

ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Возна Наталія Ярославівна

УДК 681.325.36

**ФОРМУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ  
СТРУКТУРИЗОВАНИХ ДАНИХ В БАГАТОРІВНЕВИХ  
РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ**

05.13.05 - "Комп'ютерні системи та компоненти "

Дисертація на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Науковий керівник  
Николайчук Ярослав Миколайович  
доктор технічних наук, професор

Тернопіль-2009

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	
СИСТЕМНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИЗОВАНИХ ДАНИХ В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ.....	16
1.1. Аналіз та обґрунтування вибору багатоканальних аналого-цифрових кодерів технологічних даних на низових рівнях РКС.....	16
1.2. Формування та задачі оптимізації кодування техніко-економічних даних.....	25
1.3. Аналіз апаратно-програмних засобів вводу алфавітно-цифрових даних....	30
1.4. Формалізація потоків СД в комп'ютерних системах на основі матричних моделей руху даних.....	34
1.5. Методи формування та організації руху структуризованих даних в РКС та постановка задачі дослідження.....	44
ВИСНОВКИ.....	53
РОЗДІЛ 2	
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ СД В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ.....	55
2.1. Систематизація та дослідження асимптотики продукційних моделей об'єктів управління як джерел інформації.....	55
2.2. Теоретичне обґрунтування та розробка методів формування СД в базисах Крестенсона та Галуа.....	64
2.3. Дослідження стратегій та аналіз ефективності вдосконалення РКС на основі законів доцільності.....	73

2.4 Розробка критеріїв ефективності та дослідження системних характеристик клавіатур для вводу алфавітно-цифрових даних.....	81
2.5 Розробка принципів та дослідження методів синтезованого формування алфавітно-цифрових даних.....	87
ВИСНОВКИ.....	92
РОЗДІЛ 3	
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ДАНИХ В КС НА ОСНОВІ БАГАТОРІВНЕВИХ МАТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ.....	94
3.1. Формалізація атрибутів та характеристик багаторівневих матричних моделей руху даних.....	94
3.2. Формалізація алгоритмів побудови сукупності похідних моделей руху даних БДМММРД .....	100
3.2.1. Багаторівнева модель "граф – розгалужене дерево".....	100
3.2.2. Багаторівнева інтегрована модель "граф – розгалужене дерево"....	102
3.2.3. Параметрична часова модель багаторівневої КС.....	103
3.2.4. Структурно-часова модель багаторівневої КС.....	106
3.2.5. Багаторівнева модель "мережевий графік".....	108
3.2.6. Модель "суміщений часовий граф" багаторівневої КС.....	110
3.2.7. Модель "блок-схема алгоритму" руху даних багаторівневої РКС.....	111
3.3. Розробка та дослідження ефективності розподілених інформаційних систем на основі диференційованих епюр собівартості циклів руху даних.....	114
3.4. Інформаційна технологія побудови епюр ступеня використання ресурсів в активних вузлах багаторівневих РКС.....	120

3.5. Вдосконалення інформаційної технології побудови	
граф-алгоритмічних моделей багаторівневих РКС.....	122
3.6. Обґрунтування критеріїв та дослідження ефективності	
представлення сукупності МРД складних багаторівневих РКС.....	128
ВИСНОВКИ.....	137
РОЗДІЛ 4	
РОЗРОБКА, РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ	
АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ФОРМУВАННЯ СД В	
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ.....	139
4.1. Реалізація принципів синтезованого вводу алфавітно-цифрових даних	
та формування потоку структуризованих даних на низових рівнях	
системи контролю зберігання та обліку руху нафтопродуктів	
“АСУ резервуарних парків НПЗ”.....	139
4.2. Розробка синтезованої клавіатури формування алфавітно-цифрових	
даних.....	141
4.3. Розробка та апробація в промисловості мобільного адаптера СД.....	147
4.4. Програмні засоби інтерфейсу користувача побудови моделей та епюр	
руху даних багаторівневих РКС.....	151
4.5. Програмне забезпечення взаємодії мобільного адаптера СД	
з елементами промислової мережі.....	152
ВИСНОВКИ.....	154
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	155
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	157
ДОДАТКИ.....	173

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АС - автономний сенсор;  
АЦК - аналого-цифровий кодер;  
АЦП - аналого-цифровий перетворювач;  
БАЦК – багатоканальний аналого-цифровий кодер;  
БАЦП – багатоканальний аналого-цифровий перетворювач;  
БМММРД – багаторівнева модифікована матрична модель руху даних;  
ДІ – джерело інформації;  
ЕРД – епюри руху даних;  
ЕСВР – епюри ступеня використання ресурсів;  
ІТ – інформаційна технологія;  
КНМ - контролери низових мереж;  
КС – комп’ютеризована система;  
ЛСІМ – логіко-статистичні інформаційні моделі;  
ММ – матрична модель;  
ММРД – матрична модель руху даних;  
МРД – модель руху даних;  
НОМ – низова обчислювальна мережа;  
ОУ – об’єкт управління;  
ПНЧ - перетворювач напруга-частота;  
ПФІ - перетворювач форми інформації;  
РКС – розподілена комп’ютеризована система;  
СД – структуризовані дані;  
СЗК – система залишкових класів;  
СКС – спеціалізовані комп’ютерні системи;  
ТЕД - техніко-економічні дані;  
ТЕП – техніко-економічні показники;  
ТЧБ – теоретико-числовий базис.

## ВСТУП

Сьогодні високорозвинені країни світу перебувають у стадії переходу до постіндустріальної фази свого розвитку – інформаційного суспільства, основою якого стане глобальна інформаційна інфраструктура. При цьому спостерігається стрімкий розвиток та вдосконалення інформаційних технологій збору, формування, передавання, опрацювання, перетворення, захисту та зберігання інформаційних даних [1, 2, 3, 4].

Значну роль в успішному вирішенні даної проблеми посідає досвід розробки та застосування розподілених комп'ютерних систем [5-8]. Розподілені комп'ютеризовані системи передбачають формування та обробку інтенсивних потоків інформаційних даних в реальному масштабі часу. До складу таких даних входять техніко-економічні показники (ТЕП), діагностичні, технологічні та технолого-економічні дані, а також моделі джерел інформації, фрейми та моделі руху даних (МРД), які складають основу розподіленого руху потоків даних, що описуються мережами Петрі та матричними моделями (ММ) [6-9].

Технологічні дані, що формуються на рівні сенсорів спеціалізованих та універсальних комп'ютерних засобів у вигляді структуризованих фреймів [10-12], використовуються на різних рівнях розподіленої комп'ютерної системи для представлення даних операторам, їх передавання по каналах зв'язку, формування архівів баз даних та знань, а також управління виробничими процесами в реальному масштабі часу. Моделі об'єктів управління джерел інформації (ДІ), побудовані на основі структуризованих даних (СД), використовуються для аналізу відхилень технологічних процесів від норми, виявлення передаварійних та передбачення аварійних ситуацій, стиснення даних, їх захисту від помилок та несанкціонованого доступу. При цьому обґрунтування теоретичних положень, методологія та інформаційна технологія формування СД є однією з найактуальніших науково-дослідних задач.

Аналіз світових тенденцій розвитку розподілених комп'ютерних систем показує, що їх системні функції все більше охоплюють не тільки задачі формування та управління потоками даних, але і задачі штучного інтелекту, прийняття рішень, створення баз знань та ін. Тому розподілені комп'ютерні системи починають класифікуватися як розподілені комп'ютеризовані системи (ркс) [1]. Інтенсивний розвиток комп'ютерної техніки, засобів програмування та телекомунікаційних систем [13-16] дозволяє в даний час максимально автоматизувати процеси формування, перетворення, передавання, цифрової обробки, архівізації та використання даних в ркс. Зростання об'ємів потоків інформаційних даних на сучасних виробництвах не зменшує актуальність класичних задач оптимізації методів формування сд шляхом ефективного кодування даних, зменшення їх надлишковості, захисту від помилок та несанкціонованого доступу, а також підвищення ефективності методологій і технічних засобів вводу, відображення та їх цифрової обробки [17-19].

**Актуальність теми.** В умовах інтеграції України до світової економіки перед державою та науковцями стоять великі завдання суттєвого зниження затрат та енергоємності промислового виробництва. Одним з недоліків сучасних комп'ютеризованих систем є просторова та часова роздільність інформаційних потоків технологічно-економічних та собівартісних даних, а також практична відсутність інформаційної технології побудови багаторівневих моделей руху даних комп'ютеризованих систем.

Тому задача підвищення ефективності та оптимізації параметрів методів формування, перетворення та організації руху структуризованих даних є актуальною.

Вирішення такої задачі на основі нових методів та апаратно-програмних засобів вводу технологічно-економічних даних на основі їх структуризованого подання у вигляді фреймів дозволяє суттєво підвищити оперативність системного контролю та діагностики відхилень технологічних та собівартісних станів промислових об'єктів від норми. Особливо це стосується технологічних процесів, що характеризуються квазістаціонарними характеристиками. Врахування

економічних факторів зміни витрат на реалізацію технології виробництва, оперативний розрахунок очікуваних прибутків чи збитків на основі оперативного формування та використання СД є важливою практичною та соціально-економічною задачею.

Важливою науково-прикладною задачею при створенні та широкомасштабному впровадженні методів формування СД є розвиток ефективних методів сумісного кодування технолого-економічних даних на основі СД та апарату матричних моделей руху даних (ММРД) [20, 21]. Традиційно в багатьох наукових школах (українських та зарубіжних) дана проблема вирішується на основі теоретико-числового базису Радемахера (двійкової системи числення), що в значній мірі привело до практичного насичення методології та можливостей вдосконалення існуючих методів формування структуризованих даних. Успішне вирішення названого класу задач може бути досягнуто за рахунок раціонального використання математичного апарату та системних можливостей інших теоретико-числових базисів (ТЧБ), наприклад: Хаара, Крейга, Уолша, Крестенсона, Галуа [22-24], а також розробки ефективних інформаційних технологій організації руху даних на основі багаторівневих ММ та ЕПОР собівартості [25-27].

В даній роботі викладені результати теоретичних та експериментальних досліджень методів формування та організації руху інформаційних потоків, а також вдосконалення засобів вводу алфавітно-цифрових та структуризованих даних на низових рівнях РКС. При цьому основним критерієм доцільності та практичної значимості запропонованих рішень є системне зниження собівартості руху даних в проєктованих та діючих комп'ютеризованих системах (КС), підвищення ефективності функціонування КС реального часу та зниження собівартості виробництва, а в результаті - покращення економічних показників виробництва.

Сучасні КС реального часу базуються на широкому використанні програмно-апаратних засобів комп'ютерних систем та мереж. Аналіз світової практики застосування КС показує, що в загальному об'ємі інформаційних потоків, крім технолого-діагностичних, технолого-економічні дані займають



20-40%. Тому задача ефективного кодування СД, які об'єднують технологічні та ТЕП у вигляді фреймів, та моделювання їх руху в КС з врахуванням собівартісних характеристик є актуальною. Слід зауважити, що незважаючи на великі інтелектуальні можливості сучасних комп'ютерних систем, які характеризуються об'ємами пам'яті даних 2-20 Гбайт, високою швидкістю 0,5-2 Гбіт/с, потужними операційними системами Windows, Unix, Linux, а також великим пакетом прикладного програмного забезпечення, проблема ефективного формування СД в даний час ще не в повній мірі ефективно вирішена. Аналіз існуючих способів кодування СД показує їх еволюційний та евристичний характер. Тобто в СД ТЕП кодуються лінгвістичними текстовими аббревіатурами. При цьому об'єм СД, які циркулюють в комп'ютерній мережі, на 1-2 порядки більший по відношенню до власної ентропії джерел інформації. Тому розробка теоретичних основ побудови та створення каталогу формалізованих ідентифікаторів технолого-економічних даних дозволить суттєво зменшити об'єми потоків даних на низових рівнях РКС.

Другим важливим фактором оптимізації формування даних в КС є розвиток теорії джерел інформації (ДІ) та розробка нових технологій структурованого подання технологічних даних сумісно з собівартісними показниками та ідентифікації відхилень від норми. При цьому ефективно можуть бути використані принципи кодування в інших ТЧБ по відношенню до широко вживаного базису Радемахера, який представлений двійковою системою числення.

Наприклад, використання базису Крестенсона дозволяє реалізувати ефективну інформаційну технологію структуризації та сумісного кодування техніко-економічних, ідентифікаційних, логіко-статистичних та інших типів даних [28].

Значний вклад у розвиток названого напрямку вдосконалення інформаційних технологій формування та цифрової обробки даних внесли відомі зарубіжні вчені: К. Шеннон, Б. Гоулд, Ч. Рейдер, В. Фрітч, Л. Рабінер,

I. Уолш, Т. Харрісон, А.Н. Колмогоров, Дж. Мартін [29-36]. Успішному вирішенню задач вдосконалення методів формування СД на основі складних алгоритмів, що реалізуються в різних ТЧБ, та зростаючих потужностей периферійної мікропроцесорної техніки сприяють значні досягнення в теорії, техніці та широкомасштабному впровадженні сучасних комп'ютерних мереж [5, 7, 10, 16, 17, 19].

У зв'язку з освоєнням потужної комп'ютерної техніки в останні роки ефективно почали реалізовуватися складні алгоритми формування та цифрового оброблення інформаційних потоків даних на основі фундаментальних досліджень вчених-класиків України в галузі інформаційних технологій: А.А. Харкевича, В.М. Глушкова, О.В. Палагіна, В.П. Боюна, Б.М. Малиновського, Н.І.Алішева, Я.М. Николайчука [2, 5, 37-43].

Одним з перспективних напрямків розвитку теорії руху даних в КС є розробка ефективних засобів моделювання архітектур та процесів руху даних в КС на основі багаторівневих ММРД. Теоретичною основою для розвитку ефективного рішення такого класу задач необхідно відмітити роботи В.К. Стеклова, М.П. Дивака, В.М. Локазюка, І.Р. Пітуха, В.М.Томашевського [7, 8, 44-49].

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.**

Представлені в дисертації дослідження виконані в рамках плану наукових досліджень на факультеті комп'ютерних інформаційних технологій кафедрою спеціалізованих комп'ютерних систем Тернопільського національного економічного університету:

- за темою НДР "Розробка теорії, методології та побудови технічних засобів спеціалізованих комп'ютерних систем", № 0102U005764, СКС-63-02 "К" (2002-2006р.);

- Dynamically Reprogrammable Network Capable Application Processor with Internet Capability, №FSTMCRDF UKC2-005073-KV-07 (2007-2008р.)

### **Мета та завдання дослідження.**

Метою роботи є вирішення актуальної науково-технічної задачі розвитку методів та засобів формування СД та моделювання руху даних в РКС реального часу на основі ТЧБ та багаторівневих матричних моделей руху даних.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати методи формування СД та організації руху потоків даних у РКС, визначити перспективні методи їх структуризації у вигляді фреймів;

- розробити критерії оптимізації процесів формування алфавітно-цифрових, технолого-економічних та структуризованих даних;

- розробити метод синтезованого формування алфавітно-цифрових та структуризованих даних;

- розробити метод побудови сукупності багаторівневих моделей руху даних розподілених комп'ютеризованих систем реального часу на основі подальшого вдосконалення принципів формалізації атрибутів граф-алгоритмічних моделей руху даних та ідентифікованих епюр руху даних;

- формалізувати закони доцільності вдосконалення РКС та ідентифікованих циклів руху даних;

- розробити критерії та дослідити інформативність сукупності моделей руху даних РКС;

- розробити мобільні апаратно-програмні засоби синтезованого вводу СД для низових рівнів РКС.

Об'єкт дослідження – процеси синтезованого формування, перетворення, моделювання та організації руху СД у РКС реального часу.

Предмет дослідження – методи та апаратно-програмні засоби формування, перетворення та організації руху СД в РКС.

Методи дослідження. Основні наукові результати і висновки отримані на основі теорії інформації, теорії кодування, теорії моделювання складних систем

та теорії основ ТЧБ, методів формалізованого подання даних та законів доцільності вдосконалення комп'ютерних систем.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

1. Розроблено новий метод формування структуризованих даних на основі фреймів у базисі Крестенсона, які об'єднують технологічні, алфавітно-цифрові дані та моделі об'єктів управління, що дозволило зменшити об'єми інформаційних потоків, покращити характеристики їх обробки та формалізації моделей руху даних в розподілених комп'ютеризованих системах.

2. Вперше запропонований метод побудови багаторівневих моделей руху даних РКС реального часу, який характеризується розширеними функціональними можливостями ідентифікації руху даних в активних вузлах комп'ютерних систем, що дозволило покращити на 40% інформативність моделей руху даних проєктованих та діагностованих комп'ютерних систем.

3. Отримані аналітичні залежності та досліджена інформативність моделей руху даних багаторівневих РКС, що дозволило покращити ефективність проєктування та діагностування складних комп'ютерних систем.

4. Вперше розроблено метод синтезованого формування алфавітно-цифрових та структуризованих даних на основі критеріїв оптимізації характеристик засобів вводу даних, який дозволив підвищити ефективність формування даних більш, як в 2 рази на низових рівнях РКС та покращив параметри фреймів, які об'єднують технологічні та собівартісні показники технологічних процесів.

### **Практичне значення одержаних результатів**

1. Розроблено апаратно-програмні засоби формування СД на основі запропонованої синтезованої клавіатури, що дозволило майже на порядок знизити габарити, вартість, забезпечити мобільність та підвищити ефективність засобів формування даних на низових рівнях РКС.

2. Реалізовані методи та програмне забезпечення побудови багаторівневих ММРД, граф-алгоритмічних моделей та ідентифікованих циклів

руху даних КС, які дозволили покращити на 1-2 порядки оперативність та пришвидшити проектування складних багаторівневих РКС.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, впроваджено в "АСУ резервуарних парків НПЗ" (м. Київ), енергосистемах ВАТ ЕК "Львівобленерго" (м. Львів), а також при виконанні гранту Фонду цивільних досліджень США "Динамічно репрограмований мережевий прикладний процесор, здатний працювати в Інтернеті". Окремі теоретичні результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальний процес при викладанні дисципліни "Теорія проектування комп'ютерних систем та мереж" для спеціальності 7.091501 – комп'ютерні системи та мережі.

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні результати дисертаційного дослідження отримано автором особисто. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належить:

- глобальна архітектура низової обчислювальної мережі та таблиця взаємодії системних об'єктів з врахуванням середовища їх руху, а також атрибути моделей спеціалізованих комп'ютерних систем, які враховують їх моно- та поліфункціональність, що дозволило розширити функціональні можливості побудови матричних моделей КС шляхом врахування часу початку та тривалості формування обробки та приймання даних типу та собівартості реалізації функціональної операції в активних вузлах матричної моделі [21];

- класифікація та методологія побудови інформаційних моделей руху даних у вигляді вложений матричних моделей багаторівневих КС, що дозволило формалізувати та розробити інженерну технологію побудови сімейства багаторівневих моделей руху даних складних РКС, які включають новий клас граф-алгоритмічних моделей [127];

- запропонований критерій ефективності руху даних, який по відношенню до відомої оцінки одиниці руху даних враховує ступінь використання ресурсів в активних вузлах комп'ютерної системи, розроблена система атрибутів модифікованих матричних моделей руху даних, що дозволило побудувати новий клас багаторівневих моделей КС у вигляді епюр ступеня використання ресурсів,

що суттєво розширило функціональні можливості моделювання та діагностики характеристик РКС [138];

- запропонована систематизація системних оптимізаційних характеристик у вузлах двомірної матричної моделі РКС, що дозволило спростити та диференціювати етапи їх проектування та моделювання [139];

- класифікація законів доцільності вдосконалення законів РКС та виконана математична формалізація законів: фрактальності, Гроша, max прибутку та собівартості, що дозволило обґрунтувати необхідний ступінь підвищення системних характеристик проєктованих та модернізованих РКС [150].

### **Апробація результатів дисертації**

Основні результати дисертаційної роботи доповідались на:

- міжнародній конференції "Modern Problems of Telecommunications, Computer Science and Engineers Training". – Львів-Славське, 2002 ;

- міжнародній науково-практичній конференції „Автоматизація виробничих процесів”. – Хмельницький, 2002;

- VII міжнародній науково-технічній конференції CADSM 2003 „Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР в мікроелектроніці”. - Львів-Славське, 2003;

- міжнародній конференції „Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп’ютерної інженерії” TSET 2004. - Львів-Славське, 2004;

- VIII міжнародній науково-технічній конференції CADSM 2005 „Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР в мікроелектроніці”. - Львів-Поляна, 2005;

- четвертій міжнародній науково-практичній конференції „Комп’ютерні системи в автоматизації виробничих процесів. – Хмельницький, 2005;

- III International conference on optoelectronic information technologies “PHOTONICS-ODS 2005”. - Вінниця, 2005;

- міжнародній конференції “Third IEEE workshop on Intelligent data acquisition and advanced computing systems: Technology and applications” IDAACS 2005. – Sofia, Bulgaria, 2005;

- міжнародній конференції „Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікації та комп’ютерної інженерії” TSET 2006. - Львів-Славське, 2006.

- п’ятій міжнародній науково-практичній конференції «Комп’ютерні системи в автоматизації виробничих процесів» МНПК КСАВП-2007. - Хмельницький, 2007;

- міжнародній науково-технічній конференції «Комп’ютерні системи та мережні технології». - Київ, 2008.

- проблемно-науковій міжгалузевій конференції "Інформаційні проблеми комп’ютерних систем, юриспруденції, економіки та моделювання" ПНМК-2008. - Бучач, 2008.

- дев’ятій міжнародній науково-технічній конференції "Штучний інтелект. Інтелектуальні системи - 2008". - Кацівелі, АР Крим, Україна, 2008.

- міжнародній конференції "Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем" ТАAPSD’2008. – Київ - Чернігів, 2008.

**Публікації.** Результати дисертаційної роботи в повному обсязі опубліковані в 21 друкованій праці автора, з них 9 наукових статей, в тому числі - 4 статті одноосібні у фахових виданнях, 1 патент України, 1 монографія у співавторстві та 10 матеріалів доповідей на науково-технічних конференціях.

**Структура дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 240 сторінок, з них 136 сторінок основного тексту, і включає 76 рисунків, 20 таблиць, 8 додатків, список використаних джерел із 161 найменування.





При вирішенні задач розробки засобів формування СД для конкретних галузей промисловості та виробництв реалізується компромісне задовільнення приведеної сукупності критеріїв. При цьому також повинні враховуватися ергономічні показники, пов'язані з роботою людини-оператора в заданих виробничих умовах, а також граничні умови швидкості створення повідомлень на рівні конкретного засобу формування СД.

Таким чином, як видно з умов вибору оптимальної структури ПФІ, його основним компонентом є аналого-цифровий перетворювач (АЦП).

Аналіз існуючих методів формування та кодування технологічних даних на низових рівнях РКС [5, 51, 61-68] показує, що на практиці найширше застосування знайшли ПФІ, які в своєму складі містять АЦП різних типів.

На рис.1.1 показана класифікація АЦП по ознаках числа каналів та вихідних кодів в різних ТЧБ.

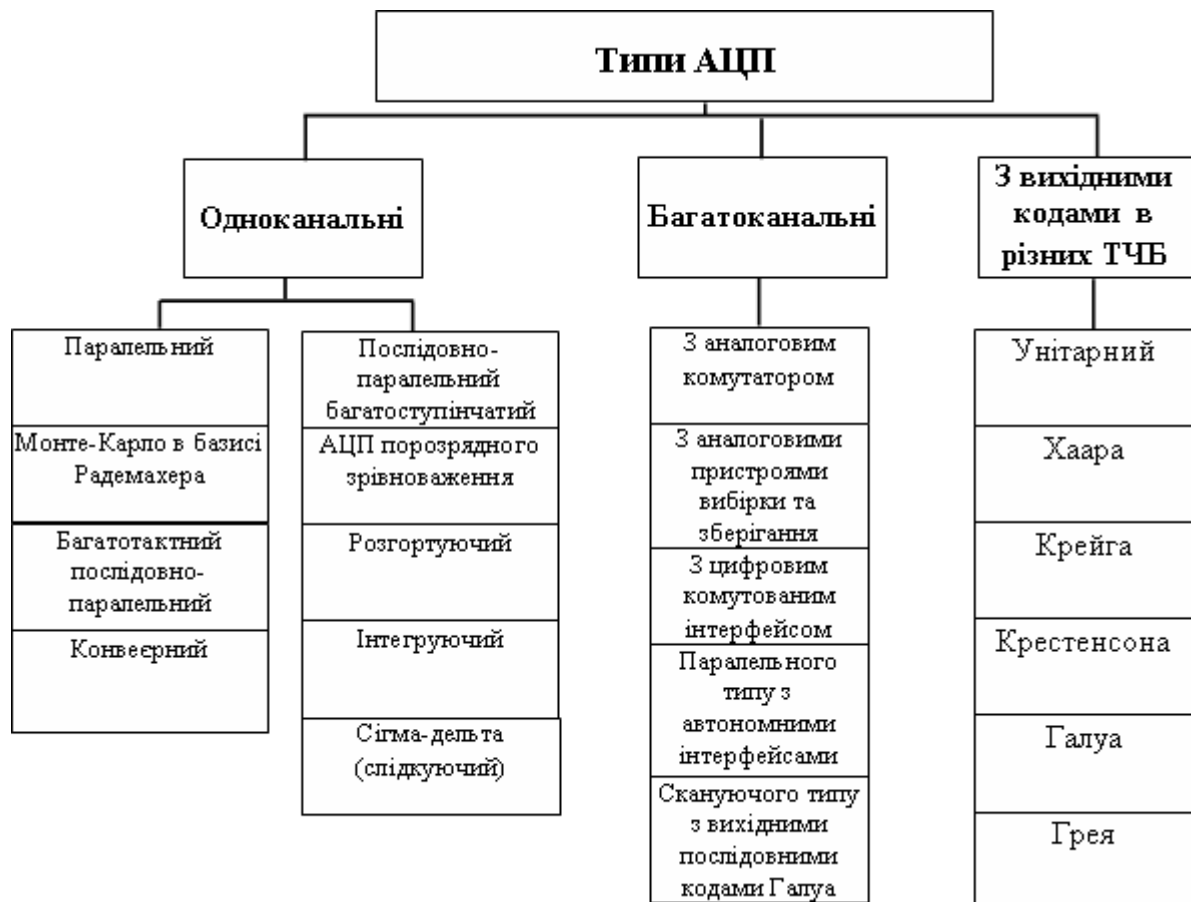


Рис.1.1. Класифікація АЦП.

Класифіковані типи АЦП відрізняються інформаційними технологіями формування вихідних технологічних даних [68].

В сучасних РКС, які поставляються ведучими зарубіжними фірмами Siemens, Analog Device, Crossbow, а також вітчизняних системах АЛФІУА та ін. широко використовуються багатоканальні АЦП в ТЧБ, які відрізняються від базису Радемахера. При цьому на рівні формування СД в аналого-цифрових кодерах реалізуються важливі функції стиснення даних, їх захисту від помилок та несанкціонованого доступу, а також відомі моделі джерел інформації типу статистичних оцінок, математичного сподівання, дисперсії, автокореляції, спектру та ін.

