слів. Середній час розпізнавання таких же по довжині буквосполучень – 32 мс; 95% буквосполучень пізнається при експозиції 38 мс.

Пороговий час розпізнавання слова залежить від його довжини (кількості букв, що утворюють слово). Ця залежність близька до лінійної і може бути описана рівнянням

$$t_{cl} = 0,9n + 22 \text{ мс}, \quad (4.8)$$

де n - число букв в слові.

Швидкість і точність розпізнавання слова залежать від його частоти. Чим вище частота слова в словнику читача, тим при меншій експозиції воно розпізнається. Питання про вплив структури фраз на процес їх сприйняття і розпізнавання вивчалось тільки для усної мови. Доведено, що найважливішою характеристикою фраз є їх глибина, визначена співвідношенням безпосередньо складових цих фраз. Чим більшу глибину має фраза, тим складніше вона розуміється, особливо при сприйнятті в умовах шуму.

Знакове табло – використовують для відображення однотипних об'єктів, що мають велике число ознак. Елементами ІМ цього типу являються цифри, букви і умовні знаки. Їх просторова організація визначається вимогами зручності огляду моделі оператором.

Інформаційна ємність знакового табло (кількість можливих сигналів) визначається числом знакомісць, що утворюють його, і довжиною використовуваного алфавіту

$$C = N^n, \quad (4.9)$$

де N – число знакомісць в табло; n – число елементів алфавіту.

Ефективність і якість діяльності оператора залежить від числа використовуваних кодів і довжини їх алфавіту, які визначають міру розмаїтості відображення яке сприймає оператор.

Найбільш поширеним способом просторової організації табло є розміщення знакомісць у вигляді горизонтальних рядків і вертикальних колонок. При пошуку цифри, по якій одна тризначна комбінація відрізняється від іншої, огляд по рядках здійснюється майже в два рази швидше, ніж огляд по колонках. Найбільш швидко і точно зорова робота виконується у тому випадку, коли кутовий розмір знаку складає 30'. Зі збільшенням щільності зменшується величина оперативного поля зору, що негативно впливає на швидкість пошуку сигналів.

Виявлення і розпізнавання сигналів залежать від числа використовуваних каналів, числа величин, які передаються по кожному з них, а також від часу зміни інформації. Вихід кожного каналу пов'язаний з певною локальною областю (знакомісцем) знакового табло. Зі збільшенням числа каналів від 8 до 24 при малому часі зміни інформації (2,5с) ефективність зорової діяльності знижується. При невеликому числі каналів (до 16) число переданих по кожному з них величин істотно не впливає на зорову діяльність.

Для підвищення ефективності виявлення і розпізнавання сигналів в знаковому табло доцільно використовувати як додаткові коди колір, розмір, яскравість і т. п. Групування знакомісць, на яких відображаються дані, що відносяться до одного і того ж об'єкту або параметра, також підвищує ефективність зорової діяльності.

Формуляр. На екранах індикаторів кругового огляду РЛС (див. рис.4.8) окрім об'єктів спостереження у вигляді світлових плям може відображатися і інша інформація, пов'язана з поточною ситуацією, яка

кодується буквами, цифрами і умовними знаками. Зазвичай групи знаків розташовуються в прямокутній матриці в області локації об'єкту, що відображається, утворюючи так званий формуляр (рис. 4.13).

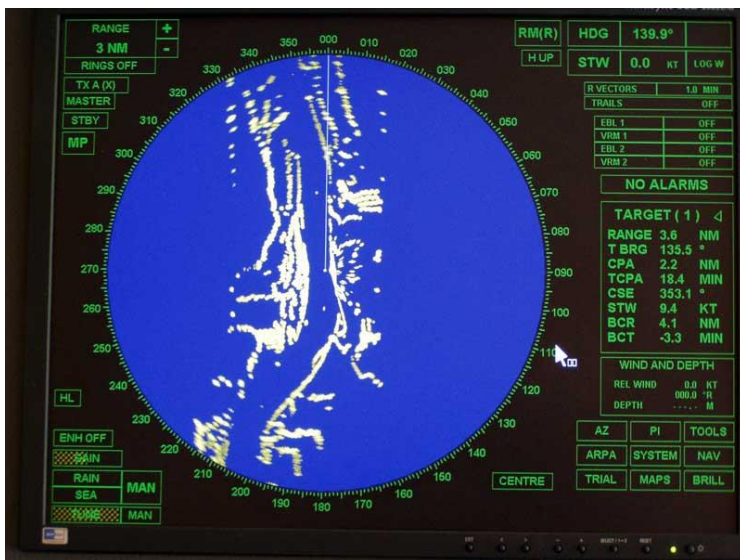


Рисунок 4.13 – Скріншот екрану РЛС Decca Bridge Master E

Кожен рядок або стовпчик формуляру несе інформацію про певний параметр або групу параметрів об'єкту. При огляді формуляру по рядках оператор отримує інформацію, необхідну для оцінки об'єкту і прийняття рішення. Велика кількість знаків у формулярі, внаслідок їх перекриття, може привести до ускладнення орієнтування оператора.

Для розрахунку максимально допустимого числа знаків у формулярі використовується формула [64]

$$K = \frac{N}{(2D - 1)}, \quad (4.10)$$

де K – число одиниць відображення, які з'являються з імовірністю перекриття P ; N – число можливих знаків в цій системі відображення; D – відношення області одиниць відображення до області, що покривається кожним елементом розкладання.

Типовими значеннями можуть бути $N = 1024$, $P = 0,5$, $D = 20$. При цих значеннях $K \approx 21$, тобто, на екрані може бути розташований 21 знак, і при цьому не з'явиться безлад. Це справедливо для формулярів з матрицею 15×15 елементів розкладання, на якій відображаються знаки, що мають висоту 4 мм.

Оптимальне число знаків повинне визначатися також з урахуванням об'єму сприйняття (при фіксації погляду) і короткочасної пам'яті оператора. Об'єм сприйняття складає близько 5-9 простих об'єктів, об'єм короткочасної пам'яті – приблизно 5-6 об'єктів. Це означає, що у разі, коли у оператора немає можливості розглядати формуляр тривалий час, він повинен включати не більше 5-7 знаків.

Точність декодування полікодового формуляру вища, ніж монокодового (при дещо меншій швидкості). Проте при сприйнятті і розпізнаванні полікодових формулярів (цифри і букви) з'являються помилки пов'язані зі змішуванням елементів одного коду з елементами іншого. Наприклад, якщо більшість знакомісць у формулярі зайнята цифрами, то оператор може прийняти букви за цифри. Тому для забезпечення високої точності розпізнавання полікодових формулярів, необхідно, щоб відмінності в зображенні елементів кожного коду були досить великими. Доцільно також об'єднувати знаки, що відносяться до одного параметра об'єкту, в групи, виділяючи їх кольором, яскравістю, розміром тощо.

Формула – є узагальнене відображення закономірних зв'язків між об'єктами або їх параметрами. Перевагою цього виду ІМ – є компактність передачі великого об'єму інформації. Проте переробка інформації, що знаходиться у формулі, для прийняття рішення може потребувати багато часу. Моделі цього виду поки що не дуже поширені для передачі інформації операторові в АС.

Одним з різновидів моделей-формул є алгоритмічний запис операцій, які повинен виконати оператор. В цьому випадку, оператор повинен пройти навчання з метою оволодіння алфавітом використовуваних символів. Експериментальні дані показали [53], що символічний запис приводить до зменшення помилок, що допускаються оператором і полегшує самоконтроль в процесі роботи.

4.3.3 Графічні моделі

Графічна модель по відношенню до об'єкту, що відображається, може розглядатися як абстрактна, але по виду використовуваних елементів і способу побудови вона є наочною (картинною). Процес і механізми прийому цієї інформації мають багато спільного з тими, які характеризують роботу з моделями-зображеннями: тут досить повно проявляються основні властивості процесу сприйняття і перцептивного образу. У цьому проявляється перевага графічних моделей у порівнянні з абстрактними знаковими, хоча точність оцінки величин, які відображені графічно, обмежена можливостями зорової системи (аналогічно роботі з моделями-зображеннями). Проте, на відміну від зображення, структура якого повністю визначається властивостями об'єкту, що відображається, при побудові графічної моделі використовуються і інші принципи. Наприклад, її структура може бути визначена виходячи з характеристик зорового сприйняття (розташування порівнюємих елементів у відповідності з величинами, які характеризують окомір; визначення контрасту, оптимального для ока, і т. п.).

Найбільш поширеними видами моделей цього класу є графік, діаграма, креслення, блок-схема; а також зображення-експлікації.

Графік (графічне зображення функціональних залежностей). Основними кодами, використовуваними при побудові графіку являються лінія і позиція. Іноді з метою точнішого відображення форми залежності на полі графіку приводиться її аналітичний опис (формула).

Представлення інформації у вигляді графіку виявляється в 1,2 рази ефективніше за таблиці і більш ніж в 100 разів ефективніше за формули. Графіки використовують в тих випадках, коли для прийняття рішення важлива загальна форма функції, що відображається, а в процесі рішення потрібні інтерполяція і екстраполяція даних.

Для підвищення точності визначення необхідних величин використовують координатну сітку. Лінії, що утворюють сітку, повинні відрізнятися від ліній графіку товщиною, кольором або типом, а їхня частота не має бути занадто великою, аби не перетворитися на перешкоду. Точність оцінки нахилу і форми ліній графіку обмежена можливостями зорової системи. Наприклад,

помилка, яка допускається при оцінці нахилу прямої відносно горизонталі (вертикалі) може досягати 15-20° [57]. Перспективним напрямом є використання об'ємних (3D) графіків.

Діаграма. Основними кодами ІМ цього виду являються лінія і площа. Різновиди моделі: стрічкова, стовпчикова і кругова діаграми (рис. 4.14).

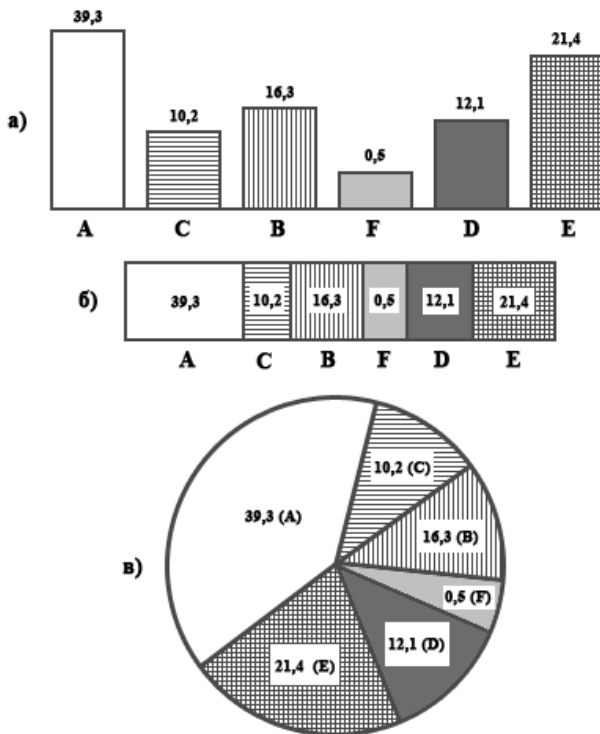


Рисунок 4.14 – Види діаграм: а) стовпчикова діаграма; б) стрічкова діаграма; в) кругова діаграма; А, В, С, D і т. д. – окремі якісні ознаки, наприклад, професійно-кваліфікаційні групи працівників, приналежність до виду продукції і т. д.

Діаграми використовуються для відображення співвідношень між величинами, іноді замінюючи складні обчислення окомірним порівнянням площ. Точність такого зіставлення визначається

точністю окоміру (операцій візуального порівняння, складання і віднімання).

Рекомендації по компонованню діаграм наступні:

- площа діаграми не повинна перевищувати оперативного поля зору;

- число елементів діаграми (стовпчиків або секторів) не повинне перевищувати об'єму сприйняття;

- масштаб повинен визначатися відповідно до оперативних порогів окоміру;

- при побудові діаграми в якості додаткових кодів доцільно використовувати кольорове, цифрове і буквене кодування, а також координатні сітки, що полегшують окомірне порівняння її елементів.

Різновидом діаграми є гістограми, що відображають розподіл частот тих або інших величин.

Креслення. Найчастіше використовуються креслення, побудовані в ізометричній і ортогональній проекціях. У оперативних системах відображення інформації цей вид моделей поки що не отримав широкого поширення.

Блок-схема. Ця модель призначена для відображення структури об'єкту. При цьому просторові взаємини елементів блок-схеми можуть містити інформацію не лише про просторові, але й про функціональні і логічні зв'язки елементів об'єкту.

Зображення-експлікація (картинна імітація об'єкту). ІМ цього типу майже не відрізняється від моделі зображення. Проте, на відміну від кіно- чи телезображення, вона дозволяє відображати ті або інші величини (у тому числі і недоступні для зору) в наочній формі для поліпшення предметного сприйняття ситуації оператором. Велике збільшення ефективності сприйняття досягається за рахунок застосування візуальних індикаторів, котрі замінюють численні окремі прилади і дають “картинне” уявлення про ситуацію. Їх називають контактними аналогами – *коналогами*. Вони створюють ефект безпосередньої участі або присутності людини в ситуації.

Систему коналог застосовують у випадку, коли оператор не може поєднувати точну і швидку кількісну оцінку великого числа окремих показань стрілкових приладів і якісну оцінку ситуації в цілому. Коналог, розроблений для американських атомних підводних човнів Shark (див. №1 на рис. 4.15), замінює показання восьми

індикаторів умовним зображенням руху і положення підводного човна на екрані електроннопроменевої трубки.