Дослідження, проведені в роботах наукової школи Я.М. Николайчука [69, 70, 73, 80-87] в Карпатському державному центрі інформаційних засобів і технологій НАН України [88], а також дослідницькими групами відомих зарубіжних фірм АВВ [62], Crossbow [63], Analog Device [64] та ін., показали, що найбільш оптимальні характеристики мають імпульсні сігма-дельта АЦП, інтегрально-імпульсні АЦП в базисі Галуа, з послідовними кодами – багатоканальні скануючі АЦП в базисі Галуа та АЦП послідовного наближення (додаток А1). Особливими характеристиками захищеності від помилок характеризуються АЦП в базисах Галуа та Крестенсона, а також АЦП на базі вертикальної інтегрально-імпульсної технології, що обґрунтовує перспективу їх вдосконалення та застосування в якості компонентів процесорів, які формують СД на низових рівнях КС.

Аналіз розробок аналого-цифрових кодерів (АЦК) для низових рівнів РКС, які випускаються у вигляді кристалів відомими фірмами Analog Device, Fairchild Semiconductor, ST Microelectronic, ON Semiconductor, Burr Brown, Lineal Technologies [64, 90-94], показує, що найбільш широкочислані архітектури багатоканальних АЦП (БАЦП) складаються з чотирьох базових модулів: аналогового комутатора, пристрою вибірки та зберігання, АЦП та інтерфейсного формувача вихідних даних. При цьому БАЦП реалізується на основі чотирьох типових архітектур (додаток А2).

Загальним недоліком відомих архітектур БАЦП, які часто використовують в якості АЦК, є відсутність захисту вихідних даних від помилок, внаслідок виключного застосування базису Радемахера для формування вихідних двійкових кодів, високий рівень надлишковості вихідних даних, а також низька захищеність передавання даних на низових рівнях РКС в умовах інтенсивних промислових заводів.

Аналіз тенденцій розвитку інтелектуальних сенсорів показує, що в сучасних РКС широко використовуються автономні сенсори, які в своїй структурі містять одноканальні АЦК та інтерфейсні модулі для дистанційного безпроводного передавання цифрових даних в концентратори або контролери низових мереж (КНМ) РКС. Особливістю автономних сенсорів та аналого-цифрових кодерів, які випускаються фірмами АВВ та Crossbow [62, 63], є модуляція вихідних кодів широкосмуговими шумоподібними сигналами, що дозволяє реалізувати збір даних на низовому рівні РКС в паралельному режимі (рис.1.2, 1.3) [95].

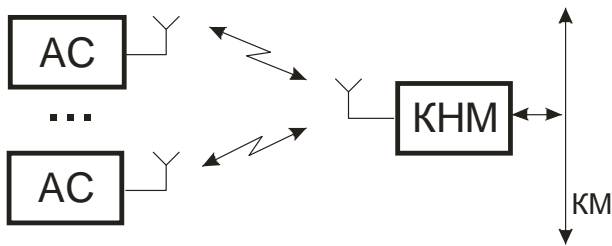


Рис.1.2. Архітектура низового рівня РКС на основі автономних сенсорів.

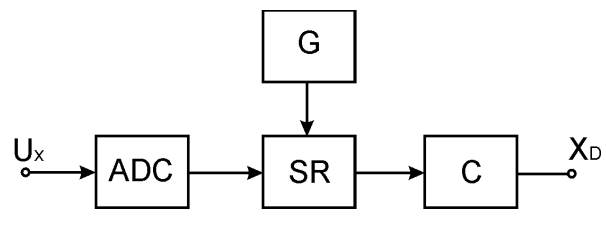


Рис. 1.3. Структурна схема АЦК на основі інтегрально-імпульсної технології у базисі Галуа.

Базовими компонентами таких архітектур є АЦП, БАЦП, DSP, енергонезалежна пам'ять, модулі формування та оброблення широкосмугових кодових послідовностей.

В роботі [95] запропоновано архітектуру багатоканального автономного сенсора (АС), реалізованого на основі інтегрально-імпульсної технології в базисі Галуа та структуру багатоканального АЦК (БАЦК) скануючого типу послідовного наближення з паралельним заводозахищеним зчитуванням у базисі Галуа (рис.1.4).

Компонентами даної структури є відповідно позначені:  $ADC_G$  – АЦП Галуа,  $SR$  – регістр зсуву,  $G/N$  – подільник частоти,  $G$  – генератор тактових імпульсів,  $SSS$  – формувач вихідних двовимірних шумоподібних сигналів.

Структура БАЦК скануючого типу у базисі Галуа, яка характеризується високим рівнем паралелізму збору даних, а також реалізацією захисту вихідних кодів від помилок, запропонована в роботі [96] (рис.1.5).

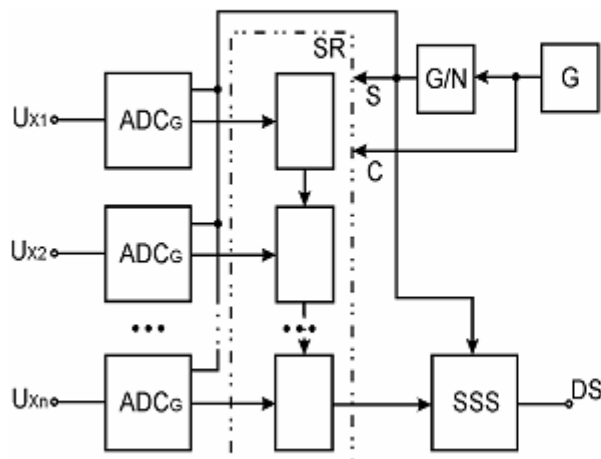


Рис. 1.4. структура багатоканального АЦК в базисі Галуа з вихідними шумоподібними сигналами.

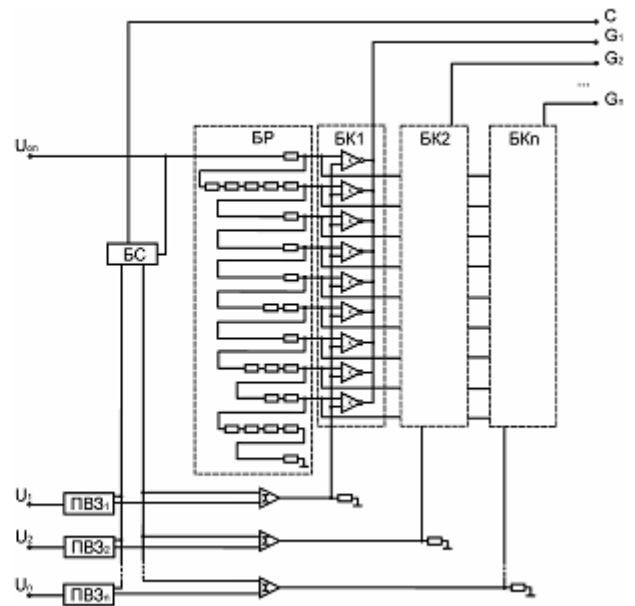


Рис. 1.5. структура багатоканального ацк Галуа на імпульсних компараторах з пристроєм вибірки зберігання.

В даній структурі БАЦК Галуа використовується блок прецизійних резисторів (БР), багастабільний (БС) елемент, один генератор скануючих імпульсів (С) та  $n$  одноканальних АЦП Галуа, реалізованих на імпульсних компараторах. Захист вихідних кодів від помилок реалізується на основі рекурентного коду Галуа шляхом формування додаткових  $n$  імпульсів до  $N$  скануючих імпульсів  $N$ -розрядних вихідних кодів Галуа.

Широкі можливості вдосконалення характеристик БАЦК дозволяє реалізувати використання ТЧБ Крестенсона. Традиційно ТЧБ Крестенсона використовується для створення швидкодіючих та супершвидкодіючих процесорів на основі модульної арифметики системи залишкових класів (СЗК)

[97-100]. Можливості ефективного кодування багатомірних даних, стиснення та захисту інформації від помилок в СЗК визначили умови її доцільного застосування для вирішення задач інформаційно-вимірювальної техніки, аналого-цифрового перетворення та передавання даних [101-105].

В роботі [105] запропонована структура БАЦК, який реалізує кодування в системі залишкових класів базису Крестенсона (рис.1.6).

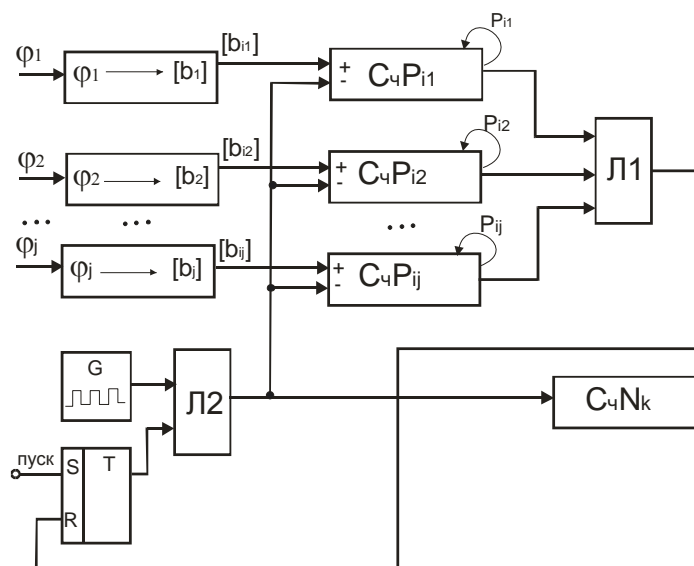


Рис. 1.6. Багатоканальний АЦК базису Крестенсона.

Компонентами даного БАЦК є АЦП з вихідним унітарним кодом, реалізований на елементах: ПІ, СТ2, лічильник базису Радемахера; ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач, К – компаратор, &- логічний елемент "І". Кодер базису Крестенсона реалізований на модульних лічильниках mod  $P_i$  та інтерфейсному регістрі RG.

Недоліком описаної структури БАЦК базису Крестенсона є відсутність додаткових каналів для захисту інформації від помилок, а також спеціалізованого каналу для вводу та сумісної реєстрації з технологічною інформацією.

Аналіз апаратної та структурної складності БАЦК виконується на основі відомого характеристичного функціоналу [58, 59]:

$$S_{\text{АЦП}}=F(m, V, k, M, H_1, H_2, S), \quad (1.1)$$

де  $m$  – число каналів;

$V$  – швидкодія;

$k$  розрядність;

$M$  – буферна пам'ять;

$H_1$  – апаратна складність;

$H_2$  – алгоритмічна складність;

$S$  – функціональні та інтерфейсні характеристики.

Структурна складність бацк розрахована на основі адитивного критерію, який визначається згідно виразу [96]:

$$S_j = n \cdot \sum_{i=1}^l \beta_i P_{ij}, \quad (1.2)$$

Де  $\beta_i$  – ваговий коефіцієнт, який враховує апаратну складність  $i$ -го компонента ацп, який визначається методом експертної оцінки (додаток б1);

$N$  – число каналів;  $p_{ij} = 0, 1, 2, \dots$  - кількість даних компонентів в структурі  $j$ -го ацп [96] (додаток б2).

Відповідно для аналізованих архітектур бацк, які реалізуються на основі тчб радемахера, крестенсона та галуа, вираз (1.2) описується аналітично [96]:

$$Q_{BR} = \log_2 n \cdot [5 \cdot 2^k + 2^k/n + k^2 + k(T + Z) + 4 \cdot 2^k \cdot 0,001];$$

$$Q_{сзк} = \log_2 n \cdot [5/n + k(T + V + Z + kZ)/n + 3k/n + 5 + 0,1 + k \cdot (T + V + Z + kZ) + V + kZ + k(T + Z)];$$

$$Q_G = \log_2 n \cdot [5 \cdot 2^k/2 + 2^k/n + 7,8/n + 5 + 12 + (2^k + 6k) \cdot 0,001];$$

$$Q_{ITG} = \log_2 n \cdot [20 + k(T + Z) + V + 3Z + 4].$$

Оцінка відносної ефективності системних характеристик досліджуваних типів бацк в залежності від розрядності, розрахованого згідно виразу [95]:

$$S_{\Delta\Delta\Delta K} = \frac{S_G}{S_R}, \quad (1.3)$$

Де  $s_g, s_r$  відповідно системні характеристики бацк у базисах галуа та радемахера.

Порівняння часу затримки перетворення сигналів в бацк галуа та паралельному бацп в базисі радемахера виконується на основі аналітичних виразів [96]:

$$T_g = t_{пвз} + (k+n)(t_k + t_{бс} + t_c); \quad (1.4)$$

$$T_r = t_{пвз} + t_k + t_{ш} + t_p + kt_p; \quad (1.5)$$

$$T_{сзк} = 2^k (t_r + t_l + t_{цап} + t_k + t_{ле} + t_{лк}), \quad (1.6)$$

$$T_{ig} = t_i + t_k + t_{гкн} + k(t+z) + v + 3z + t_{бфвс},$$

Де відповідно час затримки в модулях  $t_{пвз}$  – пам'ять вибірки і затримки (пвз);  $t_k$  – компаратора;  $t_{бс}$  – стабільного елемента;  $t_c$  – суматора;  $t_{ш}$  – пірамідального шифратора;  $t_p$  – d-тригера буферного регістра;  $t_r$  - генератора;  $t_l$  - лічильника;  $t_{цап}$  - цап;  $t_{ле}$  – вентильного елемента;  $t_{лк}$  – лічильника у базисі крестенсона;  $k$  – розрядність ацп;  $n$  – число додаткових розрядів захисного коду;  $t_i + t_k + t_{гкн}$  - час затримки пнч;  $k(t+z) + v + 3z$  – час затримки лічильника галуа;  $t_{бфвс}$  – час затримки блоку формування вихідних сигналів;  $t_i$ ,  $t_k$ ,  $t_{гкн}$  – час затримки відповідно інтегратора, компаратора, генератора керованого напругою.

На рис.1.7 показана структурна складність та час формування вихідних кодів бацп у базисах галуа та радемахера у залежності від їх розрядності  $k$  [96].

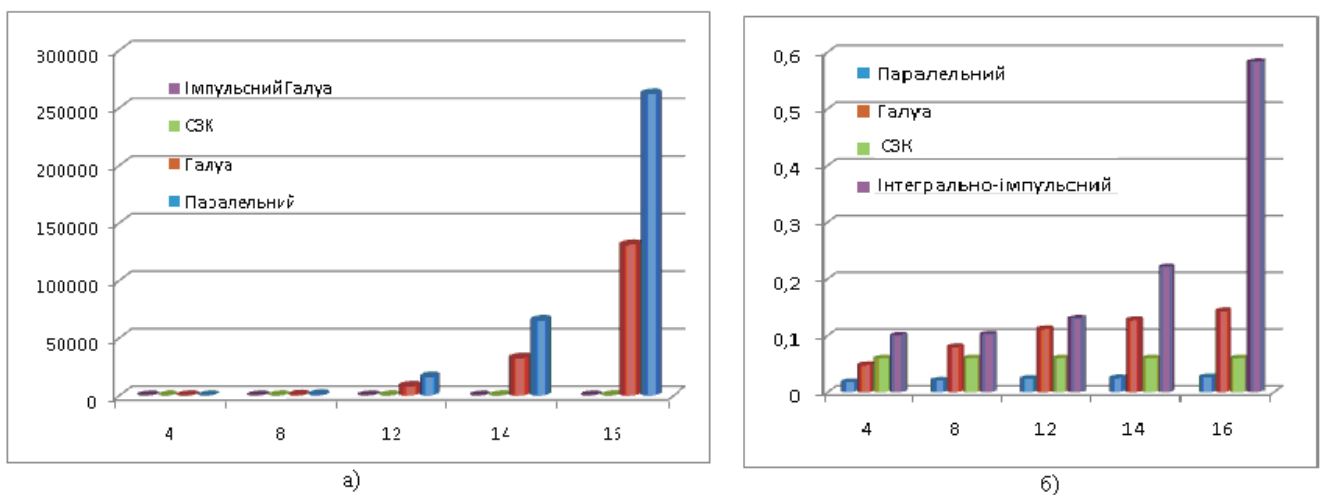


Рис. 1.7. Системні характеристики бацп у базисах галуа та радемахера.

А) – структурна складність;

Б) – час перетворення та формування вихідних кодів.

Основними недоліками переважної більшості існуючих перетворювачів форм інформації (ПФІ), які в даний час реалізовані у вигляді мікроелектронних кристалів, є наступні:

- використання базису Радемахера для кодування цифрових даних на виході ПФІ, які характеризуються абсолютною незахищеністю від помилок та їх незваженістю, а також значною надлишковістю;

- функціональна обмеженість відомих технічних засобів, які не передбачають сумісне кодування технологічно-економічних даних у вигляді СД та фреймів.

Таким чином, задача створення АЦК з розширеними функціональними можливостями, які дозволяють виконувати сумісне формування технологічно-економічних даних у вигляді СД є актуальною і потребує поглиблених теоретико-експериментальних досліджень.

Важливою характеристикою інформаційної технології формування вихідних СД є дотримання умови паралелізму (одночасності) виконання процесів вимірювання та аналого-цифрового перетворення аналогових даних багатоканальної системи формування технологічних даних. Невиконання умови одночасних вимірювань приводить до часових зсувів дискретних відліків масивів даних, які описують технологічні характеристики об'єктів, що призводять до суттєвого негативного впливу на адекватність моделей об'єктів управління, які формуються в реальному масштабі часу. В основу таких моделей покладена теорія кореляційного, спектрального, статистичного та ін. аналізів, правильність результатів яких є особливо чутливою до наявності промахів, викидів, стирань, вставок, кодових пошкоджень та часових зсувів вимірювальної інформації. Тому при обґрунтуванні вибору типу багатоканального АЦП в складі засобів формування СД характеристика одночасності та завадозахищеного кодування технологічних даних на виході багатоканального АЦП є принципово необхідною. Крім того, враховуючи реальні обмеження на доступну швидкість передавання даних на низових рівнях РКС та можливість одночасного функціонування багатьох формувачів СД, важливою характеристикою вихідних кодів АЦП є також умова мінімізації надлишковості цифрових даних. Як видно з рис.1.7, такій компромісній системі вимог до АЦП, призначених для роботи на низових рівнях РКС, найбільше відповідають АЦК в базисі Крестенсона та Галуа.



## 1.2. Формування та задачі оптимізації кодування техніко-економічних даних

Досвід роботи РКС показав, що питанням ефективного кодування телеметричних даних приділяють набагато більше уваги, ніж задачам ефективного кодування техніко-економічних даних (ТЕД). Особливо це стосується принципів ефективного кодування економічних показників та аналітичних виразів, які їх описують.

Вперше проблема ефективного сумісного кодування телеметричних та техніко-економічних даних та їх формування у вигляді СД знайшла своє вирішення у 1980-1990 роки у нафтогазовій промисловості в системах контролю та управління процесами буріння за участю професора Я.М.Николайчука [108-110]. При цьому, при реалізації процесорів низового рівня КС використаний ТЧБ Крестенсона та СЗК, які забезпечили необхідний рівень надійності та живучості програмно-апаратних засобів у промислових та польових умовах [111]. Серед зарубіжних вчених значний вклад у розвиток технології сумісного формування ТЕД та СД, а також формалізації процесів руху даних в складних розподілених автоматизованих системах вніс відомий американський вчений Дж. Мартін [112-114].

В роботі [115] запропоновані принципи кодування ТЕД на основі символічних ідентифікаторів, які дозволяють представити не тільки типи кодованих даних, а й їх якісні характеристики.

З метою визначення найбільш вживаних атрибутів аналітичних виразів ТЕД, які відображають динаміку та найбільш загальні терміни ТЕД, проведений статистично-ймовірнісний аналіз частоти їх використання в типових економічних документах та інструкціях по розрахунку ТЕП виробництва. Вихідні дані до аналізу представлені структурою табл. 1.1 (додаток В)

## Компоненти ТЕД

№ п/п	Назва показника	Аналітичний вираз	Атрибути
1	Валовий оборот підприємства	$BO = \sum_{i=1}^n Q_{B_i}$	$n$ - кількість цехів на підприємстві; $Q_{B_i}$ - обсяг валової продукції $i$ -го цеху
2	...	...	...

В табл.1.2. приведений приклад інформаційних характеристик аналітичних виразів загальноновживаних в економіці ТЕД та їх атрибутів.

## Характеристики аналітичних виразів ТЕД

№ п/п (n)	Об'єм даних назви показника ТЕД та його атрибутів (байт) $N_1+N_2$	Код аналітичного виразу ТЕД на алгоритмічній мові високого рівня	Об'єм даних аналітичного виразу на C++ (байт) $N_3$
1	28+35+133=196	real BO=0, Qb[100]; int n, i; for( i=0; i<n; i++ ) BO+=Qb[i];	63
2	24+33+43=100	real BZO, BO, QB; BZO = BO-QB;	42
3	16+83+61=160	real Hb, Tp, Tsht; Hb = Tp/Tsht	36
4	55+94+145+42=336	real Tsht , Top, Tob, Tb; Tsht = Top+ Tob+Tb;	52
5	56+60+206+30=352	real Tshtk, Tsht, Tnz; int n; Tshtk = Tsht+Tnz/n;	53
6	48+50+68+44=210	real ChOr, Tsum, Fd, Kbn; ChOr = Tsum/(Fd*Kbn);	56
7	42+55+58=155	real Pn, N, Tg; Pn=N/Tg;	29
8	40+44+59=143	real Pv, Qt, Tg; Pv = Qt/Tg;	33
9	28+75=103	real Ip, Ppl, Pb; Ip = Ppl/Pb;	35
10	35+35+31+35=136	real Sp,C,T,M; Sp = C+T+M;	33
11	35+41+42+43=161	real Sp1,Sp, A, t; Sp1 = Sp-A*t;	37
12	43+46+41=130	real Kf, Sk, Sp; Kf = Sk/Sp;	33
13	13+43+45=101	real Fb, Qb, Ssr; Fb = Qb/Ssr;	36

14	56+42+17=115	real VPm, Fd, Tsht; VPm = Fd/Tsht;	41
----	--------------	---------------------------------------	----

Продовження таблиці 1.2

15	36+49+51+40=176	real Fd, Fn, Pr, Nob; Fd = Fn*(1-Pr/100)*Nob;	52
16	53+42+25=120	real VPP, Fd, r; VPP = Fd/r;	33
17	19+27+55=101	real Qb, VP, Kvp; Qb = VP*Kvp;	37
18	37+42+48=127	real Kon, Sbb, Skr; Kon = Sbb/Skr;	39
19	35+42+49=126	real Kvyb, Svyv, Spr; Kvyb = Svyv, Spr;	44
20	44+40+43+48=175	real Nam, Sn, Sl, Tsl; Nam = (Sn-Sl)/(Sn*Tsl)*Tsl;	59
21	23+47+62=132	real Kob, Qr, Snoz; Kob=Qr/Snoz;	37
22	25+50+58=133	real Zpot, D, Tpost; Zpot = D*Tpost;	41
23	55+31+33+35+59=213	real Nnv, C, N, Tc, Knv; Nnv = C*N*Tc*Knv/360	54
24	30+51+38+50+26+20+41+3 2=288	real Pob, Nch, Q, Dr, Z, ch, Kvo, Kvn; Pob=Nch*Q/(Dr*Z*ch*Kvo*Kvn);	80
25	78+63+66=207	real Pgal, Qzaggal, Qprom; Pgal = Qzaggal/Qprom*100;	57
26	49+91=140	real Tgal, Ppl, Pb; Tgal = Ppl/Pb*100;	43
27	26+55+26=107	real Nchp, Z, Pn; Nchp = Z + Pn;	37
28	21+21+84=126	real Pn, Sd, Pn; Pn = Sd*(P/100);	38
29	38+75+66=179	real Kz, Z1, Z1or; Kz = (Z1-Z1or)/Z1or;	45
30	58+98+54+71=281	real NBO, N[100], Nvo[100]; int m, i; for(i=0; i<m; i++) NBO+=N[i]*Bvo[i];	82
31	53+56+53=162	real P, Qbya, QT; P = Qbya/QT*100;	41
32	61+70=131	real PQ, QF[100], QP[100], temp; int m, i; for (i=0; i<m; i++) PQ+=QF[i], temp+= QP[i]; PQ /= temp;	110

Аналіз інформаційних характеристик аналітичних виразів ТЕД [46, 116, 117] проведений, виходячи з умови байт-орієнтованого кодування кожного символу економічного терміну, включаючи розділові знаки та пропуски, а також двох-

байтове регістрове кодування власних літер, степенів, індексів, символів латинського, українського алфавіту та спеціальних символів згідно виразу:

$$N_a = N_1 + N_2 + N_3(\acute{a}\grave{a}\acute{e}\grave{o}), \quad (1.7)$$

де  $N_a$  – сумарний об’єм вводу даних аналітичного виразу ТЕД;

$N_1$  – об’єм даних назви ТЕП;

$N_2$  – сумарний об’єм назв атрибутів;

$N_3$  – об’єм даних ТЕД на одній з мов високого рівня (наприклад C++).

Результати аналізу приведені на рис.1.8.

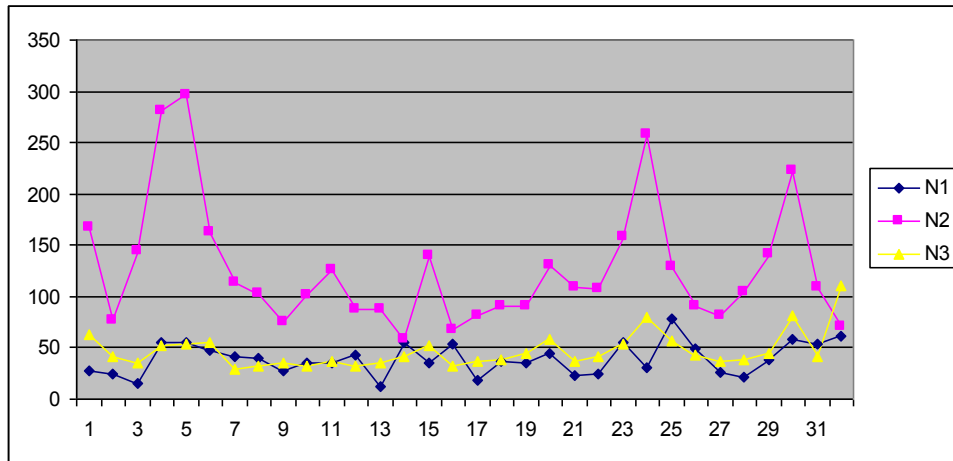


Рис.1.8. Об’єми компонентів даних ТЕД.

На рис.1.9 показані графіки рандомізованих по наростанню оцінок об’ємів компонентів ТЕД.

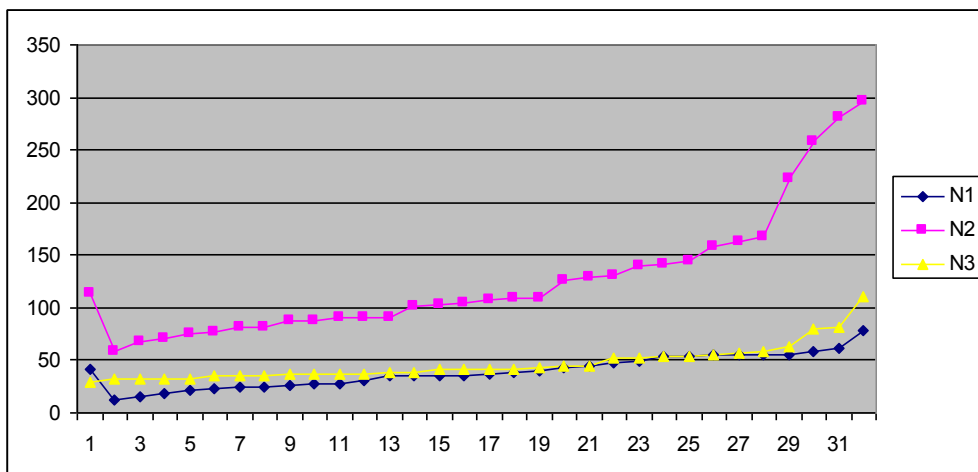


Рис.1.9. Рандомізовані по наростанню оцінки об’ємів компонентів ТЕД.

Аналіз інформаційних характеристик ТЕД, які представлені загальноновживаними ТЕП, доцільно провести на основі оцінок математичного сподівання згідно виразів:

$$M_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} Ni_1 ; M_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} Ni_2 ; M_3 = \frac{1}{n_3} \sum_{i=1}^{n_3} Ni_3 ; N_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Ni_0 , \quad (1.8)$$

$$\text{де } N_0 = \sum_{i=1}^{n_1} Ni_1 + \sum_{i=1}^{n_2} Ni_2 + \sum_{i=1}^{n_3} Ni_3 .$$

Прийнявши величину  $N_0$  – задано 100% оцінку відносних об’ємів ТЕД виконано на основі виразу:

$$\Delta N_i = \frac{M_i}{N_0} \cdot 100\% ; i = 1, 2, 3. \quad (1.9)$$

В результаті вибіркового аналізу загальноновживаних аналітичних виразів ТЕД отримані наступні дані:  $\Delta N_1 = 18,5\%$ ;  $\Delta N_2 = 59,5\%$ ;  $\Delta N_3 = 22\%$ ;

З результатів аналізу видно, що в середньому об’єм алфавітно-цифрових даних назв та атрибутів ТЕП перевищує в 2-5 разів об’єм аналітичного виразу ТЕД на мові високого рівня. При великих масивах ТЕД, які зберігаються в базах даних по результатах виробничої діяльності, а також звітних документах податкової інспекції об’єми надлишкових даних складають сотні терабайт. Крім того, існуюча надлишковість методів представлення ТЕД та ТЕП приводить до суттєвого зростання часу їх вводу операторами в комп’ютерні засоби РКС, а також відповідне зростання часу та вартості передавання інформаційних масивів ТЕД по каналах зв’язку РКС та локальних мереж. Таким чином, існуючі методи формування та кодування на основі СД показників ТЕП та ТЕД потребують вдосконалення, що є актуальною дослідницькою задачею. Як показано автором в роботі [115], одним з ефективних методів вирішення такої задачі є запропоновані принципи кодування ТЕД на основі символічних ідентифікаторів, які дозволяють представити не тільки типи кодованих даних, а й їх якісні характеристики.

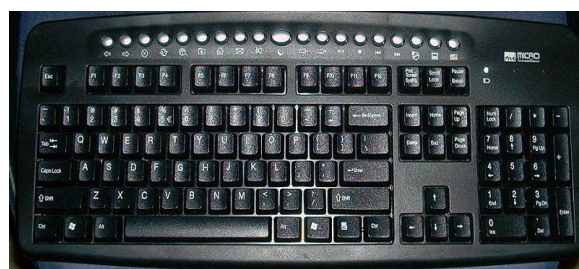
### 1.3. Аналіз апаратно-програмних засобів вводу алфавітно-цифрових даних

Алфавітно-цифрова клавіатура, яка використовується для вводу текстових, програмних та техніко-економічних даних є важливим компонентом мікропроцесорних засобів різних рівнів РКС. Світовий досвід експлуатації персональних мережевих та мобільних комп'ютерів визначив практику застосування на високих рівнях РКС багатьох модифікацій багатоклавішних засобів вводу алфавітно-цифрових даних [118].

Стандартна клавіатура персонального комп'ютера (Genius KB-06XE) (рис.1.10а) та "мультимедійна" клавіатура (рис.1.10б) містять несучу панель – N клавіш, з яких  $N_1$  – клавіші функціонально повні (однорегістрові),  $N_2$  – клавіші регістрові ( $N = N_1 + N_2$ ) розміщені регулярно на прямокутній панелі. Недоліком таких пристроїв є велика надлишковість числа клавіш (101 і більше), яка приводить до значних габаритів пристрою введення даних.



а)



б)

Рис.1.10. Загальний вигляд клавіатури ПК:

а) стандартної;

б) "Мультимедійної".

Компанія DARFON [157] розробила клавіатуру з підсвіткою, призначену для використання в ноутбуках. Підсвітка клавіатури в залежності від виконання та умов її використання може бути виконана різними кольорами (рис.1.11).



Рис.1.11. Клавіатура з підсвіткою.

Пристрій вводу даних калькуляторів, який використовується в калькуляторах CITIZEN SDC-888NB, (рис.1.12) має прямокутну панель з регулярно розміщеними клавішами, де N1 – повнофункціональні клавіші (0,1,2,...,9,+,-,...) та регістрові (M-, M+, %,  $\sqrt{\quad}$ ,...). Перевагою такого пристрою є малі габарити. Недоліком пристрою є обмежені функціональні можливості, які обумовлені тим, що даний пристрій не дозволяє вводити алфавітні дані.



Рис.1.12. Приклад клавіатури калькулятора.

Пристрій для введення алфавітно-цифрових даних (мобільний телефон) (рис.1.13 а, б) має обмежене число клавіш, розміщених на малогабаритній панелі і дозволяє шляхом багаторазового натискання однієї клавіші (1 – 10) вводити

алфавітно-цифрові дані. Недоліком пристрою є низька швидкодія введення, обумовлена необхідністю багаторазового натискання реєстрових клавіш.



Рис.1.13. а) цифрова клавіатура, б) QWERTY – клавіатура.

В той же час на низових рівнях РКС в умовах промислової експлуатації до засобів вводу алфавітно-цифрових даних ставляться досить жорсткі вимоги надійності, малих габаритів, мобільності та забезпечення зв'язку при дії інтенсивних промислових завод. Крім того, на вказаному рівні РКС, де з комп'ютерними засобами працюють непрофесійні оператори, ставляться особливі вимоги спрощення технології стикування мобільних засобів з джерелами технологічних даних та ефективною формалізації ідентифікаційних, текстових та службових даних. Тому успішне вирішення такого комплексу задач може суттєво впливати на якість та надійність функціонування низових рівнів РКС, які становлять базову основу загальної високої ефективності промислових систем реального часу. При цьому важливою науковою задачею є розробка критеріїв оцінки системних характеристик програмно-апаратних засобів вводу алфавітно-цифрових даних, які в літературних джерелах практично не відображені.

Прикладом тенденцій вдосконалення розробки клавіатур для вводу алфавітно-цифрових даних, які передбачають проблемну орієнтацію відносно джерел інформації та засобів її вводу в КС, є розробки провідних зарубіжних фірм. Компанія Logitech розробила ряд безпроводних клавіатур типу diNovo Mini (рис.1.14), яка рекомендується виробником як оптимальне вирішення для домашніх медіацентрів в зв'язці телевізор+ПК.





Рис.1.14. Безпроводна клавіатура diNovo Mini.

Особливістю diNovo Mini є більш нова версія сенсорного елемента управління – ClickPad, який може використовуватися як пульт управління мультимедіа додатками. DiNovo Mini оснащений 63-кнопочковим замінником QWERTY клавіатури, 10 кнопками керування мультимедіа і окремою кнопкою активації Windows Media Center.

Прикладом малогабаритної широкофункціональної клавіатури є розробка студії [Art. Lebedev](#) [158] типу Optimus Aux на основі 15 клавіш з OLED-підсвіткою. Клавіатура оснащена двома USB-портами (рис.1.15).



Рис. 1.15. "Допоміжна" мультимедійна клавіатура Optimus Aux.

Проведений аналіз світового досвіду розробки та проблемної орієнтації апаратно-програмних засобів вводу даних демонструє широкий спектр існуючих рішень, а також виражені тенденції до зменшення габаритів та числа функціональних клавіш клавіатур. При чому, при реалізації повногабаритних та малогабаритних клавіатур практично не застосований принцип синтезованого формування символів, які вводяться в КС широкого класу. Крім того, в літературних джерелах надзвичайно обмежено висвітлені теоретичні засади побудови та способів оптимізації характеристик засобів вводу алфавітно-цифрових даних, що показує актуальність вирішення цього класу задач та проведення відповідних теоретичних та експериментальних досліджень.

#### 1.4. Формалізація потоків СД в комп'ютерних системах на основі матричних моделей руху даних

Принципи організації руху даних в комп'ютеризованих системах найбільш методологічно були розроблені в роботах відомого американського вченого Дж. Мартіна [112-114]. Елементи та атрибути матричних моделей руху даних (ММРД) стосовно інформаційних систем були розроблені С.Т. Пуртовим [119]. Найбільш повно основи теорії, методології та інформаційної технології побудови матричних моделей руху даних в низових обчислювальних мережах розроблені Я.М.Николайчуком, що викладено в ряді робіт [42, 120, 121]. Практично технологія побудови МРД знайшла широке застосування в різних галузях при створенні програмно-апаратних засобів (СКУБ, СКУБ-М – управління процесами буріння, "КИС", "ГТИ" – управління геофізичними випробовуваннями, "ТСГК", "АИИС" – процесів формування та обробки даних з забою морських свердловин) низових обчислювальних мереж автоматизованих систем нафтогазової промисловості [108-110, 121]. Відомі застосування технології побудови простих МРД в енергетиці [123, 124], а також, за участю автора, успішні спроби

формалізації на їх основі процесів взаємодії суб'єктів юриспруденції при проектуванні банків та баз знань для комп'ютерного ведення правових угод [126-131].

Класифікація системних об'єктів низових обчислювальних мереж (НОМ) викладена в роботі [42] і включає п'ять інформаційно-взаємодіючих між собою системних об'єктів (рис.1.16).

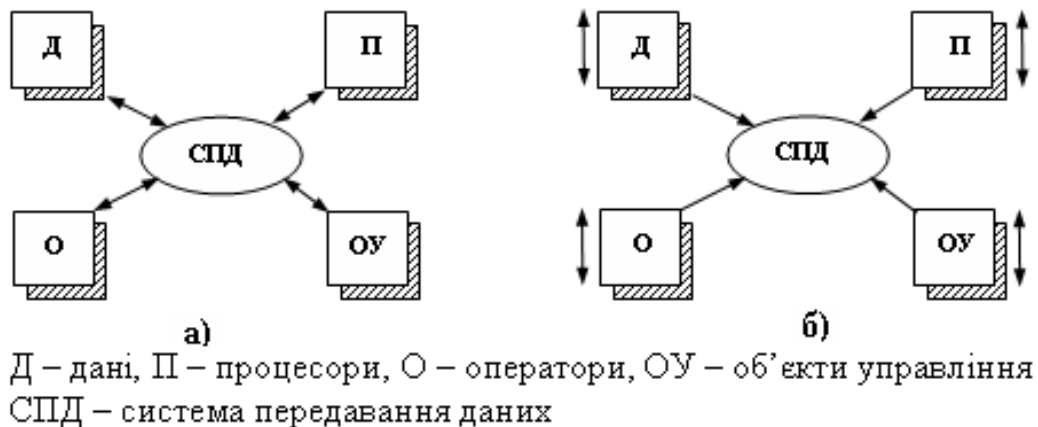


Рис.1.16. Глобальна архітектура НОМ.

Архітектура, представлена на рис.1.16 (а), відповідає найбільш загальному архітектурному поданню сучасних систем реального часу, РКС, проблемно-орієнтованих комп'ютерних систем та спеціалізованих комп'ютерних систем (СКС). Інформаційна взаємодія об'єктів таких систем здійснюється за допомогою драйверів, які можуть реалізовуватись апаратно-програмними засобами з електромагнітними та оптичними зв'язками. Драйвери можуть реалізовуватись автономними модулями або інтегрованими в середині системних об'єктів. До драйверів слід віднести ЦАП, АЦП, мікро- та мініконтролери, модеми, програмні драйвери, периферійні пристрої та інше.

Глобальна архітектура НОМ (рис.1.16 (б)) з врахуванням середовища існування та руху системних об'єктів представляє собою суть СКС. Таким чином, слід вважати середовище існування системних об'єктів ще одним системним об'єктом СКС (табл.1.3). Очевидно, що взаємодія шести системних об'єктів

породжує 36 пар елементарних зв'язків між системними об'єктами СКС, а також РКС реального часу (табл.1.3).

Таблиця 1.3

Взаємодія системних об'єктів РКС

	ОУ	Д	СПД	Р	О	СІО
ОУ	ОУ↔ОУ	ОУ↔Д	ОУ↔СПД	ОУ↔Р	ОУ↔О	ОУ↔СІО
Д	Д↔ОУ	Д↔Д	Д↔СПД	Д↔Р	Д↔О	Д↔СІО
СПД	СПД↔ОУ	СПД↔Д	СПД↔СПД	СПД↔Р	СПД↔О	СПД↔СІО
Р	Р↔ОУ	Р↔Д	Р↔СПД	Р↔Р	Р↔О	Р↔СІО
О	О↔ОУ	О↔Д	О↔СПД	О↔Р	О↔О	О↔СІО
СІО	СІО↔ОУ	СІО↔Д	СІО↔СПД	СІО↔Р	СІО↔О	СІО↔СІО

Аналіз табл. 1.3 показує, що взаємодія СІО↔СІО демонструє наявність локального середовища навколо окремих системних об'єктів (мобільний процесор, оболонка спецпроцесора, водонепроникне, протиударне, іскровибухобезпечне виконання апаратури та ін.), інші зв'язки СО з СІО демонструють необхідні умови роботоздатності СО в проблемно-орієнтованій СКС. Наприклад, взаємодія пари Р↔Р в СІО є підтипом СКС у вигляді локальної мережі. В даній систематизації системних об'єктів СКС, представлених на рис.1.17, використано узагальнене поняття Р, яке під собою може охоплювати поняття інтелектуального автономного сенсора, АЦК, мікроконтролера, мобільного адаптера, окремого процесора, сервера, кластера.

Як показано в роботі [44], одним з найскладніших етапів створення моделей руху даних складних КС є вибір методу її формалізації. Одним з класичних методів формалізації опису обчислювальних комплексів систем та мереж є формалізоване представлення їх моделей за допомогою мереж Петрі. Згідно з працями [6, 44], мережа Петрі визначається трьома елементами: (Р, Т, F), де Р – непорожня система елементів мережі, названих вузлами; Т - непорожня система елементів мережі, названих переходами; F – функція інцидентності, що задає зв'язок між елементами множини Р і Т. Для мережі Петрі, визначеної елементами (Р, Т, F) повинні виконуватися наступні умови:

$$- P \cap T = \emptyset, \text{ множини вузлів і переходів не перетинаються;}$$

-  $(F \neq \emptyset) \wedge (\forall x \in P \cap T, \exists y \in P \cup T : xFy \vee yFx)$ , тобто будь-який елемент мережі інцидентний хоча б одному елементу іншого типу.

Якщо для довільного елемента мережі  $x \in X$  позначити через  $*x$  множину його вхідних елементів, а через  $x^*$  - множину його вихідних елементів, то  $\forall p_1, p_2, \in P : (*p_1 = *p_2) \wedge (p_1^* = p_2^*) \Rightarrow (p_1 = p_2)$ , тобто мережа не міститиме пари вузлів, які інцидентні.

Визначене поняття мережі Петрі описує тільки статичну топологію модельованого процесу або системи. В "кольорових" мережах Петрі вводяться динамічні мережні структури, в яких вузлам приписуються спеціальні розмітки для моделювання виконання умов.

Прості мережі Петрі [44, 132] містять лише три основних елементи (атрибути): вузли, переходи та маркери. Поняття маркера означає, що будь-який вхідний вузол мережі Петрі має ненульову розмітку, тобто є інформаційно активним. Тому побудова за допомогою простих мереж Петрі складних динамічних систем, включаючи РКС, в яких взаємодіє велика кількість паралельних та асинхронних процесів, а також існує багато інформаційних та матеріальних потоків, є досить складною та громіздкою процедурою, що помітно обмежує клас моделей систем, які можна побудувати на основі простих мереж Петрі. Можливість значного спрощення побудови моделей складних КС досягається розширенням мереж Петрі шляхом застосування так званих "кольорових" мереж Петрі. При цьому в параметри мереж Петрі включаються в явному вигляді часові та інші ресурсні атрибути.

У світовій практиці широке застосування отримали проблемно-орієнтовані розширення мереж Петрі: Е-мережі, комбі-мережі, FIFO-мережі, М-мережі, МРД та ін [44]. Прикладом такого розширення мереж Петрі є системи POSES++, розроблені німецькою компанією GPSmbH [134], які використовуються для моделювання складних розподілених та паралельних комп'ютеризованих систем. При чому, система POSES++ призначена для проектування стохастичних систем і



1. Джерело інформації – має не менше одного виходу і жодного входу;
2. Середовище обробки даних – має не менше одного входу і не менше одного виходу;
3. Приймач інформації – має не менше одного входу і жодного виходу.

Як видно з табл. 1.4, умова поліфункціональності в повній мірі виконується для середовища обробки даних. Враховуючи, що джерела та приймачі інформації можуть бути обмежено поліфункціональними (наприклад: інтелектуальний сенсор, який традиційно є джерелом інформації, може отримувати інструкції управління режимом роботи), то вони можуть мати відповідно входи та виходи, що відповідає класу інтерактивних та багаторівневих комп'ютерних систем.

Очевидно, що в однорівневих РКС джерело вважається незалежним ДІ, а приймач – незалежним приймачем (див. табл. 1.4).

Для формалізації процесів руху даних в багаторівневих РКС дамо визначення залежного джерела і залежного приймача даних наступним чином:

- 1) залежне джерело має тільки один вхід і не менше одного виходу (рис. 1.17а);
- 2) залежний приймач має не менше одного входу і тільки один вихід (рис. 1.17б).

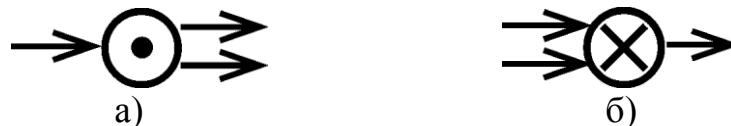


Рис. 1.17. Символи залежних джерела та приймача інформації.

На основі введеної символіки для інформаційних комп'ютерних систем без врахування руху матеріальних потоків формалізація взаємодії СО СКС виконується шляхом побудови однорівневої матричної інформаційної моделі (рис. 1.18) [42].

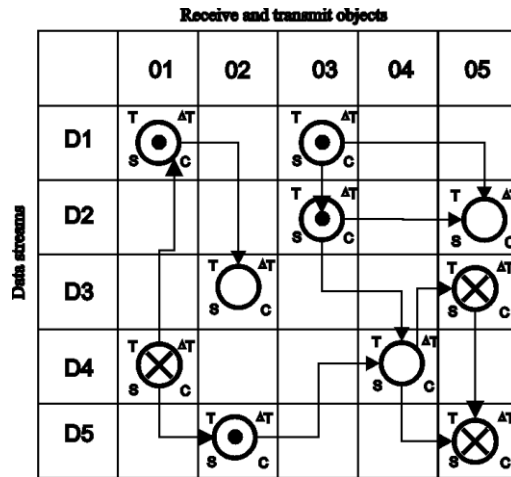


Рис. 1.18. Однорівнева матрична інформаційна модель СКС:

де 01,02,... – номери підрозділів, в яких виконуються формування, обробка, реєстрація та використання даних;

D1,D2..... – структуризовані дані, які рухаються в КС;

T – час початку формування, обробки, приймання даних.;

$\Delta T$  – час виконання функціональної операції;

S – тип системного об'єкту;

C – собівартість реалізації функціональної операції;

Характеристики такої матричної моделі доповнюються параметрами каналів зв'язку:  $\tau$  – тривалість передавання інформаційних повідомлень та L – віддаль між активними вузлами КС.

В роботі [138] автором розроблена модифікація двовимірних МРД, приклад реалізації якої показаний на рис.1.19.

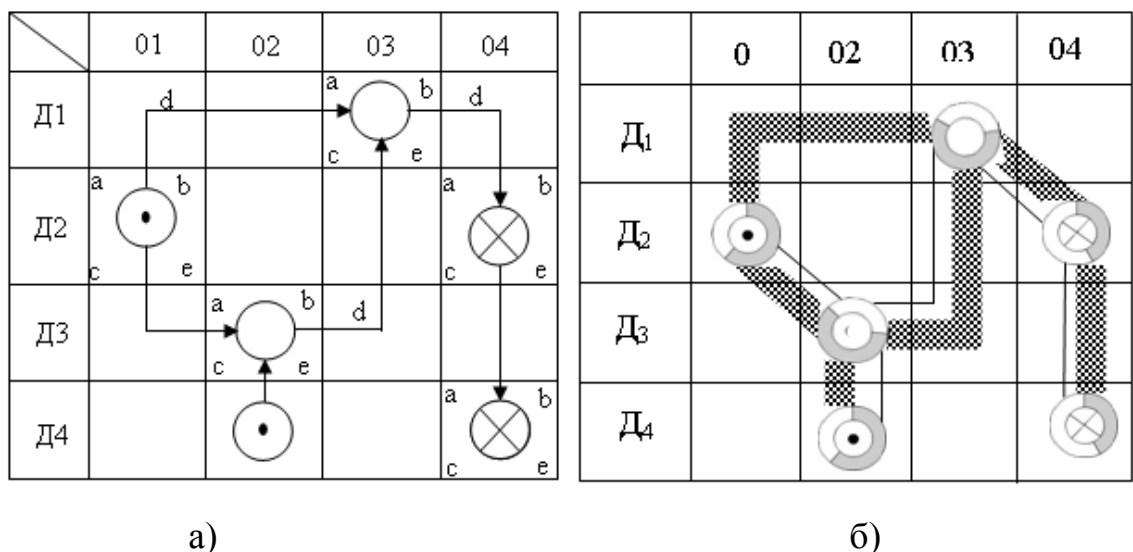


Рис.1.19. Реалізація (а) - двовимірної та (б) - модифікованої двовимірної МРД.



Атрибути двовимірної модифікованої МРД враховують ступінь використання ресурсів процесорів активних вузлів та каналів зв'язку, які розраховуються на основі виразу [138]:

$$K_{ed} = \frac{S_i \cdot G_0}{S_0 \cdot G_i}, \quad (1.10)$$

де  $S_i$  - фактичне число запитів у вузлі ММ;

$G_0$  - максимально можливе число записів або оновлень у вузлі ММ;

$S_0$  - максимально можливе число запитів у вузлі ММ;

$G_i$  - фактичне число записів або оновлень у вузлі ММ.

Описані методи та атрибути побудови матричних моделей руху даних, які викладені в роботах [26, 27, 48, 49] характеризуються функціональними обмеженнями, оскільки не враховують багаторівневість структур руху даних в складних РКС, диференціацію собівартісних характеристик руху даних в активних вузлах МРД, а також диференціацію форм документів та даних ММ, що потребує відповідної диференціації циклів руху даних та епюр руху даних багаторівневих РКС та є предметом досліджень в даній дисертаційній роботі.

В роботі [42] подана класифікація сукупності похідних інформаційних моделей руху даних в РКС, які формалізованим шляхом будуються на основі матричної моделі (див. рис.1.19) та приведений приклад побудови похідних моделей, які включають: модель граф-розгалужене дерево, параметрична часова модель, структурно-часова модель, мережевий граф, суміщений часовий граф, блок-схема алгоритму руху даних, граф-алгоритмічна модель.

Питання дослідження методів організації руху даних в однорівневих КС на основі матричних моделей викладені в роботах І.Р.Пітуха [137] - одного з учнів наукової школи професора Я.М.Николайчука, де досліджені алгоритми та інформаційні технології побудови однорівневих МРД, а також розроблені програмні засоби САПР формалізованої побудови неповної сукупності похідних моделей на основі компонентів VCL середовища Delphi засобами Inprise Delphi [134-136].

В роботах [138-140] за участю автора розроблені теоретичні основи принципів та алгоритмів побудови недиференційованих епюр собівартості руху даних, які завершилися розробкою програмного забезпечення та відповідного інтерфейсу (рис.1.20, 1.21).