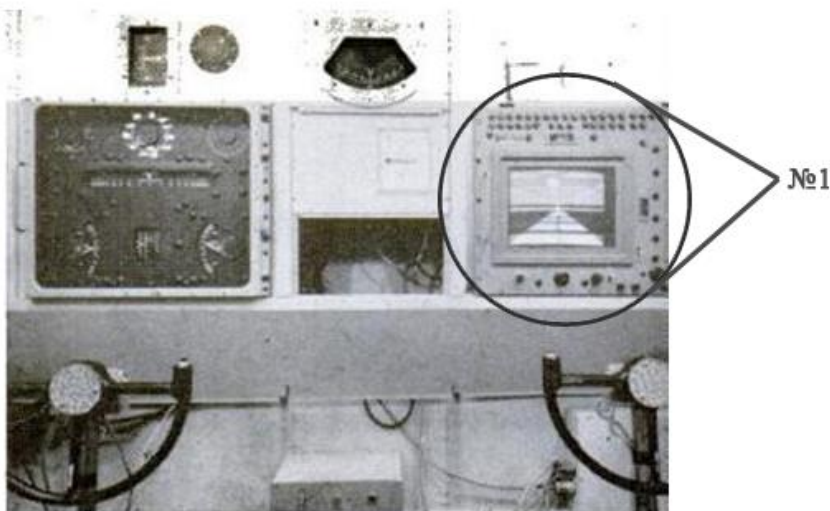


Рисунок 4.15 – Фрагмент пульта керування підводного човна

Заданий напрям руху зображується на екрані коналога у вигляді утікаючої до горизонту дороги – світлої стрічки, розділеної поперечними темними смугами, які як би набігають на рульового при русі корабля (рис. 4.16).

Оператор відчуває те ж саме, що він відчував би, якби дивився через переднє скло під водою, і подібно до шофера автомобіля прагне утримувати підводний човен на полотні “дороги”, що лежить перед ним. Ця “цілісна” картина руху утворюється за допомогою трьох паралельних площин – поверхні води (чи заданої стелі), морського дна (чи заданої глибини) і дороги, розташованої завжди на заданій глибині. Дані виводяться на коналог від бортового комп’ютера, що перетворює сигнали про параметри руху керованого об’єкту відповідно до вимог, що базуються на властивостях зорового сприйняття.

У прилад включені також візуальні і звукові сигналізатори. Система спрацьовує при виникненні небезпеки аварійного режиму,

при цьому подається звуковий сигнал або відключається будь-яка з сервосистем в приладі. Спільно з відображенням на коналогі встановлюються додаткові індикатори, які дають операторові точні чисельні значення диферента, глибини або пройденого шляху і т. д. Вони використовуються як аварійні в якості запасного відображення. На аналогічному принципі засновані лицьові частини навігаційних приладів для сучасних літаків, на яких умовно зображається поверхня землі, виконана так, щоб полегшити льотчикові саме предметне сприйняття наземної частини зображення, як земної поверхні, що лежить під ним.

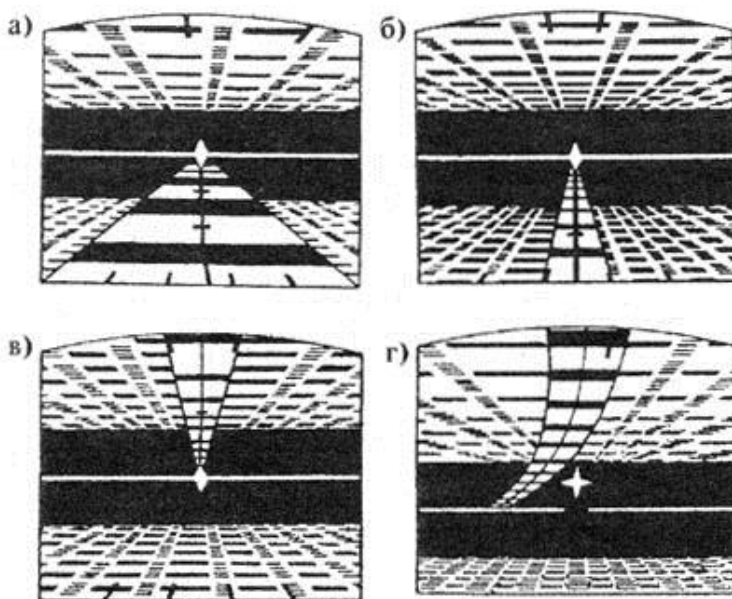


Рисунок 4.16 – Приклади індикації напрямів руху: а) перед рульовим лежить полотно “дороги” - підводний човен йде правильним курсом на заданій глибині; б) полотно “дороги” пішло вниз – підводний човен сплив вище заданої глибини; в) полотно “дороги” пішло вгору – човен йде правильним курсом, на глибині більшу за задану; г) полотно “дороги” пішло вгору і викривилося вліво – підводний човен занурився нижче заданої глибини і відхилився від курсу управо

4.3.4 Комбіновані моделі

У сучасних ЗВІ усе більш широко використовуються комбіновані моделі, які включають компоненти моделей різних класів. Найбільш поширеними з них є мнемосхема, карта, а також відображення, що отримуються за допомогою стрілкових контрольно-вимірювальних приладів і лічильників.

Мнемосхема – наочне графічне зображення функціональної схеми ОКК (рис. 4.17). Різновиди мнемосхем і їх класифікація наведені в [9]. Мнемосхеми мають ознаки, характерні як для графічних, так і для абстрактних знакових моделей, а часто і для зображень. При їх побудові можуть використовуватися різні види кодування інформації і способи їх організації. Мнемосхеми ефективно використовують у наступних випадках:

- об'єкт керування має складну технологічну схему і велике число контрольованих параметрів;
- технологічна схема об'єкту може оперативнo змінюватися в процесі роботи.

Мнемосхеми можуть відображати як загальну картину стану системи, технологічного процесу, так і стан окремих агрегатів, пристроїв, значення параметрів і т. п. Вони допомагають операторові, працюючому в умовах великої кількості інформації, що поступає, полегшити процес інформаційного пошуку, підпорядкувавши його певній логіці, яка диктується реальними зв'язками параметрів ОКК. Мнемосхеми полегшують операторові логічну систематизацію і обробку інформації, допомагають здійсненню технічної діагностики при відхиленнях процесу від норми, забезпечують зовнішню опору для вироблення оптимальних рішень і формування керуючих дій.

У основу побудови мнемосхем покладений ряд принципів, вироблених в процесі багаторічної практики їх застосування.

Принцип лаконічності – мнемосхема має бути простою, не повинна містити зайвих елементів, а інформація, яка відображається, має бути чіткою, конкретною і короткою, зручною для сприйняття і подальшої переробки.

Принцип узагальнення і уніфікації передбачає виділення і використання найбільш суттєвих особливостей ОКК, тобто на мнемосхемі не слід застосовувати елементи, що означають несуттєві

конструктивні особливості системи, а символи схожих об'єктів і процесів необхідно по можливості об'єднувати і уніфікувати.