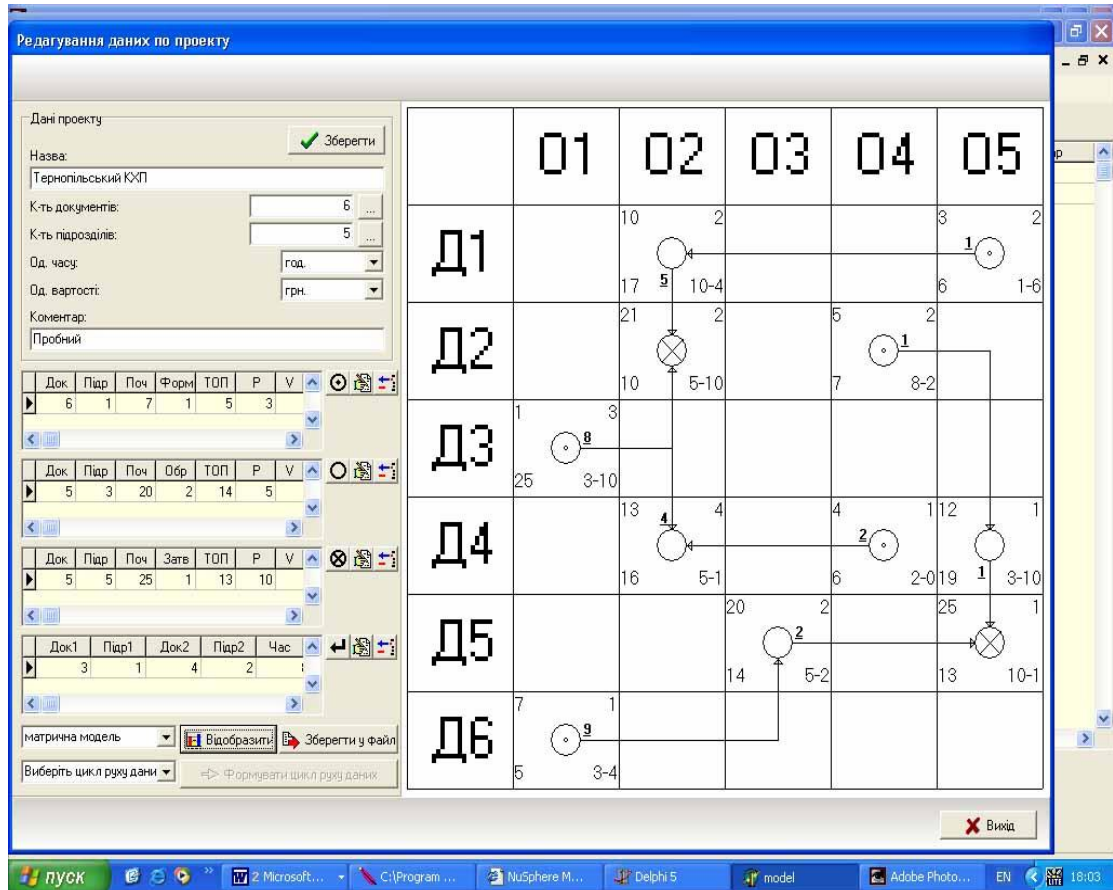


Рис.1.20. Інтерфейс користувача по формалізованому опису МРД

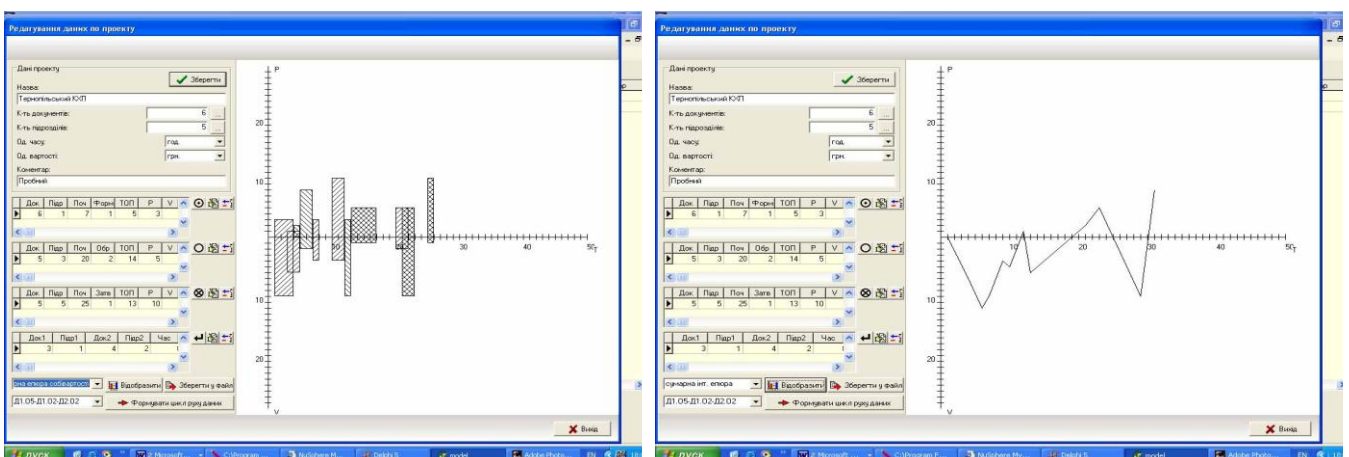


Рис.1.21. Інтерфейс користувача побудови моделей собівартості руху даних.

При побудові граф-алгоритмічних моделей руху даних однорівневих РКС традиційно використовувалася таблиця символів ГОСТ 19.003.80 (табл. 1.5)

Таблиця символів

№ п/п	Позначення	Зміст позначення	№	Позначення	Зміст позначення
1		Неавтономна пам'ять	21		Оптичний канал
2		Автономна пам'ять	22		Ввід-вивід
3		Тверда копія документа	23		Пуск-зупинка
4		Звуковий ввід/вивід	24		Ручний документ
5		Мишка	25		Оператор
6		Магнітно-оптичний диск	26		Джерело-приймач
7		Магнітна дискета	27		Злиття
8		Оптичний диск	28		Виділення
9		Магнітний диск	29		Групування
10		Архів	30		Сортування
11		Магнітна карта	31		Сторінковий з'єднувач
12		Модем	32		Міжсторінковий з'єднувач
13		Дисплей	33		Безпосередня передача
14		Процес	34		Інформаційний потік
15		Рішення	35		Дублювання передачі
16		Модифікація	36		Канал зв'язку
17		Конкретизований процес	37		Матеріальний потік
18		Ручна операція	38		Розшифрування
19		Допоміжна операція	39		Кодування
20		Ручний ввід	40		Копіювання
			41		Автономна обробка

Недоліком такої системи символів граф-алгоритмічних моделей є функціональна обмеженість, а також відсутність атрибутів компонентів новітніх засобів формування, вводу та представлення даних. Наприклад, організація діалогу оператора з дисплеєм комп'ютера без використання "мишки", представлення каналів зв'язку тільки електричними та фізичними лініями без диференціації швидкості передавання даних по стандартних лініях мережі Ethernet (1 Мбіт/с, 10 Мбіт/с, 100 Мбіт/с), радіо-Ethernet (1Гбіт/с) та ін.

Серед названої сукупності моделей важливу роль відіграють граф-алгоритмічні моделі руху даних в РКС, які будуються на основі параметрів мережевого графа, суміщеного часового графа та типу операцій, яка виконується в активному вузлі КС (атрибут С). Даний клас моделей та методологія їх побудови досліджувались в роботах [42], а також суттєво функціонально розширені автором в роботі [129].

В той же час в наукових дослідженнях, які присвячені розробці методів організації руху даних в розподілених комп'ютерних системах даних клас моделей не розглянутий і не досліджений [137].

Таким чином, задача розробки та дослідження методів побудови граф-алгоритмічних моделей є актуальною і потребує поглиблених досліджень, оскільки їх практична реалізація на основі формалізованого опису та відповідного програмного забезпечення відкриває можливості розробки та практичного впровадження багаторівневих МРД, які відповідають технологічній структурі і можуть найбільш адекватно описувати процеси руху структуризованих даних в комп'ютеризованих системах промислових підприємств.

#### 1.5. Методи формування та організації руху структуризованих даних в РКС та постановка задачі дослідження

Проведені в даному розділі дослідження світового досвіду реалізації засобів формування СД, методів аналого-цифрового перетворення потоків технологічних даних, методів оптимізації кодування техніко-економічних даних та методів організації руху даних в РКС показують, що подальше вдосконалення та оптимізація характеристик апаратно-програмних засобів низових рівнів РКС може бути успішно реалізоване на основі комплексу наступних рішень:

- забезпечення високого рівня паралелізму реєстрації технологічних даних в БАЦП, які на рівні АЦК реалізують функції зниження надлишковості кодування даних та їх захисту від помилок;
- широке використання математичних основ новітніх ТЧБ: Крестенсона, Галуа, Уолша та ін. для представлення даних у вигляді фреймів СД, максимально адаптованих до низових рівнів РКС та роботи в умовах інтенсивних промислових завод;
- вдосконалення методів кодового представлення ТЕД;
- розширення сукупності та вдосконалення методів побудови моделей руху даних, а також ідентифікованих моделей собівартості руху даних.

При цьому актуальним є вирішення наступних задач:

- проаналізувати методи формування СД та організації руху потоків даних у РКС;
- на основі класифікації типів даних, які формуються, обробляються та використовуються в РКС, визначити перспективні методи їх структуризації у вигляді фреймів;
- розробити критерії оптимізації процесів формування алфавітно-цифрових, технологічно-економічних та структуризованих даних;
- виконати дослідження засобів формування даних на основі критеріїв оптимізації;
- розробити метод синтезованого формування алфавітно-цифрових та структуризованих даних;
- розробити метод побудови багаторівневої моделі руху даних розподілених комп'ютеризованих систем реального часу на основі подальшого вдосконалення принципів формалізації атрибутів граф-алгоритмічних моделей руху даних та ідентифікованих епюр руху даних;
- вдосконалити алгоритм реалізації стратегії проектування РКС на основі законів доцільності та ідентифікованих циклів руху даних;
- розробити атрибути та програмні засоби побудови багаторівневих граф-алгоритмічних моделей РКС;
- розробити мобільні апаратно-програмні засоби синтезованого вводу СД для низових рівнів РКС.

Побудова моделей складних комп'ютеризованих систем є актуальною задачею, яка направлена на вдосконалення теорії, методології, практики їх проектування та діагностики штатності функціонування в реальному масштабі часу. В методологічному плані вирішення такої задачі потребує врахування проблемної орієнтованості, цілісності та складності, невизначеності, адаптивності, а також універсальності комп'ютеризованої системи [7]. При цьому відповідно визначається ступінь цілеспрямованості та мета функціонування системи, можливості опису системи однією моделлю, оцінка ентропії, що

відображає необхідну кількість керуючої інформації, можливості пристосування системи до впливу зовнішніх факторів, а також опис системи математичними моделями, що мають однакову структуру незалежно від класу об'єктів – джерел інформації.

Важливою задачею проектування комп'ютерних систем є оптимізація їх характеристик на основі критеріїв якості, що описується вихідними параметрами системи:  $D = \{D_1, \dots, D_n\}$ , до яких належать адекватність та достовірність реєстрації станів об'єктів системи, ймовірність помилок при формуванні даних, їх передаванні по каналах зв'язку, цифровій обробці та зберіганні. Ефективність роботи КС при цьому оцінюється середнім часом безвідмовної роботи, ступінню використання ресурсів у вузлах руху даних та собівартістю руху даних.

Як показано в [7], сукупність:

$$D = \{D_1, \dots, D_n\} \quad (1.11)$$

поділяють на підгрупи:

- умови – обмеження функцій системи  $Y = \{Y_1, \dots, Y_p\}$ ;
- обмеження на структуру і параметри  $O_s = \{O_{s1}, \dots, O_{sq}\}$ ;
- показники якості  $K = \langle k_1, \dots, k_m \rangle$  з обмеженнями  $O_k = \{O_{k1}, \dots, O_{kr}\}$ , де обмеження  $O_k$  можуть бути типу рівності, нерівності або функціонального зв'язку.

Приведеній сукупності обмежень задовольняє допустима система, яка задовольняє параметри функціоналу  $D = \{Y, O_s, K, O_k\}$  [7].

При цьому найкращі значення вектора  $k$  показників якості забезпечує оптимальна система  $S_{\text{opt}}$ , яка задовольняє сукупності обмежень та умов  $\{Y, O_s, K, O_k\}$ .

На інженерному рівні синтез оптимальної комп'ютеризованої системи та її компонентів містить рішення наступних задач:

- синтез оптимальної архітектури;
- вибір оптимальних системних характеристик та оптимізація ресурсних параметрів;

– обґрунтування оптимального варіанту побудови.

Важливим показником викладеної методології синтезу комп'ютеризованої системи є виконання обмежень показників якості  $K_1, \dots, K_i, \dots, K_m$ , що задовольняють умови:  $K_i \geq 0$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ),  $\sum_{i=1}^m K_i = \min$ ,  $\sum_{i=1}^m K_i = 0$ , де остання умова відповідає ідеальній системі.

При використанні відомого критерію глобальної оптимальності КС, запропонованого В.К.Стекловим [7] та В.М.Локазюком [8]:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot K_i \rightarrow \min .$$

Коефіцієнти  $\alpha_i$  визначають значимості числових векторних оцінок якості системи.

При формалізації та побудові моделей руху даних з врахуванням собівартісних характеристик реалізації процесів формування, цифрової обробки та архівації даних в складних багаторівневих РКС доцільно використати критерій глобальної оптимальності КС у вигляді [25]:

$$G_{КС} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \Delta EPД}{N} \Rightarrow \max , \quad (1.12)$$

де  $n$  – число часових інтервалів ковзної вибірки;

$N$  – загальне число часових інтервалів;

$\max$  – критерій максимуму позитивних собівартісних показників руху даних.

Задоволення умов критерію глобальної ефективності РКС (1.12) досягається шляхом зменшення собівартісних витрат на реалізацію процесів формування та обробки даних, а також підвищення ступеня використання ресурсів в активних вузлах КС та розширення сукупності похідних моделей. При цьому оптимізація характеристик РКС може виконуватися як на стадії реалізації проєктованих систем, так і на стадії діагностування діючих систем.

В загальному випадку відомі методи та моделі організації руху СД в РКС описуються алгоритмом послідовного виконання системних функцій у вигляді [137]:

$$F_{PKC} = F_1[G(V, B)] \Rightarrow F_2[C_{ij}] \Rightarrow F_3[A_{ij}]_{V, B} \Rightarrow F_4[D, K], \quad (1.13)$$

де  $F_1, F_2, F_3, F_4$ - відповідно формалізований опис процесів організації руху даних у вигляді подання топології РКС, процесів оброблення даних та їх використання для оптимізації параметрів РКС;

$[G(V, B)]$  - орієнтований граф топологічної моделі;

$V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$  - множина вершин елементів архітектур;

$B$  - множина ребер, яка представляє рівні описування об'єкта  $B(V) = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ ;

$[C_{ij}]$  - матриця суміжності, яка описує структурні відношення між елементами системи;

$C_{ij}$  - елемент кількості ребер, спрямованих від вершин  $V_i$  до  $V_j$ ;

$[A_{ij}]_{V, B}$  - булева матриця інциденцій;

$D = \{D_1, \dots, D_l\}$  - сукупність показників критеріїв якості, які поділяються на підгрупи умов, що обмежують функції системи  $Y = \{Y_1, \dots, Y_p\}$ , умов, що обмежують структуру та параметри проектованої системи  $O_s = \{O_{s1}, \dots, O_{sq}\}$ , вектори показників якості, які враховуються в процесі синтезу системи  $K = \langle k_1, \dots, k_m \rangle$ .

Результатом функціоналу  $F_4$  є визначення параметрів допустимої системи  $D = \{Y, O_s, K, O_k\}$ , що задовільняє сукупності обмежень  $O_s$  та умов  $Y$ , причому

$$\sum_{i=1}^m K_i = \min \text{ відповідає умові оптимальної системи.}$$

Суть одного з існуючих методів організації руху даних у послідовному виконанні функцій полягає у наступному виконанні алгоритмів [137]:



$$F_1[\odot \quad \circ \quad \otimes] \Rightarrow F_2 \left\{ \begin{array}{l} E_p = F(T, V, M, S) \\ E_d = F(T, M, V_R, V_W, S) \\ E_{\hat{I}O} = F(T, M, I, S) \\ E_{\tilde{N}\tilde{A}} = F(V_R, V_W, P_i, S) \\ E_{\hat{I}} = F(T, V_R, V_W, S, M) \\ X_{\hat{I}O} = F(X(t), M_x, D_x, \sigma_x, R_{xx}, R_{xy}, M_{ij}, S(w), K_{ij}, \ddot{E}\tilde{N}^2\hat{I}, I_x) \end{array} \right. \Rightarrow (1.14)$$

$$\Rightarrow F_3[K_{ed}, P - V] \Rightarrow F_4[M_1, \hat{O}\hat{I}\hat{D}\hat{A}, \hat{A}\hat{I}\hat{I}\hat{D}\hat{A}, \dots, \hat{I}_n] \Rightarrow F_5 \left\{ \begin{array}{l} \hat{A}\hat{D}\hat{A} \\ \Delta\hat{A}\hat{D}\hat{A}(t_j) \\ \int \Delta\hat{A}\hat{D}\hat{A}(T)dT \\ \sum_{i=1}^n \int \Delta\hat{A}\hat{D}\hat{A}(T)dT \end{array} \right. \Rightarrow F_6[G_{\hat{E}\tilde{N}}] \quad (1.15)$$

де  $\odot$   $\circ$   $\otimes$  - відповідно атрибути джерела, пункту оброблення та пункту затвердження даних;  $E_p, E_d, E_{\hat{I}O}, E_{\tilde{N}\tilde{A}}, E_{\hat{I}}$  - відповідно характеристики системних об'єктів РКС (процесорів, даних, об'єктів управління, систем передавання даних, операторів);  $T$  - часовий параметр,  $V$  - швидкість перетворення даних,  $M$  - об'єм використовуваної пам'яті,  $S$  - системні ресурси;  $X(t)$  - поточні значення технологічних параметрів ОУ,  $M_x$  - математичне сподівання,  $D_x$  - дисперсія,  $\sigma_x$  - середньоквадратичне відхилення,  $R_{xx}$  - автокореляційна функція,  $R_{xy}$  - взаємкореляційна функція,  $M_{ij}$  - матриця нормованих коефіцієнтів взаємкореляції,  $S(w)$  - спектральні моделі,  $K_{ij}$  - матриця імовірностей переходу в різні стани,  $ЛСИМ$  - логіко-статистична інформаційна модель,  $I_x$  - ентропійна модель;  $K_{ed}$  - коефіцієнт ефективності руху даних,  $P - V$  - собівартість виконання операції в активному вузлі матричної моделі;  $M_1$  - матрична модель руху даних,  $\hat{O}\hat{I}\hat{D}\hat{A} (S_0, S_i, C_0, C_i, G)$  - тривимірна матрична модель руху даних ( $S_0$  - максимальне число записів,  $S_i$  - реальне число записів,  $C_0$  - швидкість створення та передавання даних,  $C_i$  - проектна швидкість створення та передавання даних,  $G$  - завантаженість),  $\hat{A}\hat{I}\hat{I}\hat{D}\hat{A} (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, d_0, d_i)$  - двовимірна матрична модель руху даних ( $\alpha_0$  - ресурси зчитування даних;  $\alpha_1$  - ступінь використання ресурсів зчитування даних;  $\alpha_2$  - ступінь використання ресурсів записів;  $d_0, d_i$  - відповідно ресурси та ступінь використання швидкості

передавання даних в каналі зв'язку);  $M_n$  - похідні моделі;  $\dot{A}\dot{D}\ddot{A}$ -сигнальна ЕРД,  $\Delta\dot{A}\dot{D}\ddot{A}(t_j)$ - диференціальна,  $\int \Delta\dot{A}\dot{D}\ddot{A}(T)dT$  -інтегральна,  $\sum_{i=1}^n \int \Delta E_{PD}(T)dT$  -сумарна інтегральна;  $G_{\hat{E}\hat{N}}$  -глобальна характеристика ефективності комп'ютерної системи.

Аналіз існуючого методу організації руху даних в РКС (1.14-1.15) на основі однорівневої матричної моделі руху даних показує, що вона характеризується наступними функціональними обмеженнями:

- атрибути джерела, пункту оброблення та пункту затвердження даних

$F_1[ \odot \circ \otimes ]$  відповідають структурі однорівневої ММРД, що обмежує функціональні можливості такої моделі при проектуванні та діагностуванні характеристик багаторівневих РКС, які формалізовані автором в роботах [46, 141] і адекватно відображаються багаторівневими ММРД, що відповідають трирівневій магістральній архітектурі автоматизованої системи [142];

- у функціоналі відомого методу  $F_2[\bullet]$  (1.14)

$$X_{OY} = F(X(t), M_x, D_x, \sigma_x, R_{xx}, R_{xy}, M_{ij}, S(w), K_{ij}, LCIM, I_x) \quad (1.16)$$

не враховані процедури сумісного формування технологічних даних  $X(t)$  та техніко-економічних даних у вигляді СД, які формуються в реальному часі та враховують характеристики квазістаціонарних;

- характеристичний функціонал об'єкта  $X_{OY}$  не представлений у вигляді фреймів СД, які забезпечують компактне заводо захищене кодування інформації про ОУ, а також захист даних від помилок та несанкціонованого доступу;

- у функціоналі  $F_4[\bullet]$  (1.15) згідно відомих методів реалізації його моделей [137]

$$F_4[M_1, TMRD, DMMPD, \dots, M_n] \quad (1.17)$$

використовується трьохвимірна МРД (ТМРД), яка, як показано в роботі [137], виявилася неефективною у практичному застосуванні;

- у функціоналі  $F_4$  для моделювання руху даних в РКС застосована двовимірна модифікована МРД, яка також має функціональні обмеження і її атрибути не можуть бути реалізовані при проектуванні, діагностиці та моделюванні багаторівневих РКС;

- у сукупності похідних моделей руху даних  $M_n$  функціонала  $F_4$  відсутня граф-алгоритмічна модель (ГАМ), яка відображає типи носіїв інформації, каналів зв'язку комп'ютерної мережі, містить розшифровку алгоритмів формування та побудови моделей джерел інформації, а також аналітики цифрової обробки даних у відповідних активних вузлах комп'ютерної системи;

- відомий функціонал існуючого методу  $F_4$  не враховує диференціацію форм та собівартісних характеристик руху даних в активних вузлах багаторівневих диференційованих МРД та відповідної диференціації епюр руху даних.

Суть запропонованих методів формування та організації структуризованих даних полягає у послідовному виконанні функцій наступних алгоритмів:

$$F_1 \left[ \begin{array}{c} \left( \begin{array}{ccc} \odot, \bigcirc, \otimes & \rightarrow & \odot, \bigcirc, \otimes \\ \dots & & \dots \\ \odot, \bigcirc, \otimes & \rightarrow & \odot, \bigcirc, \otimes \end{array} \right) \rightarrow \otimes \end{array} \right] \Rightarrow \quad (1.18)$$

$$\Rightarrow F_2 \left\{ \begin{array}{l} E_p = F(T, V, M, S) \\ E_d = F(T, M, V_R, V_W, S) \\ E_{i\phi} = F(T, M, I, S) \\ E_{\tilde{N}\tilde{A}} = F(V_R, V_W, P_i, S) \\ E_i = F(T, V_R, V_W, S, M) \\ X_{i\phi} = F(S_i : X(t) + \dot{\Delta}\ddot{A}, M_x, D_x, \sigma_x, R_{xx}, R_{xy}, M_{ij}, S(w), K_{ij}, \ddot{E}\tilde{N}^2\tilde{I}, I_x, \tilde{N}\tilde{A}) \end{array} \right. \Rightarrow \quad (1.19)$$

$$\Rightarrow F_3 [K_{ed}, D(P - V)] \Rightarrow \Rightarrow F_4 [\dot{A}DM_1, \ddot{A}, \dot{A}\ddot{A}\ddot{I}\ddot{D}\ddot{A} \dots, \ddot{A}(\dot{I}_n + \ddot{A}\dot{I})] \Rightarrow \quad (1.20)$$

$$\Rightarrow F_5 \left[ \left\{ \ddot{A}\ddot{O}\ddot{D}\ddot{A}, \ddot{A}\ddot{A}\ddot{D}\ddot{A}, \Delta\dot{A}\ddot{D}\ddot{A}(t_j), \int \Delta\dot{A}\ddot{D}\ddot{A}(T)dT, \sum_{i=1}^n \int \Delta\dot{A}\ddot{D}\ddot{A}(T)dT \right\} \Rightarrow F_6 [G_{\tilde{E}\tilde{N}}] \Rightarrow \right.$$

$$\Rightarrow F_7 \left[ \begin{array}{c} \left( \begin{array}{cccccccc} \text{start} & T & N & S & \{X\} & \{M\} & \{L\} & \text{stop} \end{array} \right) \\ \left( \begin{array}{cccccccc} \Phi & C_i & C_j & N & S & M & L & TEД & \Phi \end{array} \right) \\ \left( \begin{array}{cccccccc} T & N & S & X & M & L & TEД & I \end{array} \right) \end{array} \right] \Rightarrow F_8 \left[ \begin{array}{c} \left( \begin{array}{cccccc} \Phi & C & C & Y & \Phi & \end{array} \right) \\ \left( \begin{array}{cccccc} \Phi & C & C_i & Y & G & \Phi \end{array} \right) \\ \left( \begin{array}{cccccc} \Phi & C & C_i & V & Y & \Phi \end{array} \right) \\ \left( \begin{array}{cccccc} \Phi & C & C_i & W & Y & \Phi \end{array} \right) \end{array} \right],$$

де новизна запропонованих наукових рішень по вдосконаленню методів формування та організації руху потоків даних в багаторівневих РКС полягає у розширенні та вдосконаленні функцій організації руху даних на основі [46, 125, 160]:

- багаторівневої матричної моделі руху даних (1.18);

- розширення функцій формування СД шляхом сумісного кодування технологічних даних  $(x(t))$  та ТЕД (1.18) при заданих квазістаціонарних станах ОУ  $(S_i :)$ , а також реалізація апаратно-програмних засобів синтезованого вводу алфавітно-цифрових даних;

- формування мінімально надлишкових та захищених від помилок фреймів структуризованих даних (СД), які формуються, обробляються, зберігаються та передаються;

- диференціація собівартісних характеристик руху даних в активних вузлах

МРД  $\ddot{A}(P - V) = \sum_{i=1}^m P_i - \sum_{j=1}^n V_j$ , де  $m$  – число диференційованих компонентів прибутків,  $n$  – число диференційованих компонентів витрат в активному вузлі МРД;

- розширення класу МРД до рівня багаторівневих МРД (БМРД) ;

- врахування диференціації форм документів (ДД) та даних ММ по відповідних активних вузлах МРД, що відповідають відповідним об'єктам МРД;

- розширення сукупності похідних моделей руху даних шляхом включення в їх склад важливого класу граф-алгоритмічних моделей;

- диференціації циклів руху даних (ДЦРД) з врахуванням диференціації собівартісних характеристик руху даних в активних вузлах БРДММРД та відповідна диференціація епюр руху даних (ДЕРД).

Теоретичне обґрунтування реалізації функціоналів, їх моделювання та аналіз, а також оцінка ефективності запропонованих методів формування та організації руху структуризованих даних в РКС є предметом дослідження даної дисертації.

## ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз теоретичних основ та критеріїв ефективності методів аналого-цифрового перетворення та формування потоків технологічних даних на низових рівнях РКС.

2. Обґрунтована актуальність наукової задачі розробки та дослідження методів та засобів формування СД, які передбачають сумісне кодування технолого-економічних та алфавітно-цифрових даних в реальному масштабі часу.

3. Проведені дослідження задачі формування та оптимізації кодування ТЕД показали, що в середньому об'єми алфавітно-цифрових даних назв та атрибутів техніко-економічних показників перевищують в 2-5 разів об'єми аналітичних виразів ТЕД на мовах високого рівня, що потребує розв'язання задач їх компактного кодування.

4. Проведений аналіз світового досвіду розробки та впровадження апаратно-програмних засобів формування СД на низових рівнях РКС, включаючи засоби відомих зарубіжних фірм: Analog Device, АВВ, Crossbow Gran Jansen, Zilog, дозволив встановити тенденцію розробки спеціалізованих клавіатур для формування СД на низових рівнях широкого класу інформаційних комп'ютерних систем, включаючи телекомунікаційний мобільний сотовий зв'язок, мультимедійні системи, корпоративні та дистрибутивні промислові системи.

5. На основі аналізу інформаційних характеристик аналітичних виразів ТЕД, які формуються на низових рівнях РКС, встановлено, що середньостатистичні об'єми даних аналітичних виразів, їх алфавітно-цифрових ідентифікаторів та ідентифікаторів на мові високого рівня, складають відповідно 18,5%, 59,5%, 22%.