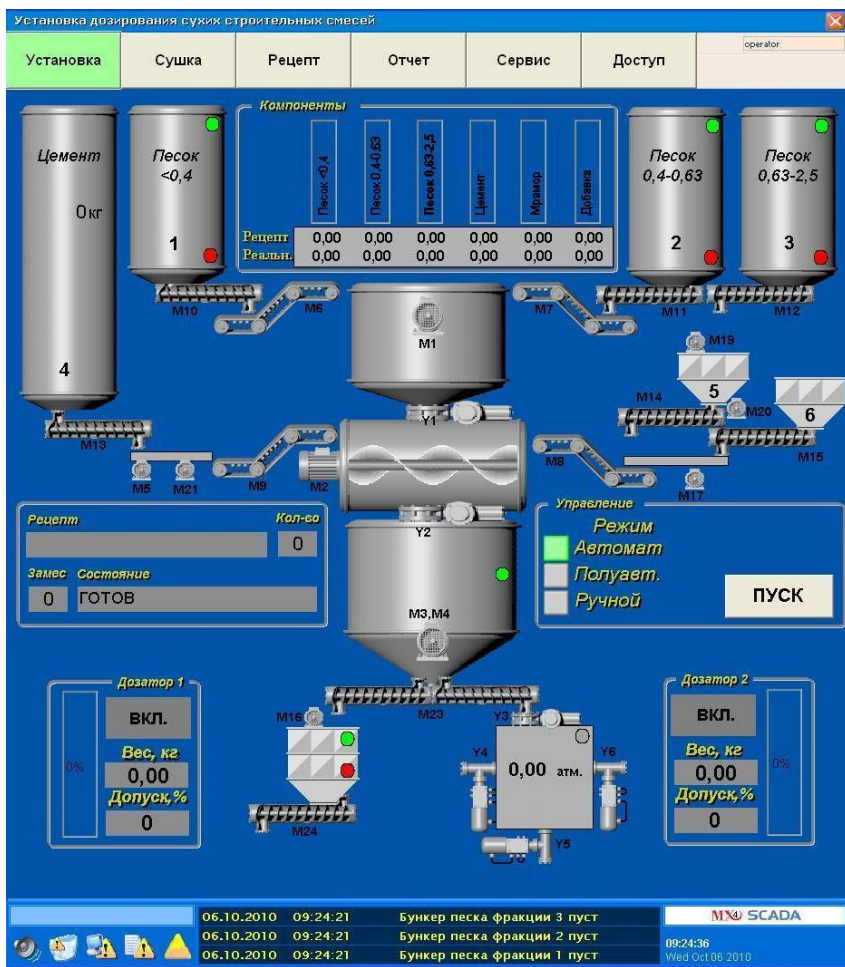


Рисунок 4.17 – Пример мнемосхемы установки приготовления сухих строительных смесей

Принцип акценту до элементов контролю і керування – на мнемосхемах в першу чергу необхідно виділяти розмірами, формою

або кольором елементи, найбільш суттєві для оцінки стану, прийняття рішення і дії на об'єкт керування.

Принцип автономності – відокремлення один від одного ділянок мнемосхеми, що відповідають автономно контрольованим і керованим об'єктам і агрегатам. Структура повинна показувати характер об'єкту і його основні властивості.

Принцип просторової відповідності елементів контролю і керування – розташування контрольно-вимірювальних і індикаторних приладів має бути чітко погоджене з розташуванням відповідних елементів керування.

Принцип використання звичних асоціацій і стереотипів – застосування таких умовних позначень параметрів, які асоціюють із загальноприйнятими буквеними позначеннями цих параметрів. Бажано застосовувати, замість абстрактних знаків символи, котрі асоціюються з об'єктами.

Мнемосхеми можуть розташовуватись на окремих панелях, на надбудові до приладового щита, на приставці до пульта або на робочій панелі пульта. Інформація на схемі може видаватися в аналоговій, аналогово-дискретній і дискретній формі. У останні роки для відтворення мнемосхем застосовують електронно-променеві або рідкокристалічні дисплеї. Їх використання доцільне у разі, коли об'єкт має складну, розгалужену структуру, коли технологічний процес часто змінюється і для його відображення потрібний набір мнемосхем. На дисплеї, залежно від поточної ситуації, може відображатися укрупнена мнемосхема усієї системи, мнемосхеми окремих об'єктів, процесів, вузлів і так далі. Потрібні мнемосхеми відображаються по виклику оператора або по сигналах ЕОМ.

Розглянемо основні вимоги, які необхідно враховувати при розробці мнемосхем. В процесі проектування важливо вибрати оптимальну форму мнемознаков. За формою вони мають бути замкнутим контуром. Кутові розміри мнемознака простої конфігурації (прямокутник, круг, квадрат, ромб, трикутник) мають бути не менше 20°. Кутові розміри складного мнемознака (із зовнішніми і внутрішніми деталями) мають бути не менше 35°, а кутівий розмір найменшої деталі – не менше 6°. Допоміжні елементи і лінії не повинні перетинати контур символу або яким-небудь іншим способом ускладнювати читання.

Яскравісний контраст між мнемознаками і фоном має бути не менше 65%. Значення яскравісного контрасту (K) у відсотках обчислюють по формулах для прямого контрасту (мнемознак темніше за фон)

$$K = \frac{B_{\phi} - B_o}{B_{\phi}} \cdot 100 \quad (4.11)$$

при оберненому контрасті (мнемознак світліше за фон)

$$K = \frac{B_o - B_{\phi}}{B_o} \cdot 100 \quad (4.12)$$

де K – яскравісний контраст; B_o – яскравість мнемознака; B^{ϕ} – яскравість фону мнемосхеми.

Підвищені вимоги пред'являються до мнемознака, який сигналізує функціональний (особливо аварійний) стан окремих агрегатів або об'єктів. Елементи і групи елементів мнемосхеми, які найбільш суттєві для контролю і керування системи (використовуються при відмовах системи або в аварійній ситуації) необхідно виділяти розташуванням, розмірами, формою, кольором або іншим способом. Спеціальні сигнали (попереджувальні, аварійні, непланової зміни стану і т. п.) повинні відрізнятися більшою інтенсивністю (на 30-40%) в порівнянні з сигналами нормального режиму або бути переривчастими (з частотою миготіння 3-5 Гц і тривалістю сигналу не менше 0,05 с).

З'єднувальні лінії на мнемосхемі мають бути суцільними, простої конфігурації, мінімальної довжини і мати найменше число перетинів. При роботі з мнемосхемами, які мають значні розміри, необхідно враховувати те, що граничними кутами огляду фронтальної площини мнемосхеми мають бути: по вертикалі не більше 90°; по горизонталі не більше 90° (по 45° в кожную сторону від нормалі до площини мнемосхеми).

Кольорове кодування елементів екранних мнемосхем повинне виконуватися в наступних кольорах: червоному, жовтому, зеленому, блакитному (синьому) і білому. При нормальній роботі системи і справності усіх її елементів колір представлених на екрані елементів мнемосхеми має бути зеленим. Колір елементів мнемосхеми на екрані, які з часом втратили своє значення для оператора (наприклад, з'єднувальні лінії магістралей, що йдуть від повністю вироблених

паливних баків літака, мають бути білими). В якості фону мнемосхем рекомендується застосовувати малонасичені кольори середньої частоти спектру.

При проектуванні мнемосхем розробляють зазвичай декілька варіантів. Оптимальний варіант вибирають шляхом лабораторного експерименту (моделюють на ЕОМ діяльність оператора з різними варіантами мнемосхеми). Критеріями оцінки служать час рішення завдань і число допущених помилок.

Карта – являє собою комбінацію зображення, графічних і знакових компонент. При побудові карт широко використовуються кодування площею, кольором, умовними знаками, буквами і цифрами. Зазвичай карта використовується як статична модель. Проте сучасна техніка дозволяє відображати за допомогою карт і динаміку об'єктів (наприклад, метеорологічних умов).

Різновиди карт так само, як і мнемосхем, дуже різноманітні і так само, як і мнемосхеми, в інженерно-психологічному плані вивчені ще недостатньо. Серед картографічних творів назовемо рельєфні карти (об'ємне тривимірне зображення місцевості), фотокарти (поєднуючі карти з фотопланами), блок-діаграми (зображення поверхні сполучене з подовжніми і поперечними вертикальними розрізами), атласи (систематичні зібрання карт, виконаних за загальною програмою, як єдиний цілісний твір).

Дослідження показують, що читання карти є складною роботою, і її ефективність залежить від множини чинників, передусім, таких, як запас знань спостерігача про об'єкти, що відображаються, диференційованість і рухливість просторових представлень, навички поетапного аналізу картографічного відображення.

Ефективність і надійність операцій прийому і переробки картографічної інформації залежать від таких характеристик карти, як її мірність (2D, 3D), масштаб, особливості використовуваної координатної сітки, кольорові і світлотіньові співвідношення елементів, тип і форма ліній, умовних знаків і т. д. Усі ці характеристики вимагають спеціального психологічного дослідження.

Останніми роками за допомогою сучасних інформаційних технологій створюються 3D карти, які містять чотири рівні деталізації: від грубих моделей до повного фотореалізму. Наприклад, найбільшими виробниками карт для навігаційних пристроїв Tele Atlas (належить TomTom) і NAVTEQ (належить Nokia) розроблений і

впроваджується новий продукт під назвою Advanced City Models. До 2010 року у складі продукту розроблено 100 3D-моделей мегаполісів Азії і Північної Америки (рис. 4.18). Компанія Google вже уклала договір з Tele Atlas на використання цих 3D-моделей в програмних продуктах для мобільних і настільних платформ.



Рисунок 4.18 – Приклад Advanced City Models компанії Tele Atlas

Стрілкові контрольно-вимірювальні прилади – один з найбільш поширених і вивчених видів ІМ [3, 4, 5, 10]. Він є комбінацією знакового (цифрового) і графічного способів відображення інформації. Стрілкові індикатори зазвичай використовуються при зчитуванні кількісних і якісних показників, перевірконому (контрольному) читанні, порівнянні показників.

Швидкість і точність зчитування показань багато в чому залежать від форми шкали і того, з якої ділянки шкали ведеться зчитування. Б. Слейтом встановлено, що найточніше читаються показання лічильників (“відкрите вікно”), потім слідують кругові, напівкругові, горизонтальні і, нарешті, вертикальні шкали (рис. 4.19).

В дослідженнях, які проводились пізніше було виявлено, що круглі шкали дають кращі результати при зчитуванні показань з

центрального верхнього сектора, а горизонтальні – з центральної частини шкали (тут вони перевершують круглі); по мірі наближення до країв цих шкал швидкість і точність зчитування значно спадають. Форму шкали треба вибирати з урахуванням характеру інформації, для якої вона призначена.

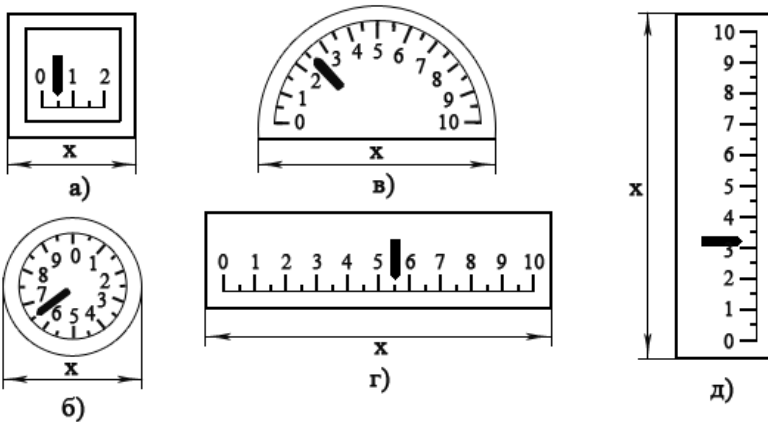


Рисунок 4.19 – Форма шкал: а) – лічильник («відкрите вікно»); б) – кругова шкала; в) – напівкругова шкала; д) – вертикальна шкала; е) – горизонтальна шкала; х – розмір шкали.

Крім того швидкість та точність зчитування стрілкових індикаторів залежить від: конструктивних особливостей індикатора; розміру шкал та інтервалів між позначками; шрифту цифр; освітлення і контрастності; відстані оператора до пристрою. Так, при коротких експозиціях (менше 0,5 с) точніше читаються показання приладу з рухомою шкалою і нерухомою стрілкою. Зі збільшенням експозиції перевагу мають прилади з нерухомими шкалами і рухомими стрілками.

Шкали приладів градуюють штриховими відмітками визначених розмірів. Розрізняють головні, середні та малі відмітки. Точність зчитування зростає зі збільшенням інтервалу між відмітками, але лише до певної межі. Оптимальна довжина інтервалу між головними відмітками – 12,5-18 мм, а малими – 1,5 мм (дистанція спостереження 750 мм). Збільшення числа малих відміток призводить до зниження

швидкості і точності зчитування. Щоб підвищити надійність розрізнення, мінімальна ширина штрихів, на думку багатьох авторів, має бути в 1,5-2 рази більше за порогову. Так, при дистанції спостереження 100 см при нормальному освітленні мінімальна ширина штриха має бути 0,44-0,58 мм. Оцифровані штрихи повинні бути в 2-4 рази товще і в 2-2,5 рази довше за мінімальні. Співвідношення ширини малих штрихів до їх висоти – від 1: 4 до 1:6.

Експериментально доведено, що клиновидна стрілка має переваги перед іншими. На точність зчитування впливає ширина стрілки. Чим вона вужче, тим менше виникає помилок при оцінці показань приладів. Кінець стрілки не має бути ширше за відмітки на шкалі і повинен доходити до найменшої відмітки шкали, але не перекривати її. Бажано, щоб стрілка по усій довжині мала один колір.

Залежність між діаметром шкали і точністю зчитування показань не є лінійною. Проведені експерименти дали різні результати відносно оптимального діаметру шкали. За даними [4] немає істотної різниці в точності зчитування показань шкал діаметром від 35 до 70 мм. При зменшенні діаметру до 17-18 мм і менше швидкість і точність зчитування значно погіршується. Те ж саме спостерігається і при збільшенні діаметру шкали до 120-150 мм.

В.І. Уайт, використовуючи прилади діаметром 25, 44 і 70 мм дійшов висновку, що оптимальним для дистанції спостереження 750 мм являється діаметр 44 мм. На думку А. Чапаніса, краще всього читаються шкали, що мають діаметр 75 мм. Неспівпадань даних, отриманих різними авторами, пояснюється тим, що їх експерименти проводилися не в тотожних умовах. За даними експериментів можна зробити висновок, що ефективність читання визначається не діаметром індикатора, а кутовими розмірами. Оптимальні кутові розміри діаметру шкали знаходяться в межах 2,5-5°.

Цифри на шкалу слід наносити прямими лініями і тільки біля головних відміток. Вони мають бути простими, без прикрас. Точність зчитування цифр залежить від співвідношення висоти, ширини і товщини цифри. На товщину впливають освітлення і контрастність; оптимальне відношення товщини обвідки до висоти цифр при дифузному освітленні білих цифр на чорному фоні складає 1:10, а при такому ж освітленні чорних цифр на білому фоні – 1:6. Співвідношення ширини і висоти повинне складати 2:3. Відстань між цифрами повинна дорівнювати половині ширини цифри.