6. На основі запропонованого методу аналогій системних об'єктів електричних та інформаційних мереж та розширення атрибутів мереж Петрі обґрунтована інформаційна технологія побудови матричних інформаційних моделей спеціалізованих комп'ютерних систем, які складають базову основу розробки методів побудови багаторівневих МРД на основі однорівневих ММРД.

7. Виконана постановка задачі вдосконалення та оптимізації функціонально-технічних характеристик методів та засобів формування та моделювання руху СД в багаторівневих РКС.

## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ СД В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ

#### 2.1. Систематизація та дослідження асимптотики продукційних моделей об'єктів управління як джерел інформації

Однією з найважливіших задач при проектуванні КС є розробка ефективних методів формування структуризованих даних, що реалізуються на низових рівнях системи, а також синтез сукупності моделей джерел інформації, які враховують проблемну орієнтованість КС. Приклад класифікації такої сукупності моделей приведений в роботі [48], де показано, що опис об'єктів управління КС базується на характеристичному функціоналі

$$F_{OY}(T, M, I, S), \quad (2.1)$$

де  $T$  – час,

$M$  – модель об'єкта,

$I$  – ентропія,

$S$  – системні функції.

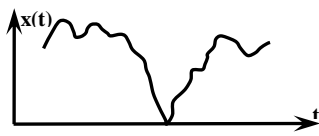
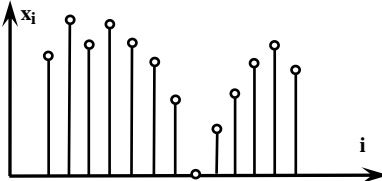
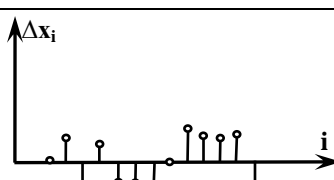
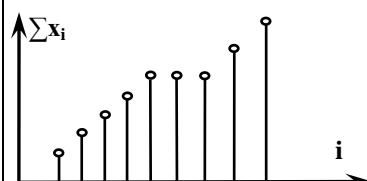
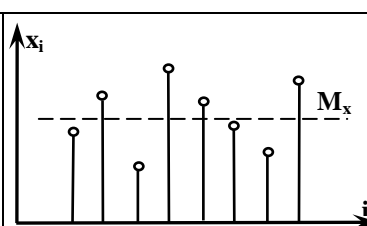
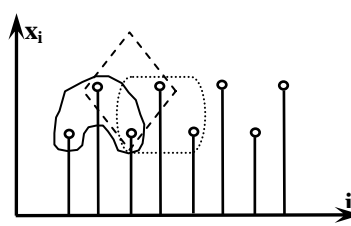
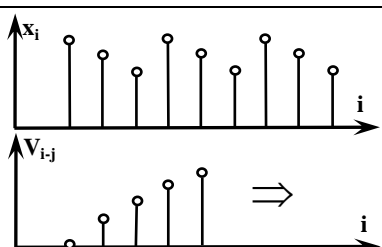
Недоліком названого функціоналу є відсутність опису продукційних моделей подання знань, які відповідають класифікованим математичним моделям, що суттєво ускладнює можливості практичного доцільного застосування їх сукупності на низових рівнях РКС.

У табл. 2.1 приведена систематизація моделей об'єктів управління РКС, які описуються функціоналом

$$X_{OY} = F(S_i : X(t), M_x, D_x, \sigma_x, R_{xx}, R_{xy}, M_{ij}, S(w), K_{ij}, ЛСИМ, I_x) \quad (2.2)$$

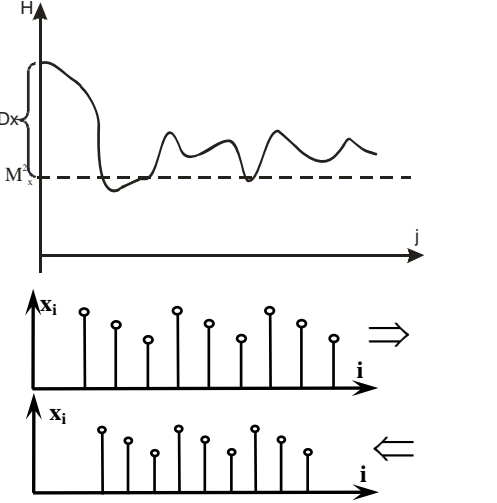
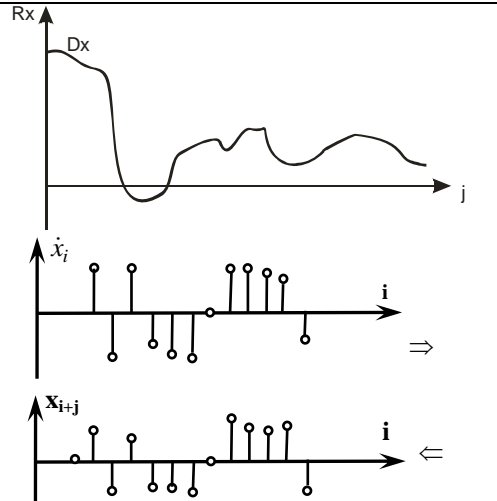
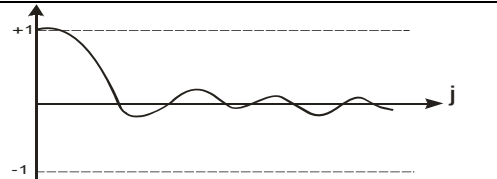
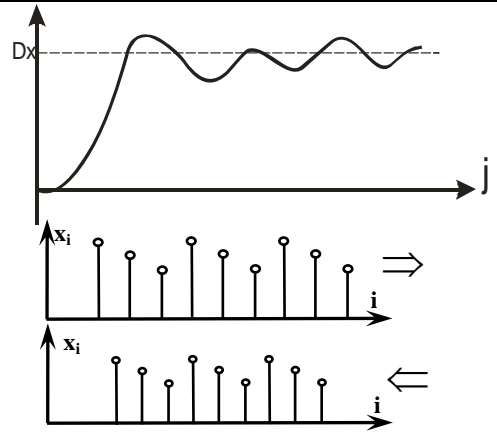
та включають математичні й продукційні моделі статистичних, кореляційних, спектральних, матричних, логіко-статистичних та ентропійних характеристик об'єктів [28, 80, 82, 85, 141].

## Систематизація аналітичних продукційних моделей РКС

№	Типи моделей ОУ	Аналітичний вираз	Продукційна модель
1	2	3	4
1	Сигнальні аналогові	$M = X(t)$	
2	Сигнальні дискретизовані і квантовані	$M = x_i, i \in \overline{1, n},$ $0 \leq x_i \leq A,$ де $X_i$ – дискретизоване квантоване значення ОУ, $n$ – об'єм вибірки, $A$ – діапазон квантування	
3	Дискретні різниці	$M = \Delta X_i = X_{i+1} - X_i,$ де $\Delta X_i$ – перші прирости станів ОУ.	
4	Дискретні інтегральні	$M = \sum_{i=1}^k X_i,$ де $k$ – число сумувань дискретних станів ОУ.	
5	Статистичні:		
5.1	вибіркове математичне сподівання	$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	
5.2	ковзне математичне сподівання	$M_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1+j}^{m+j} X_{i+j},$ $j = 0, 1, 2, \dots$ де $j = 0, 1, 2, \dots$ – дискретний зсув;	
5.3	вагове математичне сподівання	$M_v = \sum_{i=1+j}^{m+j} V_{i-j} \cdot X_{i+j},$ де $V_i$ – вагова функція;	



5.4	дисперсія	$D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - M_x)^2 ;$ $x_i - M_x = x_i$	
5.5	середньоквадратичне відхилення	$\sigma_x = \sqrt{D_x}$	
6 Автокореляційні моделі			
6.1	знакова	$B_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{sign } x_i \cdot \text{sign } x_{i+j}$ $\text{sign } x_i = \begin{cases} +1, & x_i \geq 0 \\ -1, & x_i < 0 \end{cases} ;$	
6.2	релейна	$H_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \cdot \text{sign } x_{i+j}$	

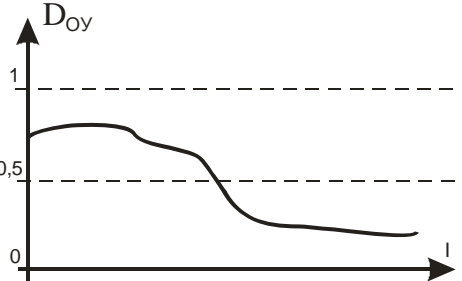
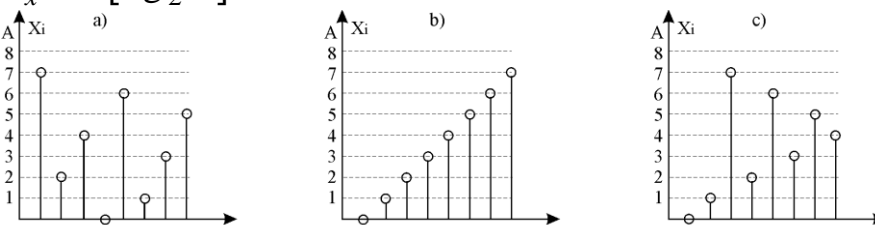
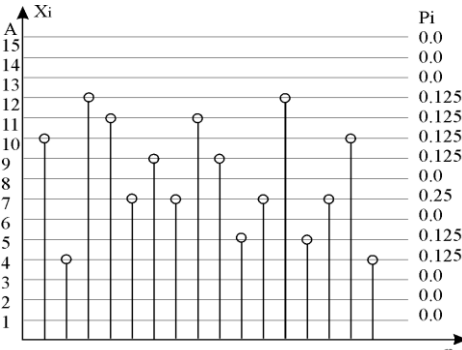
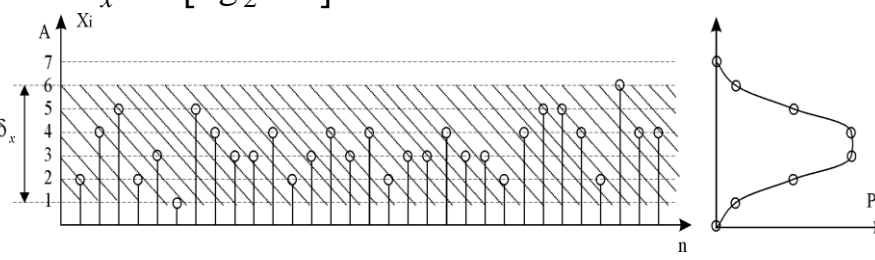
6.3	коваріаційна	$K_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \cdot x_{i+j}$	 <p>The figure shows three vertically stacked plots. The top plot is a continuous curve representing the covariance function <math>H_x(j)</math> against lag <math>j</math>. The y-axis is labeled <math>H_x</math> and has a dashed horizontal line at <math>M_x^2</math> and a bracket indicating <math>D_x</math>. The curve starts at <math>M_x^2</math> and decays with oscillations. The middle plot shows a discrete signal <math>x_i</math> as a stem plot against <math>i</math>, with an arrow pointing right. The bottom plot shows the same stem plot <math>x_i</math> against <math>i</math>, with an arrow pointing left.</p>
6.4	кореляційна	$R_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \cdot x_{i+j}$	 <p>The figure shows three vertically stacked plots. The top plot is a continuous curve representing the correlation function <math>R_x(j)</math> against lag <math>j</math>. The y-axis is labeled <math>R_x</math> and has a dashed horizontal line at <math>D_x</math>. The curve starts at <math>D_x</math> and decays with oscillations. The middle plot shows a discrete signal <math>x_i</math> as a stem plot against <math>i</math>, with an arrow pointing right. The bottom plot shows a discrete signal <math>x_{i+j}</math> as a stem plot against <math>i</math>, with an arrow pointing left.</p>
6.5	нормована кореляційна	$\rho_{xx}(j) = \frac{R_{xx}(j)}{D_{xx}}$	 <p>The figure shows a single plot of the normalized correlation function <math>\rho_{xx}(j)</math> against lag <math>j</math>. The y-axis has dashed horizontal lines at <math>+1</math> and <math>-1</math>. The curve starts at <math>+1</math> and decays with oscillations.</p>
6.6	структурна	$C_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i+j})^2$	 <p>The figure shows three vertically stacked plots. The top plot is a continuous curve representing the structural function <math>C_{xx}(j)</math> against lag <math>j</math>. The y-axis is labeled <math>C_{xx}</math> and has a dashed horizontal line at <math>D_x</math>. The curve starts at <math>D_x</math> and decays with oscillations. The middle plot shows a discrete signal <math>x_i</math> as a stem plot against <math>i</math>, with an arrow pointing right. The bottom plot shows the same stem plot <math>x_i</math> against <math>i</math>, with an arrow pointing left.</p>

Продовження таблиці 2.1

6.7	модульна	$G_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n  x_i - x_{i+j} $	
6.8	нормована модульна	$g_{xx}(j) = \frac{C_{xx}(j)}{M_x} - M_x$	
6.9	еквівалентна	$F_{xx}(j) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \check{Z}_{ij};$ $\check{Z}_{ij} = \begin{cases} x_i, & x_i < x_{i+j} \\ x_j, & x_i \geq x_{i+j} \end{cases}$	
7 Взаємкореляційні моделі між двома параметрами ОУ			
7.1	взаємознакова	$B_{xy}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \overset{o}{\text{sign}} x_i \cdot \overset{o}{\text{sign}} y_{i+j}$	
7.2	взаєморелейна	$H_{xy}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \cdot \overset{o}{\text{sign}} y_{i+j}$	
7.3	взаємоковаріаційна	$K_{xy}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_{i+j}$	
7.4	взаємкореляційна	$R_{xy}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \overset{o}{x}_i \cdot \overset{o}{y}_{i+j}$	

7.5	нормована взаємкореляційна	$P_{xy}(j) = \frac{R_{xy}(j)}{\sqrt{D_x \cdot D_y}},$ <p>якщо <math>j = 0</math>, то <math>P_{xy}(0)</math> – нормований коефіцієнт взаємкореляції</p> $P_{xy}(0) = \frac{R_{xy}(0)}{\sqrt{D_x \cdot D_y}}.$	
8	Взаємкореляційна матрична модель ОУ	$\begin{pmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \dots & \rho_{1j} & \dots & \rho_{1m} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \dots & \rho_{2j} & \dots & \rho_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{i1} & \rho_{i2} & \dots & \rho_{ij} & \dots & \rho_{im} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{ni} & \rho_{n2} & \dots & \rho_{nj} & \dots & \rho_{nm} \end{pmatrix},$ <p>де <math>\rho_{ij} = \frac{R_{ij}(0)}{\sqrt{D_i \cdot D_j}}</math> – нормований коефіцієнт взаємкореляції між параметрами ОУ; <math>R_{ij}</math> – взаємкореляційна модель між <math>i</math> та <math>j</math> параметром; ..... - інформативні наддіагональні параметри матриці <math>\rho_{ij}</math></p>	
9	Логіко-статистичні інформаційні моделі (ЛСІМ), які контролюють відхилення станів ОУ від норми		
9.1	Перша ЛСІМ по амплітуді	$L1 = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}, a_{i_k} = \begin{cases} 0, & \text{при } x_{i_k} \in E1_i, \\ 1, & \text{при } x_{i_k} \notin E1_i; \end{cases}$	
9.2	Друга ЛСІМ по динаміці	$L_2 = \begin{cases} 0, & C_{xx}(j) < \varepsilon_2, \\ 1, & C_{xx}(j) \geq \varepsilon_2. \end{cases}$ $C_{xx}(j+k) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+k}^{n+k} (x_{i+k} - x_{i+k+j})^2 \quad k = 0, 1, 2 \dots n; \quad i = 1, 2 \dots$	

<p>9.3</p>	<p>Третя ЛСІМ по фазі</p>	$L_3 = \begin{cases} 0, & \rho_{xy} > 0 \\ 1, & \rho_{xy} \leq 0, \end{cases}$ $\rho_{xy}(0) = \frac{\sum_{i+k}^{n+k} x_{i+k} \cdot y_{i+k}}{\sqrt{\sum_{i+k}^{n+k} (x_{i+k} - M_x)^2 \cdot \sum_{i+k}^{n+k} (y_{i+k} - M_y)^2}}$
<p>9.4</p>	<p>Четверта ЛСІМ по спектру</p>	$L_4 = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}, \quad d_i = \begin{cases} 0, & \text{при } E A_i \subset A_i, \\ 1, & \text{при } E A_i \not\subset A_i. \end{cases}$
<p>9.5</p>	<p>П'ята ЛСІМ по глобальній дисперсії</p>	$L_5 = \begin{cases} 0, & D_{\rho_k^*} > \varepsilon_5, \\ 1, & D_{\rho_k^*} \leq \varepsilon_5. \end{cases} \quad \rho = \begin{pmatrix} \rho_{11} & \rho_{12} & \dots & \rho_{1i} & \dots & \rho_{1m} \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \dots & \rho_{2i} & \dots & \rho_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{j1} & \rho_{j2} & \dots & \rho_{ji} & \dots & \rho_{jm} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho_{n1} & \rho_{n2} & \dots & \rho_{ni} & \dots & \rho_{nm} \end{pmatrix}.$

		$\rho_{12}, \rho_{13}, \dots, \rho_{1m}, \rho_{23}, \rho_{24}, \dots, \rho_{2m}, \dots, \rho_{nm}$ $1 \quad 2 \quad \dots \quad m+1 \quad \dots \quad k$ $D_{\rho_k} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{i=1}^k (\rho_k^*)^2$ $\rho_{12} \quad \dots \quad \rho_{1m} \quad \rho_{23} \quad \dots \quad \rho_{3m}$ 
10	Ентропійні моделі	
10.1	Хартлі	$I_x = E[\log_2 A]$ 
10.2	Шеннона	$I_x = P_i \cdot \log_2 \frac{1}{P_i}$ 
10.3	“3σx”	$I_x = E[\log_2 3\sigma_x]$ 
10.4	Автокореляційна оцінка ентропії	$I_x = \log_2 2\pi l + \frac{1}{2} \log_2 (D_x^2 - R_{xx}^2(j))$

Слід зауважити, що одним з функціональних обмежень застосування використаних в табл.2.1 математичних та продукційних моделей в промислових умовах є їх відповідність до одноканальних та багатоканальних об'єктів зі стаціонарними характеристиками.

На рис.2.1 приведений приклад реалізації продукційної моделі квазістаціонарного ОУ.

Особливістю квазістаціонарних ОУ, які в більшості відповідають реальним технологічним процесам, є стрибкоподібна зміна елементів функціоналів  $X_{OY}$  та  $F_{OY}$ , тобто  $(Mx, Dx, \delta x, Rxx, S_{(\omega)}, Ix) \Rightarrow \text{var}(t)$ . При чому, перелічені параметри є постійними на інтервалах  $t_{i-1} \leq t \leq t_i, i = 1, 2, \dots$

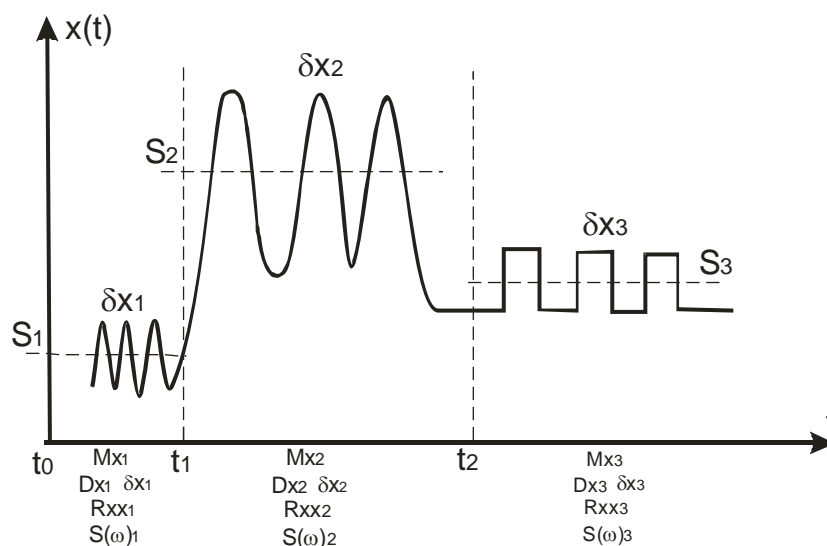


Рис.2.1. Реалізація продукційної моделі квазістаціонарного ОУ  
( $S_1, S_2, S_3$  – відповідні квазістаціонарні стани ОУ)

Таким чином, функціонал  $X_{OY}$  (1.19), який враховує квазістаціонарні властивості ОУ, повинен бути розширений ідентифікатором його стану  $S_i$ , що найбільш доцільно виконувати при формуванні масивів ТЕД:

$$X_{OY} = F(S_i : X(t) + ТЕД, M_x, D_x, \sigma_x, R_{xx}, R_{xy}, M_{ij}, S(\omega), K_{ij}, ЛСИМ, I_x, СД).$$

Оскільки кодування даних про стани ОУ та його характеристичні параметри може бути найбільш ефективно реалізовано на рівні сенсорів та БАЦК у базисах Крестенсона та Галуа, як показано в підрозділі 1.1, доцільно більш глибоко дослідити методи формування СД в базисах Крестенсона та Галуа.

## 2.2. Теоретичне обґрунтування та розробка методів формування СД в базисах Крестенсона та Галуа

Світовий досвід створення процесорів для комп'ютерних систем за останні 50 років, поряд із застосуванням теоретико-числового базису (ТЧБ) Радемахера, який породжує двійкову систему числення, демонструє тенденцію все ширшого застосування інших ТЧБ, в тому числі: Унітарного, Хаара, Крейга, Крестенсона, Уолша та Галуа. Реалізація спеціалізованих, сигнальних, комутаційних та проблемно-орієнтованих процесорів цифрової обробки даних часто виконується на базі сумісного використання комбінацій названих ТЧБ, наприклад Уолша-Хаара, Крестенсона-Галуа та ін.

Перспективним напрямком розвитку теорії та технологій побудови універсальних комп'ютерних засобів є реалізація супершвидкодіючих мультибазисних RCG-процесорів на основі базисів Радемахера, Крестенсона і Галуа [143]. Відомі успішні спроби розвитку теорії та техніки побудови матричних процесорів на основі двовимірних базисів Радемахера та Галуа, а також конвеєрних спецпроцесорів у базисі Галуа [96].

Спостережувані тенденції розвитку теорії методології та техніки процесорів комп'ютерних систем обумовлені теоретичним та ідейним насиченням можливостей застосування базису Радемахера для побудови арифметико-логічних компонентів процесорів, до яких ставляться все жорсткіші вимоги щодо швидкодії, покращення регулярності структури та розширення функціональних можливостей.

У зв'язку з цим існує проблема глибокого дослідження характеристик «нерадемахівських» ТЧБ та граничних можливостей їх застосування для реалізації компонентів як спеціалізованих, так і універсальних процесорів. При цьому перспективним використанням, крім найбільш сьогодні масового одновимірного (векторного) представлення чисел та виконання арифметико-логічних операцій у базисі Радемахера перспективним є застосування двовимірних систем числення, вертикальної інформаційної технології у базисі



Галуа та різних форм багатовимірного представлення чисел у вигляді залишків різних форм системи залишкових класів базису Крестенсона [143, 144].

У табл. 2.2 приведені характеристики кодових матриць ТЧБ Радемахера, Крестенсона та Галуа, які найширше використовуються для кодування та цифрової обробки даних в інформаційних системах, а також мають властивості мінімальної надлишковості по відношенню до наступних базисів Унітарного, Хаара, Крейга [23].

Таблиця 2.2

Характеристики кодових матриць ТЧБ

Базис	Кодові матриці	N	V
Радемахера	$M_{Rad} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \end{pmatrix}$	$n = \frac{N \cdot \log_2 N}{2}$	$V = N \cdot \log_2 N$
Крестенсона	$M_{Cres} = \begin{pmatrix} P_1 & P_2 & \dots & P_n \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ 2 & 2 & \dots & 2 \\ 0 & 3 & \dots & 3 \\ 1 & 4 & \dots & 4 \\ 2 & 0 & \dots & 5 \\ 0 & 1 & \dots & 6 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_1 & a_2 & \dots & a_n \end{pmatrix}$	$n = \prod_{i=1}^m P_i$	$V = \sum_{i=1}^m \log_2(P_i)$
Галуа	$M_{Gal} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ \dots \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$	$n = \frac{N}{2}$	$V = N$

В табл. 2.2: N – діапазон представлення чисел, V – об’єм кодової матриці, n – число інформативних елементів, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>i</sub>, ..., P<sub>m</sub> – набір взаємо простих модулів

СЗК базису Крестенсона,  $a_i = P_i - 1$ . Дані табл. 2.2 свідчать про те, що однаковими кодовими матрицями володіють бази Радемахера та Крестенсона, а найбільш компактною матрицею, яка вироджується у вектор, володіє базис Галуа.

Система числення залишкових класів базису Крестенсона, розроблена Акушким І.Я. та Юдіцким Д.І. [97], особливо її цілочисельна форма, широко використовувалась починаючи з 70-х років минулого століття для побудови швидкодіючих спеціалізованих процесорів систем повітряної оборони колишнього СРСР, а також за той же період реалізована професором Я.М.Николайчуком у системі контролю та управління процесами буріння «АТОС-Б» та інших цифрових пристроях низових рівнів комп'ютерних систем [101-104].

Нормалізована форма СЗК, запропонована науковою школою проф. Николайчука Я.М., широко використана в телекомунікаційних процесорах інформаційних систем нафтогазової промисловості [103-105, 108-111].

Перспективними модифікаціями СЗК, які в даний час глибоко досліджуються на кафедрі спеціалізованих комп'ютерних систем Тернопільського національного економічного університету, є розроблена досконала цілочисельна та, особливо, її нормалізована форма, а також запропонована розмежована форма СЗК (табл. 2.3).

Відомі чотири форми перетворення залишкових класів [97, 98, 103], які базуються на аналітиці прямих та зворотніх перетворень (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Теоретичні положення перетворень СЗК базису Крестенсона

№ п\п	Пряме перетворення форми СЗК	Зворотнє перетворення форми СЗК
1.	Цілочисельна форма СЗК [97]	
	$N_k = (b_1 b_2 \dots b_i \dots b_k)_{(p_1 p_2 \dots p_i \dots p_k)}$ $N_k = b_i \pmod{p_i},$ $N_k = a_i p_i + b_i,$ $P = \prod_{i=1}^k p_i; 0 \leq N_k \leq P.$	$b_i = \text{res} N_k \pmod{p_i}$ $N_k = \text{res} \sum_{i=1}^k b_i \cdot B_i \pmod{P},$ $B_i = \frac{P}{p_i} \cdot m_i \equiv 1 \pmod{p_i}.$
2.	Нормалізована форма СЗК [98, 103]	

	$\frac{N_k}{P} = \text{res} \sum_{i=1}^k \frac{b_i \cdot B_i \pmod{P}}{P},$ $[N_k]_0 = \text{res} \sum_{i=1}^k b_i \cdot \frac{B_i}{P} \pmod{1},$ $0 \leq [N_k]_0 \leq P-1; \frac{B_i}{P} = \frac{1}{p_i},$ $\delta_p \leq \frac{1}{P}, \frac{1}{p_i} = 0.\overbrace{g}^{n_i} \overbrace{g}^{\delta_p} g g g g g,$	$[N_k]_0 = \text{res} \sum_{i=1}^k b_i \cdot \frac{m_i}{P_i} \pmod{1}$ $[N_k]_0 = \text{res} \sum_{i=1}^k [b_i]_0 \cdot m_i \pmod{1},$ $[b_i]_0 = \frac{b_i}{p_i}, 0 \leq [b_i]_0 \leq 1.$ $N_k = \text{int}[N_k]_0 \cdot P,$
3.	Досконала форма СЗК [98]	
	$[N_k]_0 = \text{res} \sum_{i=1}^k [b_i]_0 \pmod{1}.$	$b_i = \text{int} \text{res}[N_k]_0 \pmod{1} \cdot P_i$
4.	Розмежована форма СЗК [98]	
	$N_k = N_{1k} + N_{2k} + \dots + N_{ik} + \dots + N_{nk},$	$b_1 = (b_{11} + b_{21} + \dots + b_{i1} + \dots + b_{n1}) \pmod{p_1}$ $b_2 = (b_{12} + b_{22} + \dots + b_{i2} + \dots + b_{n2}) \pmod{p_2}$ $\dots$ $b_i = (b_{1i} + b_{2i} + \dots + b_{ii} + \dots + b_{ni})$ $\dots$ $b_k = (b_{1k} + b_{2k} + \dots + b_{ik} + \dots + b_{nk})$

В табл.2.3:  $N_k$  – число у позиційній системі числення (у базисі Радемахера);  $(b_1 b_2 \dots b_i \dots b_k)$  – представлення числа у СЗК;  $(p_1 p_2 \dots p_i \dots p_k)$  - набір взаємно простих модулів СЗК;  $b_i$  - найменший невід'ємний залишок;  $P$  – діапазон кодування чисел в СЗК;  $a_i$  – ранг;  $K$  – число модулів СЗК;  $B_i$  – базисні числа СЗК;  $\text{res}$  – символ операції знаходження найменшого невід'ємного залишку;  $\text{int}$  – символ операції виділення цілої частини;  $\text{mod}$  - символ операції по модулю;  $m_i$  – ранговий коефіцієнт СЗК;  $\delta_p$  – дробова частина в нормалізованій формі СЗК;  $[N_k]_0, [b_i]_0$  – відповідно число та залишок в нормалізованій формі базису Радемахера.

Система числення в базисі Галуа знайшла потужне застосування при реалізації вертикальної інформаційної технології у розподілених комп'ютерних системах контролю та обліку витрати енергоносіїв «ALFIYA», а також реалізації швидкодіючих конвеєрних спецпроцесорів [77, 87, 95, 96].

В даний час виконуються активні дослідження двовимірних (матричних) форм систем числення базисів Радемахера та Галуа [148].

На основі аналізу характеристик та функціональних можливостей використання ТЧБ для формування СД на низових рівнях РКС запропонований метод компактного завадозахищеного формування СД на основі ТЧБ Крестенсона, який описується наступним алгоритмом

$$\left. \begin{array}{l} x_1(t) \rightarrow x_{i1} \rightarrow p_1 \rightarrow b_1 \\ x_2(t) \rightarrow x_{i2} \rightarrow p_2 \rightarrow b_2 \\ \dots \\ x_j(t) \rightarrow x_{ij} \rightarrow p_j \rightarrow b_j \\ \dots \\ x_m(t) \rightarrow x_{im} \rightarrow p_{k-1} \rightarrow b_{k-1} \\ D_i \rightarrow p_k \rightarrow b_k \end{array} \right\} N_k = \text{res} \sum_{j=1}^k b_j B_j (\text{mod } P); \quad (2.3)$$

$$B_j = \frac{P}{p_j} m_j = 1(\text{mod } p_j),$$

де  $x_j(t)$  - аналогові дані телеметрії;

$x_{ij}$  - цифрові дані телеметрії;

$D_i$  - ТЕД;

$p_1, p_2, \dots, p_k$  - система взаємно простих модулів;

$b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_k$  - набір найменших невід'ємних залишків;

$B_j$  - система ортогональних базисів СЗК.

При використанні нормалізованої досконалої форми СЗК даний метод формування СД реалізується у вигляді більш простого алгоритму:

$$\left. \begin{array}{l} x_1(t) \rightarrow x_{i1} \rightarrow p_1 \rightarrow [b_1]_0 \\ x_2(t) \rightarrow x_{i2} \rightarrow p_2 \rightarrow [b_2]_0 \\ \dots \\ x_j(t) \rightarrow x_{ij} \rightarrow p_j \rightarrow [b_j]_0 \\ \dots \\ x_m(t) \rightarrow x_{im} \rightarrow p_{k-1} \rightarrow [b_{k-1}]_0 \\ D_i \rightarrow p_k \rightarrow [b_k]_0 \end{array} \right\} [N_k]_0 = \text{res} \sum_{i=1}^k [b_i]_0 (\text{mod } 1); \quad (2.4)$$

$$b_i = \text{int } \text{res}[N_k]_0 \pmod{1} \cdot P,$$

де  $[N_k]_0$  - аналітичний вираз з табл. 1.1.

При розрахунку часової складності алгоритмів формування СД в базисі Крестенсона використані характеристики часової складності виконання операцій сумування, множення та ділення, які виконуються універсальними процесорами різної розрядності ( $n$ ) [149]:

- операція сумування паралельних кодів  $\Sigma$  -  $2n$  тактів;
  - операція множення  $\Pi$  -  $n^2$  тактів;
  - операція ділення  $\Pi$  -  $(n+1)^2$  тактів;
  - операція сумування унітарних кодів базису Галуа  $G$  -  $10$  тактів,
- згідно аналітичних виразів:

$$C_{\text{mod } P} = k \cdot [\Sigma + \Pi + \Pi]; C_{\text{mod } 1} = k \cdot [1 + \Sigma]; C_G = 10, \quad (2.5)$$

де  $k$  - число модулів розширеного базису Крестенсона.

Теоретичною основою базису Галуа є система квазіортогональних кусково-постійних функцій, які містяться серед аналогічних функцій базису Уолша і володіють рекурентними властивостями, тобто

$$G_{i+1} = G_i \bar{\oplus} G_{i-n}; n=4, \quad (2.6)$$

які породжуються незвідним алгебраїчним многочленом [151]:

$$G(x) = a_{n-1} \times x^{n-1} + a_{n-2} \times x^{n-2} + \dots + a_1 \times x + a_0.$$

У виразі (2.6) кожному значенню  $n$  відповідає відповідна сукупність неприводимих поліномів, які приведені в табл.2.4 [144].

В результаті використання кодів поля Галуа для кодування телеметричної інформації з врахуванням рекурентних властивостей кодової матриці базису Галуа (див. табл.2.2) реалізований алгоритм кодування даних на основі вертикальної інтегральної інформаційної технології (рис.2.2) [153].

## Незвідні поліноми базису Галуа

$p$	$r$	$\pi(x); [x^r = f(x)]$	$p$	$r$	$\pi(x); [x^r = f(x)]$
2	2	$x^2 + x + 1$	2	17	$x^{17} + x^3 + 1$
	3	$x^3 + x + 1; x^3 + x^2 + 1$		18	$x^{18} + x^7 + 1$
	4	$x^4 + x + 1$		19	$x^{19} + x^5 + x^2 + x + 1$
	5	$x^5 + x^2 + 1$		20	$x^{20} + x^3 + 1$
	6	$x^6 + x + 1$		21	$x^{21} + x^2 + 1$
	7	$x^7 + x + 1; x^7 + x^3 + 1$		22	$x^{22} + x + 1$
	8	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$		23	$x^{23} + x^5 + 1$
	9	$x^9 + x^4 + 1$		24	$x^{24} + x^7 + x^2 + x + 1$
	10	$x^{10} + x^3 + 1$		25	$x^{25} + x^3 + 1$
	11	$x^{11} + x^2 + 1$		26	$x^{26} + x^6 + x^2 + x + 1$
	12	$x^{12} + x^6 + x^4 + x + 1$		3	2
13	$x^{13} + x^4 + x^3 + x + 1$	3	$x^3 + 2 \cdot x + 1; [x^3 = x + 2]$		
4	$x^{14} + x^{10} + x^6 + x + 1$	4	$x^4 + x + 2; [x^4 = 2 \cdot x + 1]$		
5	$x^{15} + x + 1$	5	2	$x^2 + x + 3; [x^2 = 4 \cdot x + 2]$	
6	$x^{16} + x^{12} + x^3 + x + 1$	7	2	$x^2 + x + 3; [x^2 = 6 \cdot x + 4]$	

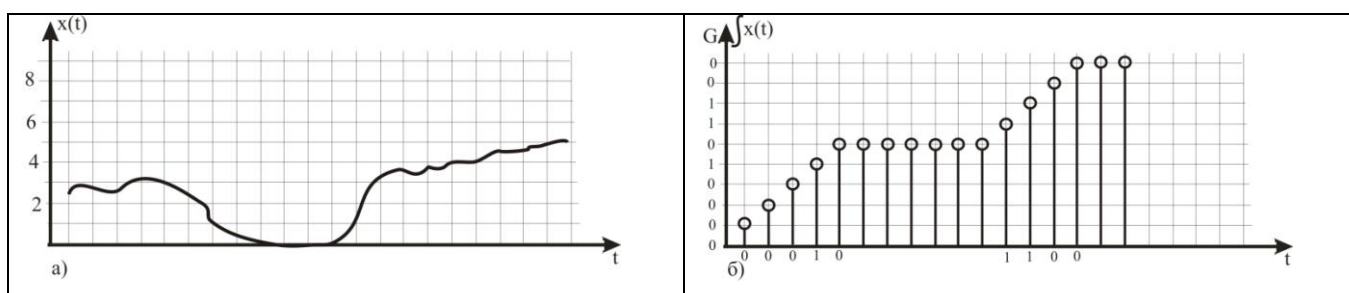


Рис.2.2. Реалізація кодування технологічних даних на основі вертикальної інтегральної технології в базисі Галуа.(а,б).

У випадку формування технологічних даних багатоканальною системою у базисі Галуа реалізується метод рекурсивного завадозахищеного формування СД у вигляді асинхронного алгоритму:

$$\left. \begin{array}{l} x_1(t) \rightarrow G_{1i} \rightarrow G_{1,i-1} \dots G_{1,i-n} \dots G_{1,i-(n+k)} \\ x_2(t) \rightarrow G_{2i} \rightarrow G_{2,i-1} \dots G_{2,i-n} \dots G_{2,i-(n+k)} \\ \dots\dots \\ x_m(t) \rightarrow G_{mi} \rightarrow G_{m,i-1} \dots G_{m,i-n} \dots G_{1,i-(n+k)} \\ D_{oi} \rightarrow G_{oi} \end{array} \right\} \Rightarrow G_1, G_2, \dots G_j \dots G_m, G_{oi}. \quad (2.7)$$

При розрахунку часової складності даного алгоритму використані характеристики часової складності виконання операцій:

- аналого-цифрового перетворення АЦП типу напруга-частота-код (додаток А1, №12) А – 120 тактів;
  - регістра зсуву R– 1 такт;
  - логічного елемента "виключаюче АБО" L – 2 такти;
  - формувача широтно-модульованих імпульсів базису Крейга S – 2 такти,
- згідно аналітичного виразу:

$$C_{2\partial} = k \cdot [A + R + L + S].$$

При використанні БАЦК скануючого типу у базисі Галуа (див. рис.1.5) формується синхронний потік даних рекурентних кодів Галуа, які доповнюються біт-орієнтованим інформаційним потоком ТЕД згідно алгоритму:

$$\left. \begin{array}{l} x_1(t) \rightarrow (G_{1,i-1} \dots G_{1,i-n} \dots G_{1,i-(n+k)}) \rightarrow G_{x1} \\ x_2(t) \rightarrow (G_{2,i-1} \dots G_{2,i-n} \dots G_{2,i-(n+k)}) \rightarrow G_{x2} \\ \dots\dots \\ x_m(t) \rightarrow (G_{m,i-1} \dots G_{m,i-n} \dots G_{1,i-(n+k)}) \rightarrow G_{xm} \\ D_{oi} \rightarrow G_{oi} \rightarrow G_{0m+1} \end{array} \right\} \Rightarrow G_{x1}, G_{x2}, \dots G_{xj} \dots G_{km}, G_{o,m+1}. \quad (2.8)$$

Оцінку часової складності синхронного алгоритму формування СД в базисі Галуа виконано на основі характеристик часової складності виконання операцій згідно виразу (1.11).

Результати дослідження складності алгоритмів запропонованих методів формування СД у базисі Крестенсона та Галуа в залежності від діапазону

квантування  $x_{ij}$  та числа каналів вхідних телеметричних даних ( $m$ ) приведені на рис.2.3.

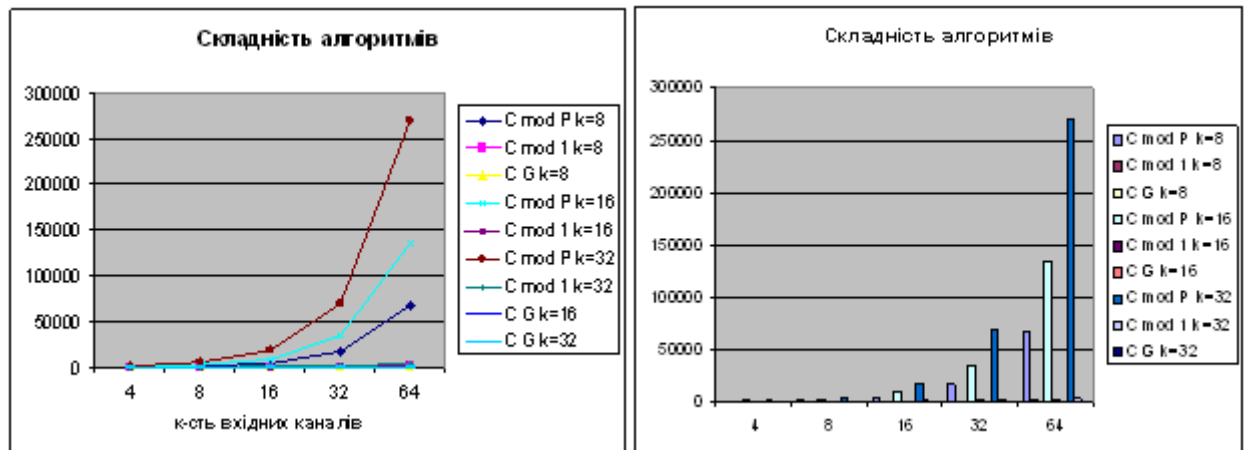


Рис.2.3. Складність алгоритмів методів формування СД у базисах Крестенсона та Галуа.

З рис. 2.3 видно, що алгоритм обчислення залишку  $res \pmod{1}$  у базисі Крестенсона характеризується суттєвими перевагами по швидкодії та апаратно-програмній складності по відношенню до алгоритму  $res \pmod{P}$ , що є важливою перевагою його застосування на низових рівнях РКС шляхом використання спеціалізованих процесорів та контролерів, які призначені для роботи в промислових умовах дії впливів вібрації, широкого діапазону температур, вибухонебезпечності, мобільного виконання та ін. факторів. В той же час, алгоритм  $res \pmod{1}$  потребує реалізації більш складного алгоритму декодування даних згідно виразу  $b_i = \text{int } res[N_k]_0 \pmod{1} \cdot P$ , що не є суттєвим, оскільки в пунктах цифрової обробки та архівації даних використовуються потужні сервери та процесори.

При реалізації методу формування СД у базисі Галуа алгоритм (2.3) потребує більш складної програмно-апаратної реалізації, оскільки на рівні контролера низової мережі передбачає наявність буферного регістра для буферизації асинхронно поступаючих бітів Галуа інтегрально-імпульсної технології. Застосування БАЦК Галуа скануючого типу дозволяє реалізувати алгоритм паралельно-синхронного формування СД з захистом від помилок без організації



додаткових захисних каналів і не передбачає використання багатоканального буферного регістра. Аналогічною перевагою характеризується синхронний алгоритм приймання та декодування СД в пунктах приймання та архівації даних по відношенню до асинхронного, оскільки останній також потребує буферизації асинхронних даних серверами та комп'ютерами пунктів архівації та використання даних.

### 2.3. Дослідження стратегій та аналіз ефективності вдосконалення РКС на основі законів доцільності

Розвиток сучасних комп'ютерних систем та мереж супроводжується постійним зростанням потужності комп'ютерної та телекомунікаційної техніки, підвищенням швидкодії процесорів, вдосконаленням операційної системи, зменшенням собівартості виробництва та вартості мікроелектронного обладнання і т.д. [1].

Одночасно успішно розвиваються методи моделювання руху потоків даних на основі матричних моделей [7], моделей теорії мережевих графів, а також моделей інтелектуального діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем [8].

При цьому актуальними є питання взаємозв'язку проблем економічної доцільності вдосконалення створюваних комп'ютерних систем [150] та оптимізації процесів руху даних в середовищі їх компонентів.

В даному контексті під рухом даних вважатимемо процедури, які виконуються над даними на всіх рівнях архітектури комп'ютерних мереж, включаючи низовий та адміністративний. Наприклад:

- формування даних на рівні сенсорів різних типів, включаючи інтелектуальні;

- аналого-цифрове кодування даних в різних теоретико-числових базисах (Радемахера, Крестенсона, Галуа та ін.);

- перетворення даних з метою їх захисту від помилок, зменшення надлишковості, захисту від несанкціонованого доступу, адаптації до процедур передавання різними каналами зв'язку;

- передавання даних, що включає формування стандартних фреймів, протоколів та інтерфейсів зв'язку;

- приймання та цифрова обробка даних з метою підвищення завадозахищеності, виправлення помилок, декодування повідомлень, цифрова фільтрація сигналів, демонтаж пакетів даних;

- цифрова обробка та моделювання руху даних з метою побудови сімейства матричних та інших похідних моделей руху даних;

- реєстрація та демонстрація даних на різних носіях та засобах відображення з різними процедурами доступу до даних;

- архівація даних, яка включає процедури захисту баз даних та зменшення їх об'ємів.

У загальному випадку під законами доцільності розуміють ряд критеріїв доцільності, які описуються системою характеристичних функцій [119, 150]:

- закон фрактальності;

- закон Гроша;

- закон тах прибутку;

- закон якості;

- закон собівартості.

Закон фрактальності, застосований до архітектури ркс, встановлює співвідношення між системою і підсистемою, ркс і її компонентами і описується рівнянням

$$\Phi = \frac{\Phi_{i+1}}{\Phi_i} = const, \quad (2.9)$$

Де  $\Phi_{i+1}$ ,  $\Phi_i$  – відповідно – системні характеристики на границі двох рівнів комп'ютерної мережі.

На рис. 2.4 показаний приклад реалізації закону фрактальності в РКС.

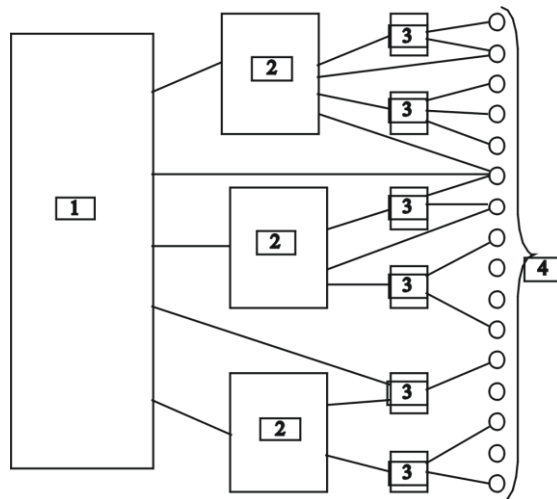


Рис.2.4. Характеристика закону фрактальності при проектуванні комп'ютерних систем:

- 1 – глобальна мережа;
- 2 – локальна мережа;
- 3 – низова комп'ютерна мережа;
- 4 – користувач (компонент системи).

Виконання закону фрактальності передбачає не тільки ієрархію архітектури комп'ютерної системи, але й можливість безпосереднього зв'язку користувача з глобальною мережею.

Закон гроша встановлює співвідношення між системними характеристиками проектованої комп'ютерної системи та системними характеристиками діючих ркс і виражається умовою:

$$G_{i+1}(T > T_0) \geq 2G_i(T > T_0), \quad (2.10)$$

Де  $g_{i+1}$   $g_i$  – відповідно – системні характеристики проектованої та діючих комп'ютерних систем.

На рис.2.5 показаний приклад реалізації закону гроша, де  $t_0$  – момент часу зміни системних характеристик ркс;  $v(t)$  – епюра економічних затрат, необхідних для покращення характеристик комп'ютерної системи.

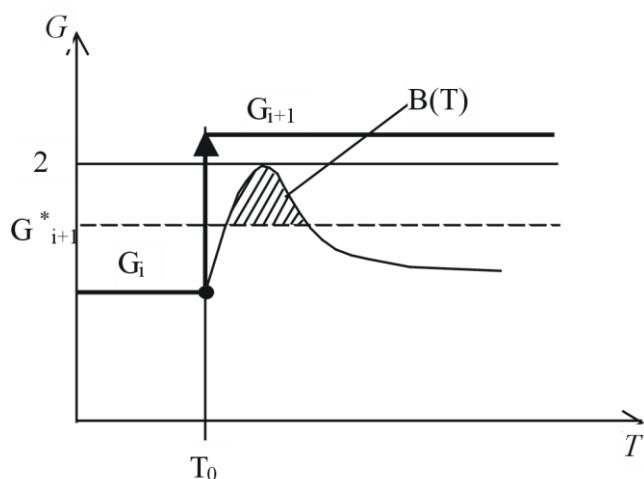


Рис.2.5. Характеристика закону гроша

З рис.2.5 видно, що якщо  $g_{i+1}$  не задовільняє вираз (2.10), що показано пунктиром,  $g_{i+1}^*$ , то економічні затрати будуть перевищувати прибуток і така зміна системних характеристик є економічно недоцільною і може привести до деградації комп'ютерної системи та банкрутства фірми-виробника.

Закон max прибутку характеризує часові характеристики та конкуренцію впровадження проектованої комп'ютерної системи, представлений на рис.2.6 і виражається рівняннями:

$$P(T_1)_{\max} > P(T_{i+1})_{\max} ; \quad (2.11)$$

$$P(T_i)_{\max} = \int_{T_0}^{\infty} P(T) dT . \quad (2.12)$$

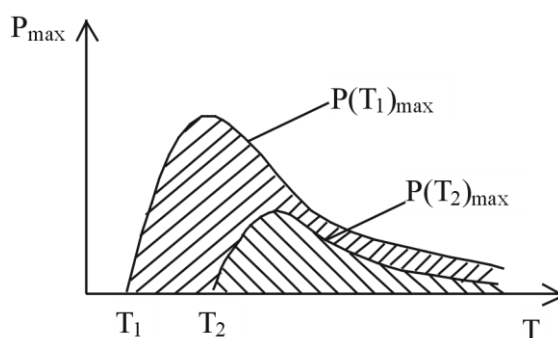


Рис.2.6. Характеристика закону max прибутку при однаковій потужності виробників нових засобів комп'ютерних систем.

Дана характеристика закону max прибутку відповідає умовам обмеженої, приблизно однакової, потужності проектних організацій та організаторів масового випуску комп'ютерних систем.

Зниження прибутків пропорційно часовому параметру відповідно моральному старінню комп'ютерного обладнання та ін.

При різній потужності проектних організацій та відповідних підприємств тиражування закон max прибутку має інший характер, який представлений на рис.2.7 та описується системою рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} P(T_1)_{\max} < P(T_2)_{\max} = const; \\ P(T_1)_{\max} = \int_{T_1}^{\infty} P(T_1) dT; \\ P(T_2)_{\max} = \int_{T_2}^{\infty} P(T_2) dT - \int_{T_2}^{\infty} P(T_1) dT. \end{array} \right. \quad (2.13)$$

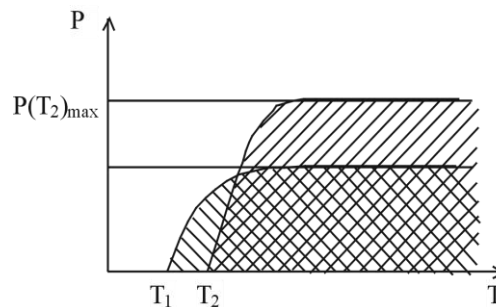


Рис.2.7. Характеристика закону max прибутку при різній потужності проектантів комп'ютерних систем.

Закон якості характеризує показники комп'ютерних систем на етапах їх розробки, освоєння виробництва, гарантійної експлуатації та післягарантійного використання. Даний закон відповідає розподілу вейбула [44], який описує характеристики надійності комп'ютерної системи, представлений на рис.2.8, і описується системою рівнянь:

$$\begin{cases} Y(T_1) - Y^* = \min; \\ Y(T_1) > Y^*; \\ Y(T_1) - Y(T_2) = \min; \\ T(T > T_2) = \text{var}. \end{cases} \quad (2.14)$$

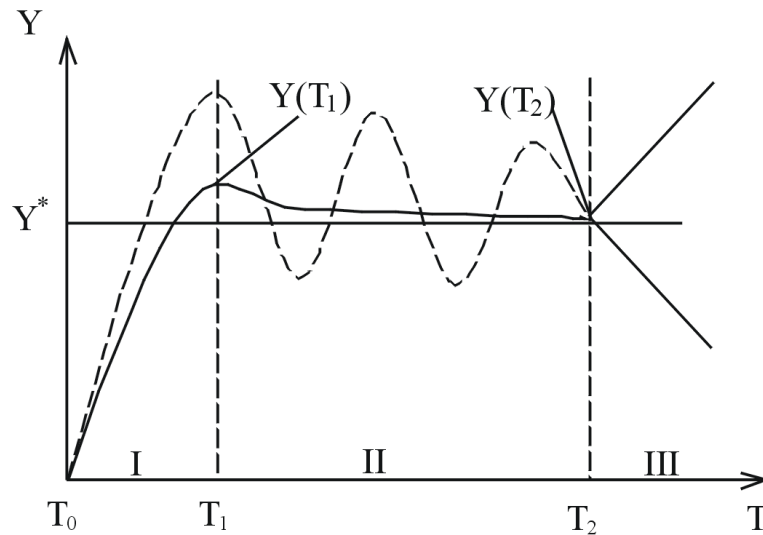


Рис.2.8. Характеристика закону якості.

На рис.2.8: i, ii, iii – відповідно функції якості на етапах проектування, гарантійної та післягарантійної експлуатації комп'ютерної мережі. Пунктиром показано характеристики підтримки якості при ремонтах та відновленні гарантійних функцій комп'ютерної системи.

Суть закону якості полягає в тому, що на етапі проектування, освоєння виробництва нової комп'ютерної мережі, її системні характеристики повинні перевищувати світовий рівень якості на міні величину, при цьому повинно забезпечуватися міні перевитрат виробництва, а на етапі гарантійної експлуатації забезпечуватися міні зниження базових характеристик комп'ютерної системи. В післягарантійний період характеристики ркс не регламентуються.