При конструюванні і розміщенні стрілкових індикаторів необхідно враховувати наступні основні вимоги [4]:

- стрілкові індикатори на панелі слід встановлювати в площині, перпендикулярній лінії погляду;
- цифри мають бути нанесені на шкали вертикально; значення цифрових показників на круглих шкалах повинне зростати за годинниковою стрілкою;
- найкращими є шкали з ціною ділення 1,5, 10;
- для шкал, що встановлені на одній панелі, необхідно вибрати однакову систему ділення і однакові цифри;
- за умови одночасного контрольного зчитування з декількох приладів, їх стрілки встановлюються так, щоб вони мали однаковий напрям;
- для полегшення контрольного зчитування робочі та критичні діапазони слід виділяти кольором.

Експериментально доведено, що навичка читання стрілкових приладів формується у міру тренування оператора.

Лічильники – використовуються для отримання кількісних даних, у випадках, коли потрібна швидка і точна індикація. Їх слід розміщувати якомога ближче до поверхні панелі, щоб звести до мінімуму *паралакс* (від грецького “паралаксис” – відхилення – видима людиною зміна положення предмета внаслідок переміщення очей спостерігача, наприклад рух хвилинних стрілок настінного годинника) і тіні, забезпечити максимальний кут бачення. При послідовному зчитуванні цифри повинні слідувати одна за одною, але не частіше двох за 1 с.

Показання лічильників, що використовуються для індикації послідовності роботи устаткування, повинні скидатися автоматично після закінчення роботи. Необхідно передбачити можливість ручного скидання. Доцільний високий кольоровий контраст цифр і фону (чорні цифри на білому фоні і навпаки).

4.4 Методика проектування інформаційних моделей

Аналіз джерел [1, 2, 4, 5] показав, що порядок роботи при побудові ІМ, як правило, наступний.

1. Визначення задач системи та черговості їх вирішення.

2. Визначення джерел інформації, методів вирішення задач, часу, необхідного на їх рішення, а також необхідної точності і безпомилковості.

3. Складання переліку типів ОКК, визначення їх кількості та параметрів роботи системи.

4. Складання переліку ознак (станів, параметрів і т.д.) ОКК різних типів.

5. Ранжування об'єктів і ознак за ступенем важливості, вибір критичних об'єктів і ознак, урахування яких необхідне першочергово.

6. Розподіл функцій між людиною і машиною, в тому числі:

- визначення числа рівнів керування і ступенів складності кожного з них з урахуванням психофізіологічних можливостей операторів;

- вибір типів ІМ на кожному з цих рівнів;

- визначення складу обладнання, можливих способів технічної реалізації ІМ.

7. Вибір системи і способів кодування ОКК, їх станів і ознак.

8. Розробка загальної композиції ІМ.

9. Визначення переліку виконавчих дій операторів, які необхідно здійснювати в процесі виконання завдання і після прийняття рішення.

10. Створення макета, який моделює можливі інформаційні ситуації, перевірка ефективності обраних варіантів ІМ і систем кодування інформації за критеріями безпомилковості, швидкодії, точності і напруженості роботи оператора.

11. Зміна за результатами експериментів композиції ІМ і систем кодування, перевірка ефективності кожного нового варіанту на макеті.

12. Визначення на макеті рівня професійної підготовки операторів і його відповідності заданому.

13. Складання інструкцій роботи операторів в системі керування.

Після вибору та перевірки оптимального варіанту ІМ і системи кодування інформації можна починати інженерне проектування ЗВІ.

4.5 Приклади та ілюстрації

Приклад 1. Розрахунок характеристик двійкового кодування алфавіту елементів ІМ.

Завдання: Визначити мінімальне число розрядів, необхідне для двійкового кодування алфавіту елементів ІМ, що включає 32 літери російського алфавіту і 10 арабських цифр, що відображаються в трьох кольорах. Розрахувати інформаційну ємність екрану монітора персонального комп'ютера, що працює в стандартному текстовому режимі 80x25 (80 стовпців і 25 рядків), 16 кольорів.

Розв'язок: У відповідності з умовою задачі маємо $N_{az}=42$, $N_{an}=3$. Використовуючи співвідношення (4.2), отримуємо

$$n_a = [\log_2 42] + [\log_2 3] = [5,4] + [1,58] = 6 + 2 = 8$$

Таким чином, при поданні елементів алфавіту ІМ двійковим кодом число його розрядів $n_a = 8$, розрядність двійкових кодів знаків $n_{az} = 6$, розрядність двійкових кодів ознак $n_{an} = 2$.

Визначаємо основу коду повного алфавіту ІМ за формулою (4.3)

$$N_a = N_{az} N_{an} = 42 \cdot 3 = 126$$

Загальне число символів, що виводяться на екран

$$N_k = N_{zmc} N_{mc} = 80 \times 25 = 2000$$

Інформаційну ємність екрану визначимо за формулою (4.5)

$$I = N_k \log_2 N_a = 2000 \log_2 126 \approx 13\,955 \text{ бит}$$

Приклад 2. Організація інформаційного поля.

Завдання: Проектується табло відображення стану каналів зв'язку. Елементами сигналізації стану каналів зв'язку вибрані індикатори розміром 25 x 25 мм, відстань між ними 10 мм. При виході каналу з ладу включається звуковий сигнал, а відповідний індикатор загоряється миготливим світлом з частотою 6,5 Гц. Оператор розташовується на відстані 60 см від табло. Час фіксації загоряння (згасання) індикатора $t_\phi = 0,28$ с. Потрібно визначити, за станом якої кількості каналів зв'язку може слідкувати оператор, якщо за умовами протікання процесу керування оператор повинен знайти вихід каналу зв'язку з ладу не більше ніж через 5 с після його виникнення.

Розв'язок: Для вирішення задачі необхідно скористатися формулою (4.7). Однак перш необхідно визначити, чому дорівнює в даних умовах обсяг зорового сприйняття. Для цього знайдемо лінійні розміри площадки, обмеженої об'ємом фіксації 15°. З формули (2.1) маємо

$$h = 2l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 60 \operatorname{tg} \frac{15}{2} = 15,8 \text{ см}$$

Оскільки кожен індикатор займає розмір $2,5 + 1,0 = 3,5$ см, на площадці розміром $15,8 \times 15,8$ см може бути розташовано 20 таких індикаторів. Проте обсяг фіксації не може перевищувати 8 елементів, тому в даному випадку $a = 8$. Тривалість фіксації визначається періодом мерехтіння індикатора $T_u = 0,15$ с, значенням часу фіксації загоряння (згасання) індикатора $t_\phi = 0,28$ с і становить у сумі $0,43$ с. Виходячи з формули (4.7) маємо

$$N = a \left[\frac{\tau_{un}(M + 1)}{\tau_\phi} - 1 \right] = 8 \left[\frac{5(1 + 1)}{0,43} - 1 \right] = 178$$

Отже, для виконання зазначеної вимоги ($\tau_{un} < 5$ с) на табло контролю має бути розташоване не більш 178 індикаторів.

Приклад 3. Оптимальне кодування.

Завдання: Нехай є вісім видів літаків, за якими веде спостереження оператор. Вірогідність появи об'єктів кожного класу рівні.

1. Побудувати алфавіт сигналів, що передають інформацію про літаки людині-оператору.

2. Модернізувати побудований алфавіт для передачі інформації про належність "свої" і "чужі". Для чужих об'єктів передбачити розрізнення на дві підгрупи по злітній масі - першого класу (75 т і більше) і третього класу (від 10 до 30 т).

Рішення: Для виконання першого завдання, дотримуючись теорії інформації, можна використовувати код, що включає два символи, наприклад цифри 0 і 1, або два рівня яскравості, які добре розрізняються і точно розпізнаються, частоти миготіння, дві геометричні фігури і т. д. Тоді літак кожного виду може бути відображений за допомогою трьох символів, наприклад, "000", "100" або "три кола", "один квадрат і два кола" і т. д. Однак, у цьому випадку декодування інформації кожен раз буде пов'язано з необхідністю оцінки послідовності символів. Спростимо завдання, замінивши вісім комбінацій, що включають по три символи, вісьмома самостійними символами. У цьому випадку будуть прийнятні не всі способи візуального кодування, так як оптимальне число точно ідентифікованих градацій багатьох ознак візуального сигналу менше восьми. Наприклад, не можна використовувати

яскравість, число точок, довжину ліній, але успішно можуть бути використані умовні знаки, геометричні фігури, букви і цифри (рис. 4.20).

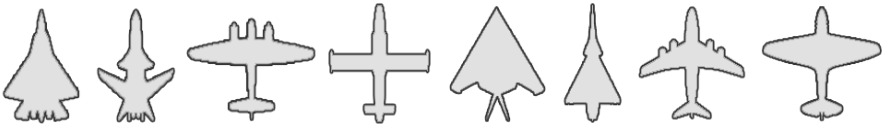


Рисунок 4.20 Приклад алфавіту, для відображення інформації щодо восьми типів літаків

Для виконання другого завдання будемо виходити з наступного. При порівняно невеликих обсягах інформації, переданої оператору, доцільно кожен вид відображуваних об'єктів позначати самостійним символом. Але чим більше число видів, а отже, і символів, тим важче забезпечити їх добру розрізненість і розпізнаваність і тим більше часу буде потрібно для навчання оператора. Для подолання цих труднощів перейдемо до багатовимірного кодування. При цьому кожен з ознак об'єкта позначимо певним кодом. Наприклад, приналежність - кольором, або буквою, або типом лінії, штрихуванням, злітну масу - площею, або цифрою і т. д. Тоді для позначення всіх класів потрібно вісім умовних знаків, що розрізняються не тільки формою, але також кольором і величиною.

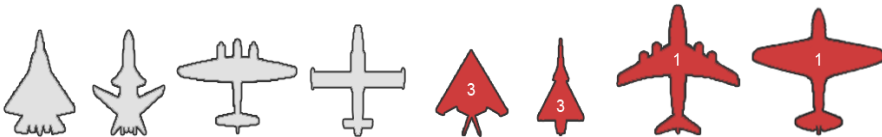


Рисунок 4.21 Приклад модернізованого алфавіту

4.6 Завдання для самостійної роботи

Завдання 1. Побудувати алфавіт сигналів зорової модальності для ІМ диспетчера залізничного вузла. ІМ повинна відображати наступну інформацію:

- кількість шляхів (4);

- види локомотивів, що прибувають на кожен шлях і розрізняються за типом енергетичної установки (тепловози, електровози, контактньо-акумуляторні електровози і електротепловози);
- види локомотивів, що прибувають на кожен шлях і розрізняються за родом служби (електровози - вантажні, пасажирські, тепловози - вантажні, пасажирські та маневрові).

Завдання 2. Визначте клас ІМ і види алфавіту для наступних прикладів (рис. 4.22 і рис. 4.23).

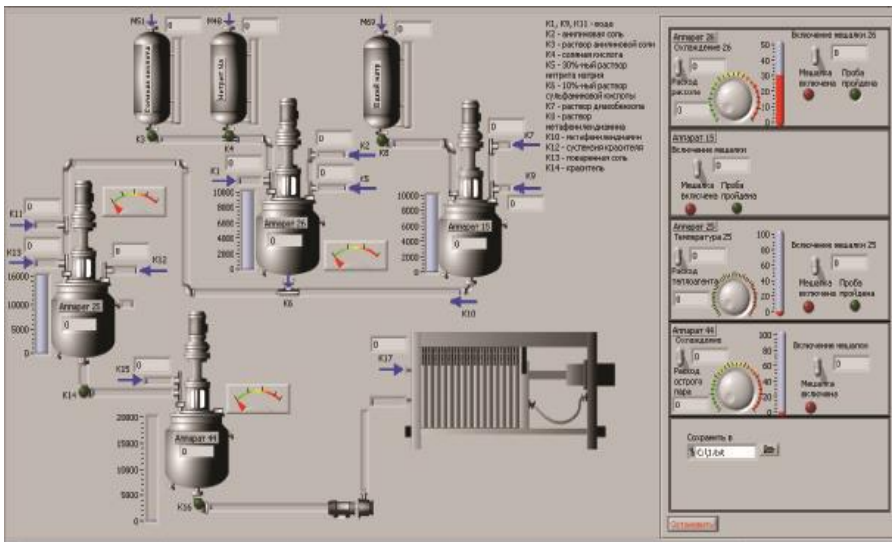


Рисунок 4.22 – Інформаційна модель. Приклад 1

Завдання 3. Табло відображення стану каналів зв'язку має 100 сигнальних індикаторів. Розміри кожного індикатора 25 x 25 мм, відстань між індикаторами дорівнює 15 мм. Оператор знаходиться на відстані 60 см від табло. При виході з ладу каналу зв'язку включається звуковий сигнал, а відповідний індикатор загоряється миготливим світлом з частотою миготіння 5 Гц.

Знайти середній час пошуку індикатора каналу, що вийшов з ладу.

Завдання 4. Загальна освітленість в кабіні РЛС становить 5 лк, освітленість на робочому місці оператора - близько 25 лк, яскравість

світіння екрана РЛС - 30 кд/м². Діаметр позначки, що спостерігається оператором на екрані, дорівнює 2 мм, а її яскравість - 85 кд/м². Очі оператора знаходяться на відстані 45 см від екрана.

Чи будуть забезпечені нормальні умови для зчитування інформації з екрана РЛС?

Рекомендації. При виконанні завдання необхідно використовувати дані з оптимального контрасту і освітленості наведені в [6].

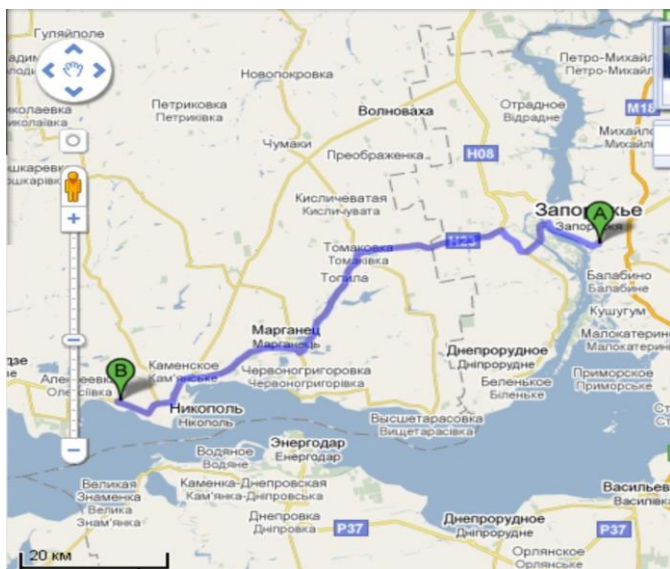


Рисунок 4.23 – Інформаційна модель. Приклад 2

Завдання 5. Визначити оптимальний за швидкістю і точністю зчитування показань варіант спідометра автомобіля (рис. 4.24). Дистанція спостереження 75 см. Діаметр шкали кожного індикатора прийняти 70 мм.

Завдання 6. Оператор знаходиться на відстані 2м від табло контролю стану об'єктів керування. На кожному з індикаторів табло висвічується один умовний знак.

На якій відстані один від одного слід розташувати індикатори, щоб час інформаційного пошуку був мінімальним? Як і чому

зміниться час пошуку, якщо індикатори розташувати на більшій або меншій відстані один від одного в порівнянні з отриманим оптимальним значенням?



а)



б)



в)



г)

Рисунок 4.24 – Приклади шкал автомобільних спідометрів

Завдання 7. Зміна стану об'єкта фіксується включенням відповідного індикатора. Світіння індикатора – переривчасте, з частотою 4 Гц. Задача оператора – у мінімально можливий час виявити індикатор, що миготить. На даному пульті керування

проведено експериментальне дослідження часу інформаційного пошуку (виявлення індикатора, що миготить). Отримано такі дані часу інформаційного пошуку (у мс):

1120	620	540	970	750	920	830	1030	610	570
580	960	570	830	990	670	940	780	920	830
560	680	720	670	1080	580	610	550	1100	950

Знайти теоретичне (розрахункове) значення математичного очікування часу пошуку. Перевірити, чи підтверджуються результати розрахунків експериментальними даними.

Завдання 8. Розробити багатовимірний звуковий вид алфавіту для ІМ оператора АСКТП. Оператор за допомогою ІМ здійснює контроль і керування шістьма об'єктами. Перший і другий об'єкт у ході техпроцесу переміщуються. Кодування звуком в ІМ має використовуватися у разі переходу будь-якого з об'єктів в небезпечний або аварійний стан. За допомогою звукового сигналу оператор також має отримувати таку інформацію про об'єкти, що рухаються: ідентифікація об'єкта (№ 1 або № 2); характер їх руху (прискорення, уповільнення); напрямок руху. У якості сигналізатора використовується гудок.

4.7 Контрольні запитання

1. Що таке концептуальна модель?
2. Яким основним вимогам повинна задовольняти інформаційна модель?
3. Які основні характеристики інформаційних моделей?
4. Які інформаційні моделі найбільш ефективні – суцесивні або симультанні?
5. Які рівні часової розгортки розрізняють в інформаційних моделях?
6. Що таке зона ясного бачення?
7. Що необхідно враховувати при прийнятті рішень щодо просторової організації інформаційних моделей?
8. Що таке алфавіт або категорія кодування?
9. Які види модальностей сигналів використовуються в сучасних СЛТС?

10. У яких випадках рекомендується використання слухової модальності?

11. Які недоліки слухового аналізатору?

12. Які недоліки зорового аналізатору?

13. Що необхідно враховувати при виборі виду алфавіта?

14. Які існують категорії кодування зорової інформації?

Наведіть приклади.

15. Як вибрати оптимальний код?

16. Що таке основа коду?

17. Які сигнали більш ефективні з точки зору швидкості та надійності прийому інформації оператором – одномірні чи багатомірні? Наведіть приклади багатомірних сигналів.

18. Які проблеми виникають при побудові багатомірних сигналів?

19. Від чого залежить припустима довжина коду для кожного виду алфавіту?

20. Що таке міра абстрактності коду?

21. Які існують вимоги до побудови кодових знаків?

22. Які основні правила компонування знакової інформації?

23. Що таке формуляр?

24. У чому різниця між індуктивним і дедуктивним способами побудови знакових алфавітів?

25. Як розрізняються знаки за складністю? Наведіть приклади.

26. Які фігури належать до простих?

27. Які фігури розрізняються краще – трикутник або квадрат?

28. У яких випадках використовують кодування числом точок або геометричних елементів? Наведіть приклади.

29. У яких випадках використовують кодування типом лінії?

30. Які недоліки кодування розміром?

32. У яких випадках використовують ширину лінії?

33. Які види алфавіту можуть використовуватися при кодуванні просторовою орієнтацією?

34. Які вимоги до буквено-цифрових знаків?

35. Від яких факторів залежить ідентифікація цифр і букв?

36. Яке число точно ідентифікуємих сигналів по кольорному тону?

37. Які оптичні явища та ефекти треба враховувати при кодуванні кольором?

38. Яка оптимальна довжина алфавіту при кодуванні яскравістю?
39. У якому інтервалі людина спроможна відносно точно оцінювати частоту миготінь?
40. Які основні вимоги до кодування звуковими сигналами?
41. У яких межах повинна бути частотна характеристика тональних сигналів?
42. Які основні вимоги до кодування мовними сигналами?
43. Які існують класи інформаційних моделей?
44. Які існують види зображень?
45. Які існують види знакових моделей?
46. У яких випадках використовується технологія eye-tracking?
47. Які недоліки технології eye-tracking?
48. Що таке інформаційна ємність знакового табло?
49. Що таке коналог? Назвіть види діяльності де використовуються коналоги.
50. У яких випадках використовують мнемосхеми?
51. На яких принципах базується розробка мнемосхем?
52. Які основні вимоги необхідно враховувати при розробці мнемосхем?
53. Від чого залежить швидкість і точність зчитування показань стрілкових приладів?
54. Чи існує оптимальний діаметр шкали стрілкових приладів?
55. Які основні вимоги необхідно враховувати при конструюванні та розташуванні стрілкових приладів?
56. Що необхідно враховувати при роботі з лічильниками?
57. Який порядок роботи при побудові інформаційних моделей?

ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Зинченко В.П. Основы эргономики / В.П. Зинченко, В.М. Мунипов. – М.: МГУ, 1979. – 344 с.
2. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: исследование, проектирование, испытание. Справочник / А. Н. Адаменко, А. Т. Ашеро́в, И. Л. Бердников и др.; под общ. ред. А. И. Губинского. – М.: Машиностроение, 1993 – 528 с.
3. Литвак И.И. Основы построения аппаратуры отображения в автоматизированных системах / И.И. Литвак, Б.Ф. Ломов, И.Е. Соловейчик – М.: Сов. Радио, 1975. –352 с.
4. Мунипов В.М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник / В.М. Мунипов, В.П. Зинченко. – М.: Логос, 2001. – 356 с.
5. Эргономика: принципы и рекомендации. Методическое руководство. – М.: ВНИИТЭ, 1983. – 184 с.
6. ГОСТ 21786-76 Система «человек-машина». Сигнализаторы звуковые неречевых сообщений. Общие эргономические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.
7. Зинченко В.П. Образ и деятельность / В.П. Зинченко. – Воронеж: НПО «МОДЭК», 1997. – 608 с.

Додаткова література

8. Костюк В.И., Хо́даков В.Е. Системы отображения информации и инженерная психология / В.И. Костюк, В.Е. Хо́даков.– К.: Вища школа, 1977. – 192 с.
9. Котик М. А. Курс инженерной психологии / М. А. Котик. – Таллин: Валгус, 1978. – 364 с.
10. Ломов Б.Ф. Человек и техника / Б.Ф. Ломов. – М.: Сов. Радио, 1966. – 463 с.