Закон собівартості визначає характер зміни собівартості створення та впровадження нових ркс в залежності від умов зміни їх системних характеристик. В першому варіанті задається умова підтримки заданих системних характеристик ркс при нарощуванні її виробництва та тиражуванні. Даний варіант закону собівартості описується системою рівнянь:

$$\begin{cases} S(T) = const; \\ N(T) = var; \\ P(T) = (Z(T) - C(T)) * N(T). \end{cases} \quad (2.15)$$

На рис.2.9 показаний приклад реалізації закону собівартості.

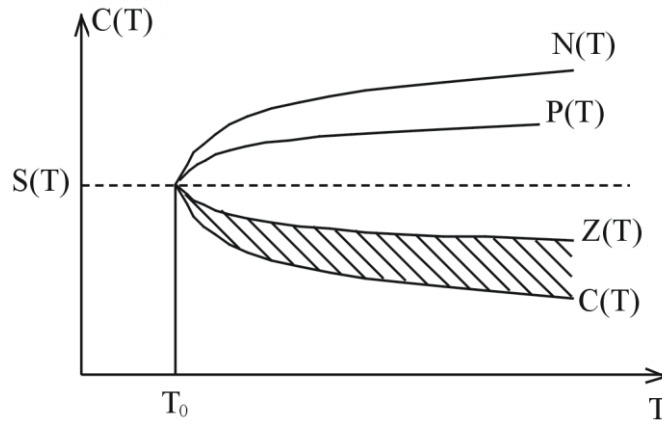


Рис.2.9. Характеристика закону собівартості (перша модифікація):

- S(t) – системні характеристики ркс;
- N(t) – об’єм виробництва;
- P(t) – прибутки;
- Z(t) – вартість ркс;
- C(t) – собівартість виробництва.

Собівартість виробництва розраховується згідно виразу [116]:

$$C_T = \sum_{i=1}^m C_i N_i,$$

- Де  $m$  - кількість видів продукції підприємства;
- $C_i$  - повна собівартість  $i$ -го виду продукції підприємства;
- $N_i$  - обсяг випуску продукції  $i$ -го виду в натуральному вираженні.

Другий варіант закону собівартості (рис.2.10) визначається на основі проектного покращення системних характеристик створюваних ркс при незмінному об’ємі випуску і описується рівняннями:

$$\begin{cases} N(T) = const; \\ S(T) = var; \\ P(T) = (Z(T) - C(T)) * N(T). \end{cases} \quad (2.16)$$

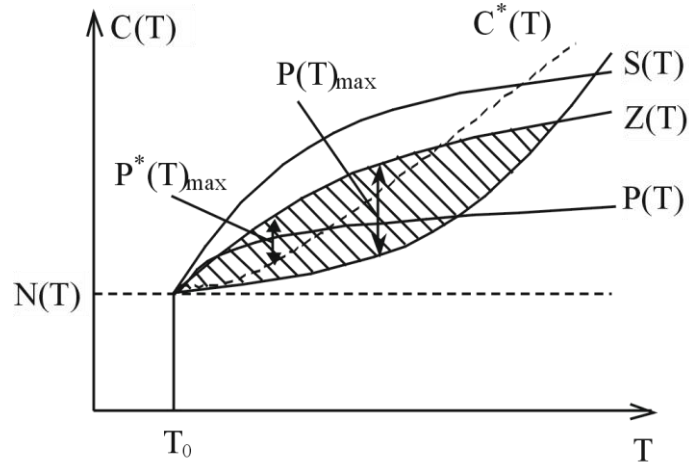


Рис.2.10. Демонстрація закону собівартості (друга модифікація).

З рис. 2.10 видно, що  $\max$  прибуток виникає при  $\max$  різниці між вартістю продажу і собівартістю виробництва комп'ютерної мережі. Очевидно, що при відсутності досконалої технології виробництва відмічається суттєве зростання собівартості виробництва  $c(t)$ , що показано на рисунку пунктиром. При цьому  $\max$  прибутки  $p^*(t)$  набагато менші від прибутків, досягнутих за рахунок досконалої технології, тобто  $p^*(t)_{\max} \ll p(t)_{\max}$ . Крім того, виробництво з низьким рівнем технології в принципі не може проектувати та випускати комп'ютерні системи з високим рівнем системних характеристик, інакше воно буде збитковим.

Слід зауважити, що впровадження нових технологій виробництва за рахунок винаходів та “ноу-хау” на рис.2.10 штрих-пунктир  $c^*(t)$ , то прибутки  $p^*(t)$  будуть набагато більші по відношенню до  $p(t)_{\max}$  і комп'ютерна система буде характеризуватися досконалими системними характеристиками.

Таким чином, викладені закони доцільності розробки та впровадження ркс з покращеними системними характеристиками демонструють основні напрямки та базові можливості зростання їх економічної доцільності. При проектуванні комп'ютерних систем та їх компонентів, особливо це стосується засобів формування тед на основі викладених законів доцільності, може бути ефективно використана технологія побудови матричних моделей руху даних [46], а також



розроблена інформаційна технологія врахування витрат і прибутків для кожного елемента матричних моделей.

#### 2.4. Розробка критеріїв ефективності та дослідження системних характеристик клавіатур для вводу алфавітно-цифрових даних

При створенні мобільних програмно-апаратних засобів формування та дистанційного передавання СД важливою задачею є аналіз та дослідження ефективності процесів вводу алфавітно-цифрових даних оператором за допомогою абонентських пунктів, обладнаних клавіатурою та дисплеєм. Досвід розробки засобів вводу алфавітно-цифрових даних показує, що на практиці найбільшого поширення набули наступні класи пристроїв з вбудованими мікропроцесорами: мікрокалькулятори, мобільні телефони, мобільні комп'ютери (Noutbook) та спеціалізовані абонентські пункти (підрозд. 1.2, [156]). Прикладом клавіатури для спеціалізованих мобільних абонентських пунктів для вводу СД є синтезована клавіатура, розроблена в [160].

У роботі [161] викладений аналіз методів та апаратних засобів формування ТЕД на основі клавіатур різних класів. Важливими характеристичними параметрами ефективності формування ТЕД на основі клавіатур є:

- інформаційна ємність клавіатури –  $I$ ;
- загальне число клавiш –  $N$ ;
- число символних клавiш –  $N_S$ ;
- число функціонально-регістрових клавiш  $N_f$ ;
- відносні габарити по вертикалі та горизонталі –  $l, L$ ;
- число генерованих символів –  $N_0$ ;
- число біт на один символ –  $b$ ;
- число символів на одній клавiші –  $S$ ;

- число натискань клавіші при формуванні одного символу –  $n$ .

Перелічені характеристики типових клавіатур названих чотирьох класів приведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Характеристики клавіатур вводу даних

Тип клавіатури	$N$	$N_s$	$N_f$	$S$	$n$	$I*L$
Калькулятор	26	11	15	1	2	4*6
Моб.телефон	20	10	10	8	4	6*3
Комп'ютер	86	44	42	4	2	6*16
Синтезована клавіатура	16	12	4	2	2,5	4*4

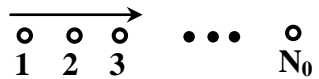
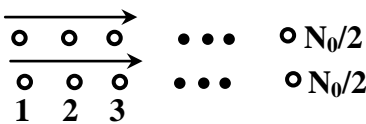
Для обґрунтування критерію ефективності клавіатури розглянемо можливі варіанти її реалізації в залежності від різного числа клавіш  $N$  та числа генерованих символів  $N_0$  при використанні різних ТЧБ в процесі їх формування.

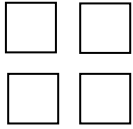
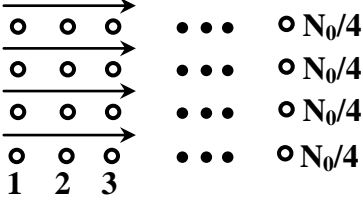
1. Потенційні характеристики клавіатур при використанні базису Хаара.

1.1. Нехай маємо 1 клавішу ( $N=1$ ), а число генерованих символів ( $n=1024$ ) (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Параметри генерування символів в базисі Хаара

Характеристики клавіатури	Граф генерування символів в базисі Хаара	$n$
$N=1$ <input type="checkbox"/>		$\frac{N_0}{2n}$
$N=2$ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		$\frac{N_0}{4n}$

$N=4$ 		$\frac{N_0}{8n}$
<p style="text-align: center;">...</p>	<p style="text-align: center;">...</p>	<p style="text-align: center;">...</p>

З табл.2.6 видно, що при зростанні числа клавiш, якi натискаються неоднoчасно, а символи генеруються клавiатурою згiдно рiвномiрного розподiлу, число натискань клавiш записується аналiтично:

$$n = \frac{N_0}{2N}. \quad (2.17)$$

1.2. У випадку, коли, крiм однoкратного натискання  $N$  клавiш, можна використовувати натискування однoчасно двох клавiш:

- при  $N=4$ ,

$$n = \frac{N_0}{4(N+1)}. \quad (2.18)$$

1.3. У випадку, коли, крiм однoкратного натискання  $N$  клавiш, можна використовувати всi комбiнацiї однoчасного натискання  $N-i$  клавiш ( $i=0,1,2,\dots,N-1$ )

$$n = \frac{N_0}{4(N+3)}. \quad (2.19)$$

Графiки необхідного числа натискань клавiш, розрахованих на основi виразiв (2.17-2.19) приведенi на рис.2.11 (1,2).

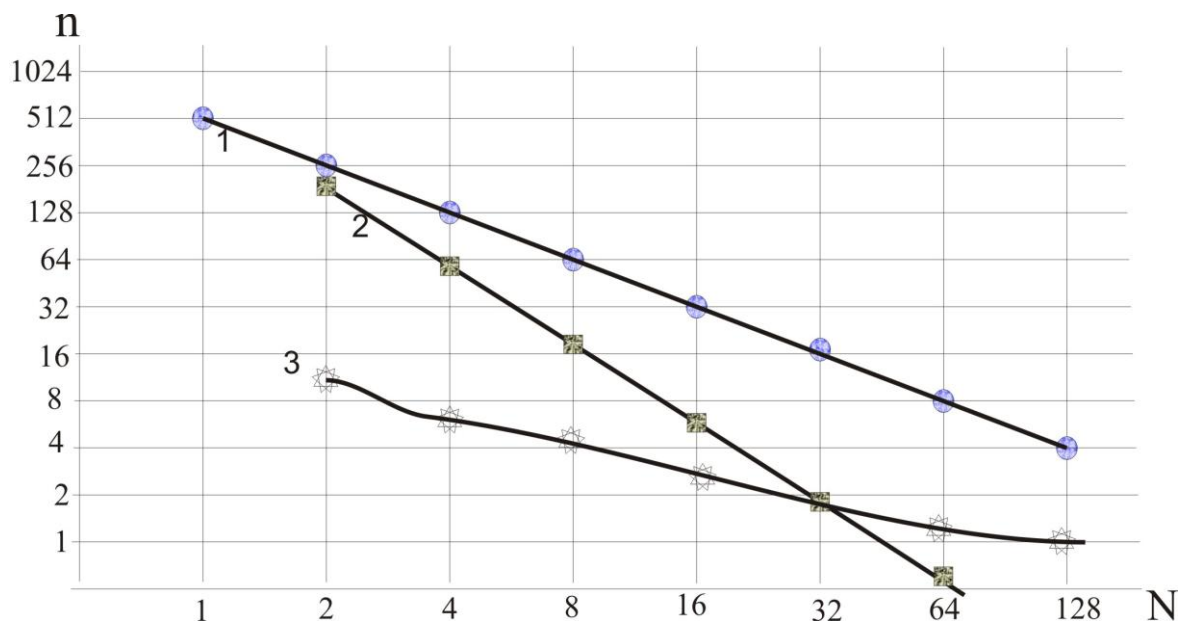


Рис.2.11. Залежність числа натискань клавіш від їх кількості на клавіатурі та числа генерованих символів у базисі Хаара.

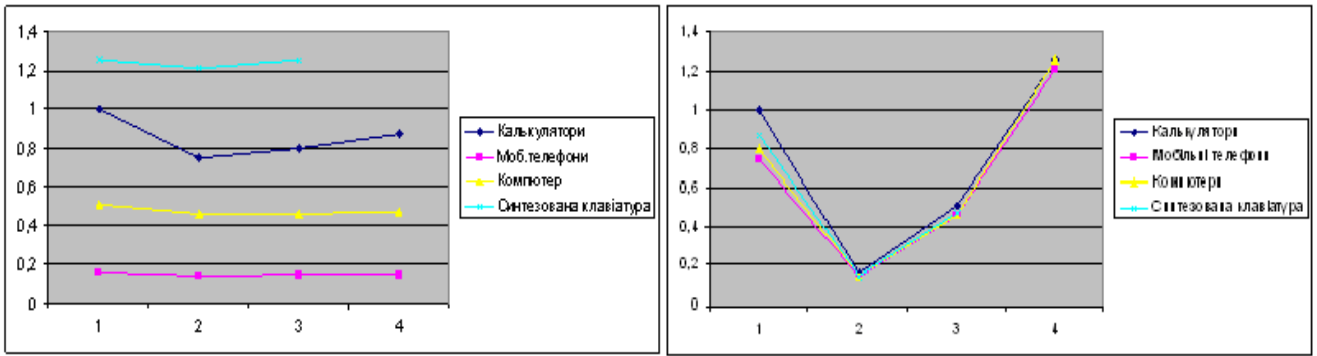
При генерації символів на основі кодів базису Радемахера мінімальне число клавіш  $N_0=2$ . При цьому для генерації одного символу необхідно виконати  $n=8$  натискань, що відповідає числу генерованих символів  $N=256$ . При  $N=1024$  необхідно формувати 4 регістрові ознаки, що відповідає додатковому двократному натисканню клавіш ( $n=10$ ). На рис.2.11 дана характеристика представлена графіком 3.

В якості критерію ефективності клавіатури застосований мультиплікативно-адитивний вираз:

$$k = \frac{N_s \cdot 8 + N_f \cdot \alpha}{l \cdot L \cdot S \cdot n}, \quad (2.20)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт інформативності функціональних клавіш  $\frac{1}{N_f} \leq \alpha \leq 1$ .

На основі аналітичного виразу (2.20) при різних значеннях  $\alpha$  розрахований коефіцієнт ефективності реалізації чотирьох класів клавіатури, які використовуються в калькуляторах, мобільних телефонах, комп'ютерах та запропонованих спеціалізованих засобах вводу СД на основі синтезованої клавіатури (патент України на корисну модель № 25291.- 2007р) (рис.2.12).



а)

б)

Рис.2.12. Оцінка коефіцієнта ефективності реалізації різних класів клавіатур.

Розрахунок коефіцієнта навантаження на одну клавішу клавіатури виконаємо згідно виразу:

$$K_i = \frac{N_0}{N_j}, \quad (2.21)$$

де  $N_j = N_s + N_f$ .

Графік коефіцієнта  $K_i$  приведено на рис. 2.13.

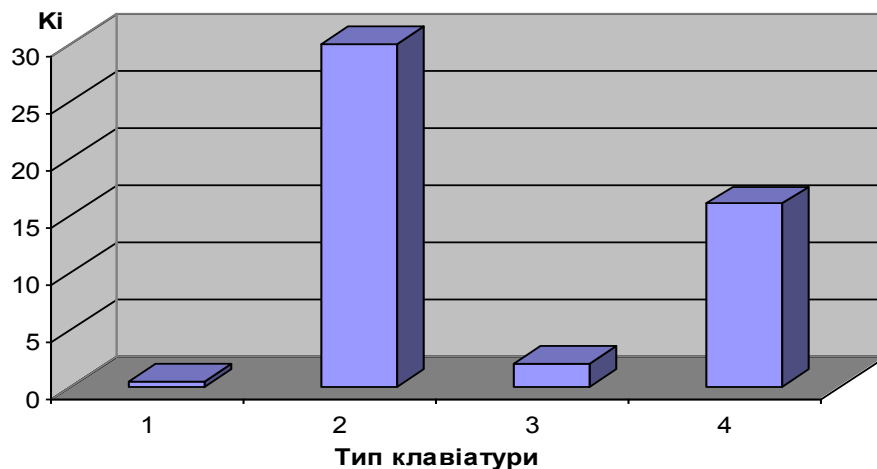


Рис.2.13. Коефіцієнт навантаження на одну клавішу різних класів клавіатур:

- 1- калькулятори, 2 – мобільні телефони, 3 – комп'ютери,  
4 – синтезована клавіатура.

З рис.2.13 видно, що найбільше інформаційне навантаження на одну клавішу реалізовано в мобільних телефонах, наближена до оптимальної дана

характеристика для запропонованої синтезованої клавіатури, низька - для калькуляторів та стандартних клавіатур комп'ютерів.

Загальну ефективність клавіатур різних класів оцінимо на основі мультиплікативного критерію згідно виразу:

$$P_k = \frac{1}{S} \cdot N_0 \cdot K_i,$$

в якому ефективність клавіатури для вводу алфавітно-цифрових даних ТЕД та СД пропорційна числу генерованих символів, значенню коефіцієнта ефективності, розрахована згідно коефіцієнта ефективності (2.21) і обернено пропорційна числу необхідних натискань клавіші для формування коду одного символу (табл.2.6).

Таблиця 2.6

Розрахункові характеристики ефективності різних клавіатур

Тип клавіатури	S	N <sub>0</sub>	K <sub>i</sub>	P
Калькулятор	1	10	0,42	4,2
Мобільний телефон	6	256	30	64
Комп'ютер	2	1024	2,05	11,9
Синтезована клавіатура	2	256	16	128

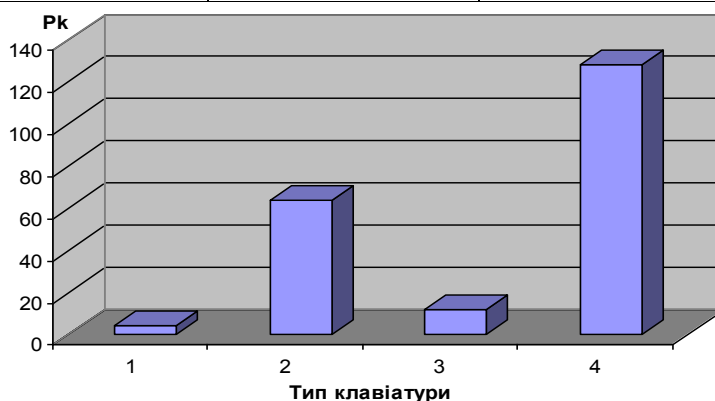


Рис.2.14. Коефіцієнт ефективності різних типів клавіатур:

- 1- калькулятори, 2 – мобільні телефони,  
3 – комп'ютери, 4 – синтезована клавіатура.

Проведений аналіз критеріїв ефективності та характеристик різних класів клавіатур показує, що запропонована синтезована клавіатура для формування СД на низових рівнях РКС є найбільш ефективною при числі генерованих символів  $N_0=256$ , загальному числі клавіш  $N_j=12+4$  та числу натискань клавіш при формуванні одного символу  $S \leq 2$ , тобто  $P_{k_{\max}}=128$ .

## 2.5. Розробка принципів та дослідження методів синтезованого формування алфавітно-цифрових даних

З метою зменшення надлишковості кодування ТЕД доцільно провести статистично-ймовірнісний аналіз частоти вживання атрибутів та ідентифікаторів атрибутів аналітичних виразів ТЕД. У табл. 1.1 приведені результати систематизації атрибутів аналітичних виразів ТЕП, їх ідентифікаторів та ймовірності їх використання в інформаційних джерелах галузі економіки, які отримані на основі статистично-ймовірнісного аналізу вибірки  $n=100$ . Результати аналізу приведені на рис.1.12, де представлені ймовірності 32 найбільш широкоживаних атрибутів та сумарна ймовірність інших менш часто вживаних атрибутів. Визначені в якості базових 32 атрибутів ТЕД не є доцільними для кодування при реалізації мобільних засобів програмно-апаратних засобів їх формування на низових рівнях РКС, оскільки потребують їх представлення 5-ти бітними кодами. Тому для реалізації можливості кодування таких даних 4-розрядними кодами (0,5 байта) з представленої сукупності атрибутів можна вибрати 16 найбільш ймовірних атрибутів, які, як показано в роботі [115], доцільно описати символами типу  $\uparrow$ ,  $\downarrow$ ,  $\leftrightarrow$ ,  $\Delta$  ... з кодовою розрядністю 1 байт. При цьому враховуючи, що середня довжина коду алфавітно-цифрового опису атрибута складає 8-12 символів, при реалізації запропонованого методу надлишковість кодування ТЕД зменшиться на 1-2 порядки (в 10-100 разів).

У табл.2.7 приведений приклад 4-бітового кодування символіки атрибутів ТЕП.

При такому способі кодування базові показники, найбільш вживані в економічних розрахунках, можуть бути представлені окремим каталогом ідентифікаторів спільного користування для багатьох економічних, фінансових та інших організацій. В окремих випадках каталог – декодер може авангардно одноразово передаватися перед масивами СД, які формуються на низових рівнях РКС. В загальному випадку кожен економічний показник та його аналітичний вираз можуть бути представлені в уніфікованій формі, запропонованій в роботі [115]:

$$TT...T = \left( \frac{XX...X \cdot XX...X}{YY...Y \cdot YY...Y} \right)^{ZZ...Z}, \quad (2.22),$$

де T – симоди ідентифікатора, які описують економічний термін;

X, Y, Z – відповідні ідентифікатори ТЕП.

Досліджено характеристики формули (2.17) для різних класів економічних розрахунків, які показують, що число символів в ідентифікаторі TT...T, XX...X, YY...Y, ZZ...Z при використанні літер латинського та українського алфавітів та стандартних символів клавіатури ПК коливаються від 3 до 5. Тобто практично доступний для різних галузей економіки каталог ідентифікаторів може бути описаний на базі чотирьох символів. Викладені принципи кодування ТЕД дозволяють суттєво знизити об'єми інформації про ТЕП, які циркулюють в РКС.

Наприклад, аналітичні вирази можуть бути більш ефективно описані вказаною в табл. 2.7 символікою атрибутів для реалізації їх вводу на основі синтезованої клавіатури.

Таблиця 2.7

Символіка синтезованого формування показників ТЕП

№ п\п	Назва атрибуту аналітичного виразу	Ідентифікатори атрибутів	Ймовірність появи P <sub>i</sub>	№ п\п	Назва атрибуту аналітичного виразу	Ідентифікатори атрибутів	Ймовірність появи P <sub>i</sub>
1	Кількість	≡	7	33	Витрати		11
2	Обсяг	об	22	34	Операція	оп	4



3	Валовий оборот	ВВ	2
---	----------------	----	---

35	Виконання	ВТ	13
----	-----------	----	----

Продовження таблиці 2.7

4	Валова продукція	ВР	3
5	Потреба	ПБ	4
6	Норма	НО	29
7	Коефіцієнт	КФ	29
8	Період	ПР	19
9	Питома вага	ПВ	4
10	Продукція	ПР	53
11	Темп	ТЦ	3
12	Галузь	ГА	15
13	Ціна	Ц	2
14	Початок	Л	7
15	Кінець	К	7
16	Витрати	ВТ	11
17	Зростання	ЛЛ	7
18	Виробництво	ВВ	13
19	Промисловість	ПЦ	7
20	Плановий обсяг	ПВ	14
21	Норматив	Н	13
22	Наростання	Н	2
23	Собівартість	СВ	5
24	Запас	З	4
25	Матеріал	М	13
26	Час	Ч	41

36	Процент	П	6
37	Вимірник	ВЦ	3
38	Індекс	І	2
39	Об'єм	О	6
40	Обладнання	ОБ	30
41	Потужність	ПН	10
42	Вартість	ВА	29
43	Сума	С	9
44	Амортизація	А	5
45	Основні фонди	ОФ	42
46	Робота	РБ	20
47	Сумарна	СС	3
48	Маса	МЦ	3
49	Залишок	ЗІ	3
50	Використання	ВТ	13
51	Оборот	ОБ	10
52	Наростання	НІ	2
53	Обробка	ОБ	8
54	Вид	В	16
55	Дійсний фонд	ДФ	11
56	Коефіцієнт використання	КВ	3
57	Ремонт	РЦ	3
58	Частка	ЧІ	2

27	Обслуговування	ОІ	3
28	Норма часу	НТ	12

59	Виробнича потужність	ВП	7
60	Знос	СС	5

Продовження таблиці 2.7

29	Тривалість	ТТ	7
30	Чисельність	ЧС	6
31	Продуктивність	ПР	14
32	Фонд	FO	67

61	Середньорічний	СР	8
62	Початкова вартість	ПВ	6
63	Продуктивність праці	ПП	9
64	Випуск	=	13

В РКС формування структуризованих даних (СД) виконується у вигляді фреймів, які класифікуються за призначенням використання:

- фрейм оператора низового рівня;
- фрейм системи передавання даних;
- фрейм бази даних;
- фрейм управління об'єктами.

У табл.2.8 приведені структури названих фреймів.

Таблиця 2.8

### Фрейми РКС

№ п/п	Тип фрейма	Структура фрейма
1	F оператора	
2	F системи передавання даних	
3	F бази даних	
4	F управління	   

У табл.2.8 використані наступні параметри фреймів: атрибути обміну потоками даних між вузлами КС: start, stop – границі інформаційного файлу фрейма-оператора,  $\Phi$  – границі пакету даних системи СПД, T – реальний час, N – номер об'єкта, S – тип виконуваної операції, X – масив технологічних даних, M – сукупність інформаційних моделей об'єкта, L – сукупність логіко-статистичних інформаційних моделей,  $C_i, C_j$  – коди станцій КС, яка передає і приймає дані, ТЕД – техніко-економічні дані, які формуються оператором, I – ентропійні моделі та характеристики об'єкта, Y – команди управління, G – готовність виконання команди управління, V – дозвіл виконання команди управління, W – підтвердження виконання команди управління на об'єкті. Приведені структури фреймів реалізуються на різних рівнях РКС згідно стандартних інтерфейсів, протоколів обміну даними, структури файлів БД, структури файлів використовуваних БД, а також стандартизованих протоколів спеціалізованих комп'ютерних систем.

Крім приведених в табл.1.3 об'єктів, в проблемно-орієнтованих КС на рівні фреймів формуються СД, які охоплюють класи статистичних, кореляційних, спектральних, кластерних, сукупність моделей руху даних [46] та інші моделі. При цьому інформаційна технологія формування ТЕД сумісно з технологічними моделями об'єктів є однією з найважливіших задач підвищення ефективності організації та зниження собівартості руху даних в КС. У [125, 160] запропонована інформаційна технологія та пристрій формування СД на основі синтезованої клавіатури.

Викладені теоретичні основи оптимізації характеристик клавіатур для вводу алфавітно-цифрових даних, а також запропоновані принципи кодування та синтезованого вводу алфавітно-цифрових даних є основою для створення нових апаратних засобів формування СД та реалізації мобільних адаптерів на основі використання сучасних процесорних платформ.

## ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз системних характеристик БАЦП, в результаті якого встановлено, що серед існуючих методів та засобів формування СД на основі багатоканальних АЦП та АЦК перевагами та перспективами вдосконалення та широкого застосування в РКС характеризуються БАЦП та АЦК у базисах Крестенсона та Галуа, які забезпечують можливість безпроводного паралельного синхронного вводу даних, що формуються розподіленими в просторі автономними сенсорами.

2. Розроблено метод формування та організації руху СД, який відрізняється від відомих:

- врахуванням структури руху даних в багаторівневих РКС;
- розширенням функцій формування даних шляхом сумісної реєстрації та кодування технологічних та техніко-економічних показників;
- формуванням мінімально надлишкових та захищених від помилок фреймів СД в базисі Крестенсона, що дозволило оптимізувати характеристики СД.

3. Виконана систематизація та досліджена асимптотика продукційних моделей стаціонарних та квазістаціонарних ОУ, а також ЛСІМ, що дозволило розширити можливості діагностики сукупності регламентних, передаварійних та аварійних станів технологічних об'єктів низових рівнів РКС.

4. Викладені теоретичні основи формування СД в базисах Радемахера, Крестенсона, Галуа, обґрунтовано доцільність та ефективність застосування базису Крестенсона для реалізації методів та програмно-апаратних засобів формування СД в РКС.

5. Запропоновані два методи формування СД на основі цілочисельної та досконалої форм перетворень базису Крестенсона та досліджені алгоритмічна та часова складність їх реалізації.

6. Досліджені стратегії ефективності розробки, вдосконалення та впровадження РКС на основі законів доцільності, що дозволило їх використати

при створенні та оцінці ефективності проектування КС на основі ММРД в розподілених РКС.

7. Розроблені принципи та досліджені методи синтезованого формування алфавітно-цифрових даних на основі системи ідентифікаторів запропонованої уніфікованої форми опису аналітичних виразів ТЕР, що дозволило зменшити об'єми даних, які формуються та передаються по каналах низових рівнів РКС.

8. Систематизовані фрейми, які використовуються на низових рівнях РКС, які відповідають параметрам стандартних протоколів та інтерфейсів і відрізняються від існуючих розширеними функціональними можливостями, які крім масивів технологічних даних, включають сукупність техніко-економічних даних та інформаційних моделей об'єктів управління у вигляді СД.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ДАНИХ В КС НА ОСНОВІ БАГАТОРІВНЕВИХ МАТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

#### 3.1. Формалізація атрибутів та характеристик багаторівневих матричних моделей руху даних

У світовій практиці архітектура дистрибутивних розподілених систем реального часу, які призначені для контролю та управління технологічними об'єктами на промислових підприємствах, переважно має три вложення. Тобто такий клас систем належить до розширених мереж Петрі, в яких реалізований принцип агрегації (наявність підсистем) (рис.3.1) [44, 142].

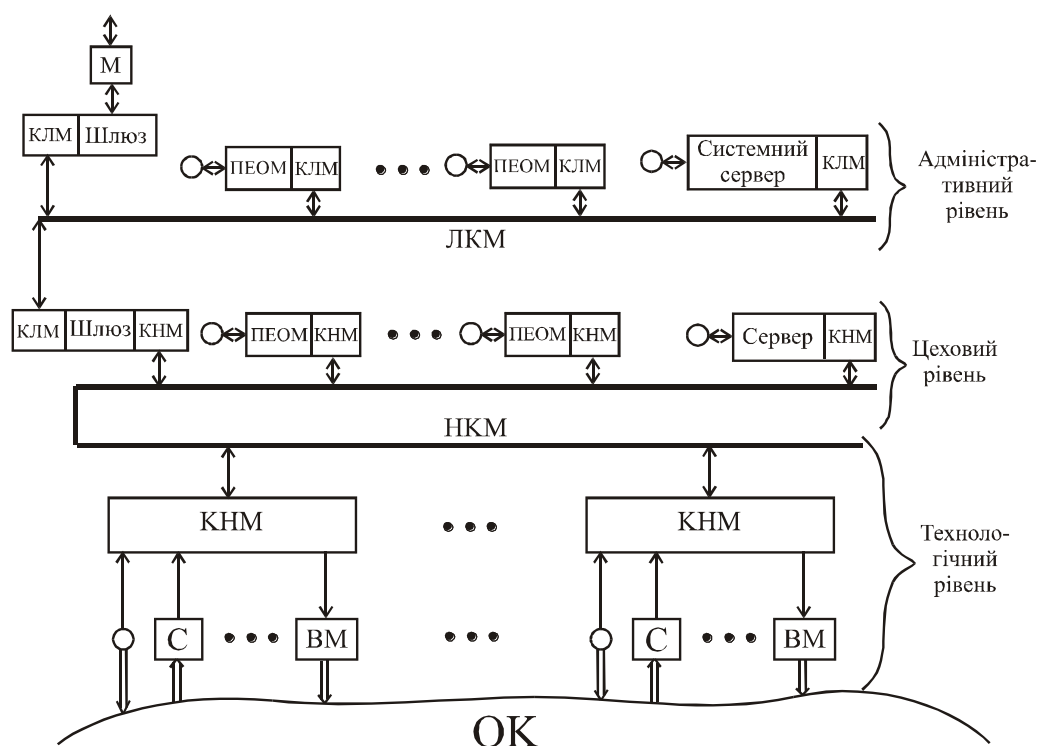
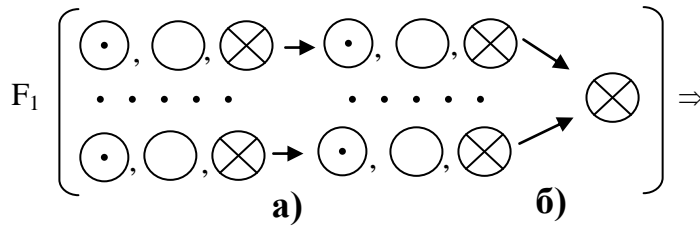
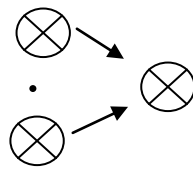


Рис. 3.1. Трирівнева магістральна архітектура автоматизованої системи (ОК – об'єкт керування, С – сенсор, ВМ – виконавчий механізм, КНМ – контролер низової мережі, М – модем, О – оператор, КЛМ – контролер локальної мережі, НКМ – низова комп'ютерна мережа, ЛКМ – локальна комп'ютерна мережа).

В запропонованій узагальненій архітектурі руху даних багаторівневої РКС  
(1.18)



атрибути багаторівневої структури а) - символізує інформаційний зв'язок між приймачами та джерелами їх рівнів архітектури РКС, тобто приймач даних більш низького рівня є джерелом даних для джерела більш високого рівня КС, а атрибут б) –



демонструє об'єднання потоків даних залежних приймачів на входах незалежного приймача. Причому ці атрибути можуть реалізовуватися на одному або на різних рівнях РКС.

Реалізація такої архітектури руху даних в багаторівневих РКС потребує відповідної диференціації активних елементів МРД, що досліджується в даному розділі.

Вдосконалення функціоналу F2 запропонованого методу формування даних в багаторівневих РКС полягає в сумісному кодуванні технологічних даних  $X(t)$  та ТЕД  $X(t) + ТЕД$  на основі використання теоретичних положень базису Крестенсона згідно аналітичних виразів (див. табл. 1.1), що дозволяє перетворити багатоканальну систему контролю технологічних даних та потік даних ТЕД в одноканальний біт-орієнтований потік СД, в якому одночасно реалізується захист від помилок шляхом введення додаткового модуля. Розроблені теоретичні основи формування СД в базисах Крестенсона та Галуа досліджуються в підрозділі 2.3.

Методологія побудови багаторівневих матричних моделей руху даних, які моделюють та формалізують характеристики даного класу систем викладена в роботах [46, 141], де приведений приклад реалізації тривірневої МРД (рис.3.2).

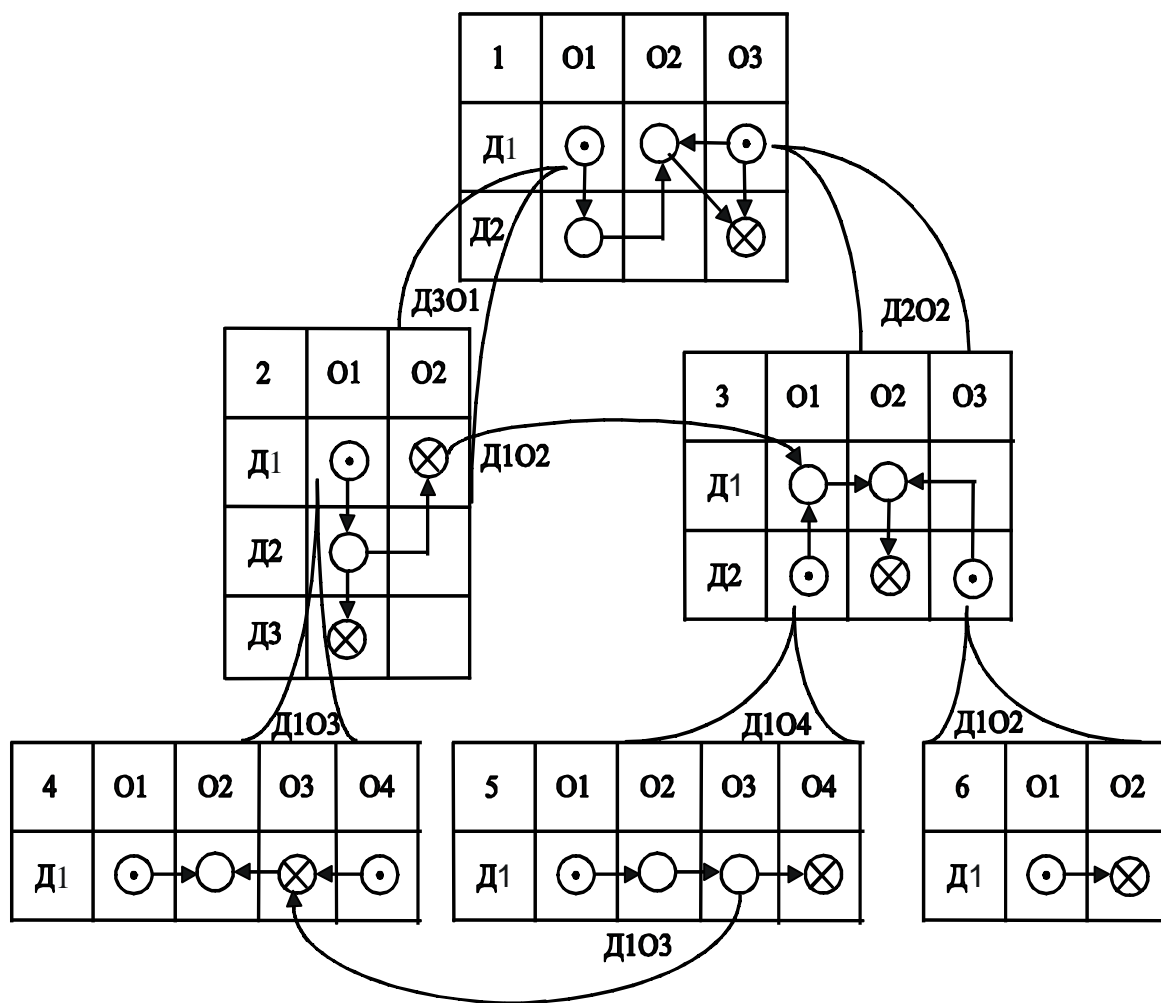


Рис.3.2. Трирівнева (агрегативна) МРД.

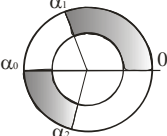
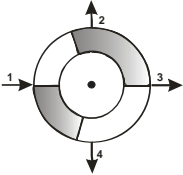
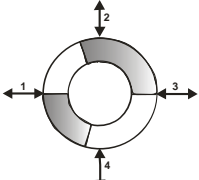
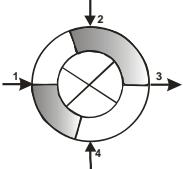
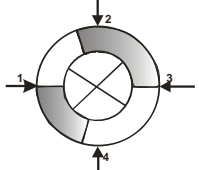
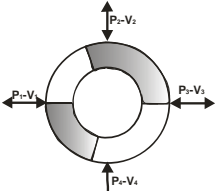
При цьому, як видно з рис. 3.2, дана МРД, яка відображає структуру руху даних в трирівневій розподіленій комп'ютеризованій системі (див. рис.3.1) належить до класу ієрархічно-мережевих архітектур, тобто дозволяє організацію інформаційних зв'язків не тільки між підсистемами різних рівнів, але й підсистемами одного рівня типу 5.Д1О3-4.Д1О3 та 2.Д1О2-3.Д1О1. Крім того, як видно з рис.3.2, вказані інформаційні зв'язки на відповідних рівнях комп'ютерної системи можуть організовуватися між залежними приймачами інформації та пунктами обробки даних, а інформаційні зв'язки різних рівнів організовуються між залежними приймачами та джерелами інформації відповідних вищих рівнів. Наприклад: 4.Д1О3-2.Д1О1; 5.Д1О4-3.Д2О1; 6.Д1О2-3.Д2О3; 2.Д3О1-1.Д1О1 та 3.Д2О2-1.Д1О3.

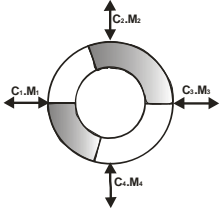
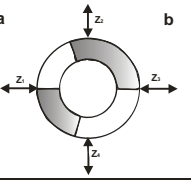
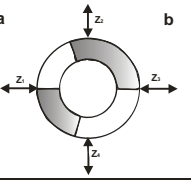
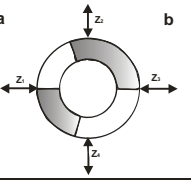


Як було показано в підрозділі 1.4, описана існуюча організація руху даних в однорівневих та багаторівневих МРД характеризується рядом функціональних обмежень, зокрема, відсутністю врахування ступеня використання ресурсів, диференціації форм документів та собівартісних характеристик руху даних в активних вузлах системи. Дана задача успішно вирішується подальшим розширенням атрибутів МРД, які представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

**Атрибути ступеня використання ресурсів активних вузлів МРД**

Символ атрибута багаторівневої диференційованої матричної моделі руху даних (БДММРД)	Пояснення
	$\alpha_0 = 180^\circ$ - ресурс записів даних; $0 \leq \alpha_1 \leq 180^\circ$ - ступінь використання ресурсів записів даних; $180^\circ \leq \alpha_2 \leq 360^\circ$ - ступінь використання ресурсів зчитування; $\alpha_3$ - ресурси зчитування даних
	$k=1,2,3,4$ - відповідні напрямки руху диференційованих потоків даних джерела інформації
	$k=1,2,3,4$ - відповідні напрямки руху диференційованих потоків даних пункту обробки інформації
	Залежний приймач, де $k=1,2,3,4$ - відповідні напрямки приймання даних, один з яких є напрямком формування даних
	Незалежний приймач, де $k=1,2,3,4$ - відповідні напрямки приймання даних;
	$P-V = \sum_{k=1}^4 P_k - \sum_{k=1}^4 V_k$ , де відповідно $P-V$ - сумарні, $P_k - V_k$ - диференційовані прибутки та витрати

	<p><math>C_k</math> - відповідні диференційовані типи фізичних носіїв інформації або ліній передавання даних;  <math>M_k</math> - відповідні диференційовані типи документів, алгоритмів обробки даних, моделей об'єктів згідно відповідних класифікацій</p>								
<table border="1" data-bbox="233 427 491 651"> <tr> <td>R</td> <td colspan="2"><math>O_j</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><math>D_i</math></td> <td>a</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td colspan="2">  </td> </tr> </table>	R	$O_j$		$D_i$	a	b			<p><math>z_i \Rightarrow C_k.M_k(P_k - V_k)</math></p>
R	$O_j$								
$D_i$	a	b							
									

Таким чином, на основі введених атрибутів БДММРД кожен активний елемент даної моделі описується функціоналом:

$$R.Z_k = R.D_i.O_j.a.b.C_k.M_k.d_k(P_k - V_k), \tag{3.1}$$

де  $R$  – номер підсистеми;

$D_i.O_j$  – ідентифікатор активного вузла ММ підсистеми КС;

$a.b.$  – часові параметри початку та тривалості виконання операції;

$C_k$  – тип носія, операції та каналу передавання даних;

$M_k$  – тип моделі джерела інформації, документа, алгоритму обробки даних;

$d_k$  – час передавання інформації;

$P_k - V_k$  – відповідна диференційована собівартість руху даних.

На рис.3.3 приведений приклад формалізованого подання БДММРД на основі атрибутів табл. 3.1 та структури рис.3.2.

У функціоналі (3.1) параметри  $C_k$  та  $M_k$  вибираються з відповідних класифікаторів і використовуються для побудови похідної багаторівневої граф-алгоритмічної моделі у РКС.

Процедура діалогу оператора по проектуванню та розрахунку характеристик руху даних на основі БДММРД повинна включати можливість його взаємодії з різними агрегатами, які відповідають підсистемам КС (рис.3.4).

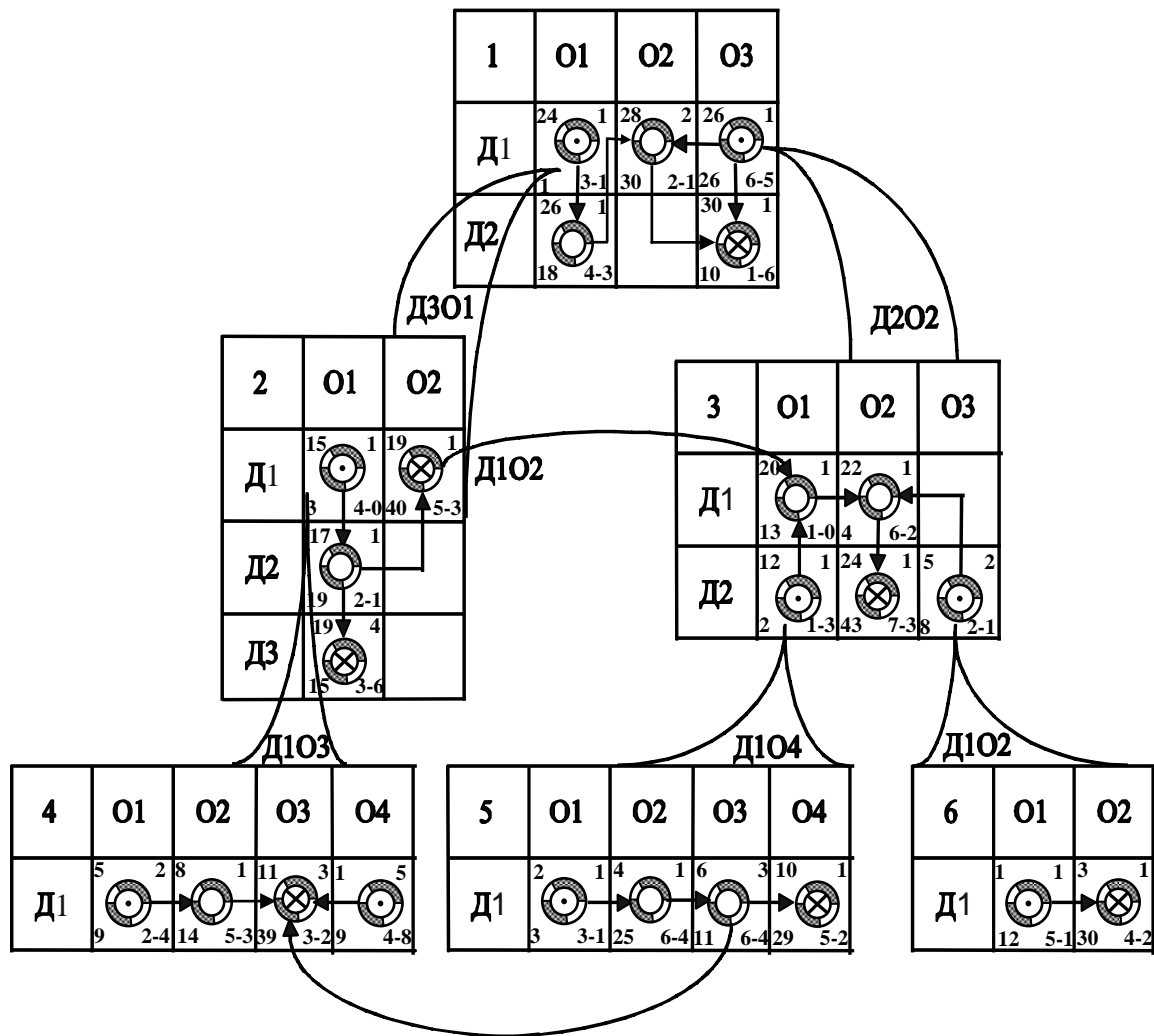


Рис.3.3. Трирівнева модифікована матрична МРД.

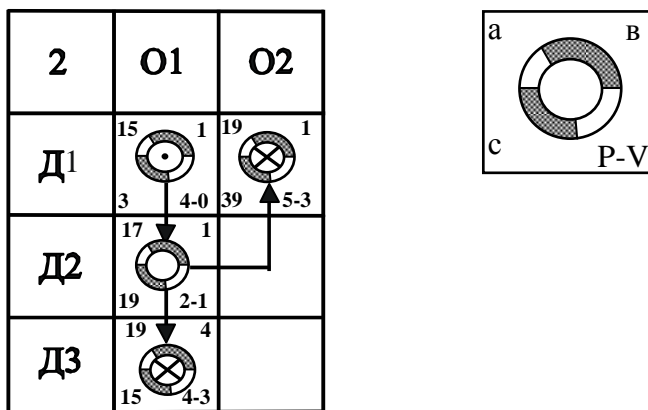


Рис.3.4. Агрегати різних рівнів БДММРД

Кожна підсистема МРД описується списком ідентифіковано-диференційованих даних кожного атрибута БДММРД всіх її активних вузлів згідно рис.3.3:

$$\begin{aligned}
& 6.Д1О1.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); & 3.Д2О1.a.b.C_2.M_2.d_2.(P_2-V_2); \\
& 6.Д1О2.a.b.C_2.M_2.d_2.(P_2-V_2); & 3.Д2О2.a.b.C_2.M_2.d_2.(P_2-V_2); \\
& 5.Д1О1.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); & 3.Д2О3.a.b.C_2.M_2.d_2.(P_2-V_2); \\
& 5.Д1О2.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); & 2.Д1О1.a.b.C_4.M_4.d_4.(P_4-V_4); \\
& 5.Д1О3.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); & 2.Д1О2.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); \\
& 5.Д1О3.a.b.C_4.M_4.d_4.(P_4-V_4); & 2.Д2О1.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); & (3.2) \\
& 5.Д1О4.a.b.C_2.M_2.d_2.(P_2-V_2); & 2.Д2О1.a.b.C_4.M_4.d_4.(P_4-V_4); \\
& 4.Д1О1.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); & 2.Д3О1.a.b.C_2.M_2.d_2.(P_2-V_2); \\
& 4.Д1О2.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); & 1.Д1О1.a.b.C_4.M_4.d_4.(P_4-V_4); \\
& 4.Д1О3.a.b.C_2.M_2.d_2.(P_2-V_2); & 1.Д1О2.a.b.C_4.M_4.d_4.(P_4-V_4); \\
& 4.Д1О4.a.b.C_1.M_1.d_1.(P_1-V_1); & 1.Д1О3.a.b.C_1.M_1.d_1.(P_1-V_1); \\
& 3.Д1О1.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); & 1.Д2О1.a.b.C_3.M_3.d_3.(P_3-V_3); \\
& 3.Д1О2.a.b.C_4.M_4.d_4.(P_4-V_4); & 1.Д2О3.a.b.C_0.M_0.d_0.(P_0-V_0);
\end{aligned}$$

Розроблена формалізація атрибутів багаторівневих двовимірних модифікованих МРД суттєво розширює можливості проектування реальних промислових РКС, а також функціональні характеристики за рахунок диференціації документопотоків ТЕД та СД, а також відповідної диференціації циклів руху даних з врахуванням типів фізичних носіїв, каналів передавання даних, моделей джерел інформації, алгоритмів цифрової обробки даних, методів архівації та умов використання даних.

### 3.2. Формалізація алгоритмів побудови сукупності похідних моделей руху даних БМММРД

#### 3.2.1. Багаторівнева модель "граф – розгалужене дерево".

Формалізація багаторівневої МРД на прикладі моделі, представленої на рис.3.3, показана згідно функціонала  $R.Z_k$  (3.1) системою рівнянь (3.2).

На рис. 3.5 показана багаторівнева модель "граф – розгалужене дерево", яка відповідає структурі рис.3.3. При цьому формалізація даної сукупності моделей

"граф – розгалужене дерево" описується наступною системою рівнянь, яка розширює існуючий опис даної моделі згідно [46]:

$$\left. \begin{array}{l} 4.\hat{A}1\hat{I} 1: \hat{A}1\hat{I} 2 \\ 4.\hat{A}1\hat{I} 4 \\ 5.\hat{A}1\hat{I} 1: \hat{A}1\hat{I} 2 \end{array} \right\} \in 4.\hat{A}1\hat{I} 3;$$

$$5.\hat{A}1\hat{I} 1: \hat{A}1\hat{I} 2: \hat{A}1\hat{I} 3 \in 5.\hat{A}1\hat{I} 4;$$

$$6.\hat{A}1\hat{I} 1 \in 6.\hat{A}1\hat{I} 2;$$

$$4.\hat{A}1\hat{I} 3: 2.\hat{A}1\hat{I} 1: \hat{A}2\hat{I} 1 \in 2.\hat{A}3\hat{I} 1;$$

$$4.\hat{A}1\hat{I} 3: 2.\hat{A}1\hat{I} 1: \hat{A}2\hat{I} 1 \in 2.\hat{A}1\hat{I} 2;$$

$$\left. \begin{array}{l} 2.\hat{A}1\hat{I} 2: 3.\hat{A}1\hat{I} 1: \hat{A}102 \\ 5.\hat{A}1\hat{I} 4: 3.\hat{A}2\hat{I} 1: \hat{A}1\hat{I} 1: \hat{A}1\hat{I} 2 \\ 6.\hat{A}1\hat{I} 2: 3.\hat{A}2\hat{I} 3: \hat{A}1\hat{I} 2 \end{array} \right\} \in 3.\hat{A}2\hat{I} 2;$$

$$\left. \begin{array}{l} 2.\hat{A}3\hat{I} 1: 1.\hat{A}1\hat{I} 1: \hat{A}201: \hat{A}1\hat{I} 2 \\ 3.\hat{A}2\hat{I} 2: 1.\hat{A}1\hat{I} 3 \\ 3.\hat{A}2\hat{I} 2: 1.\hat{A}1\hat{I} 3: \hat{A}1\hat{I} 2 \end{array} \right\} \in 1.\hat{A}2\hat{I} 3.$$

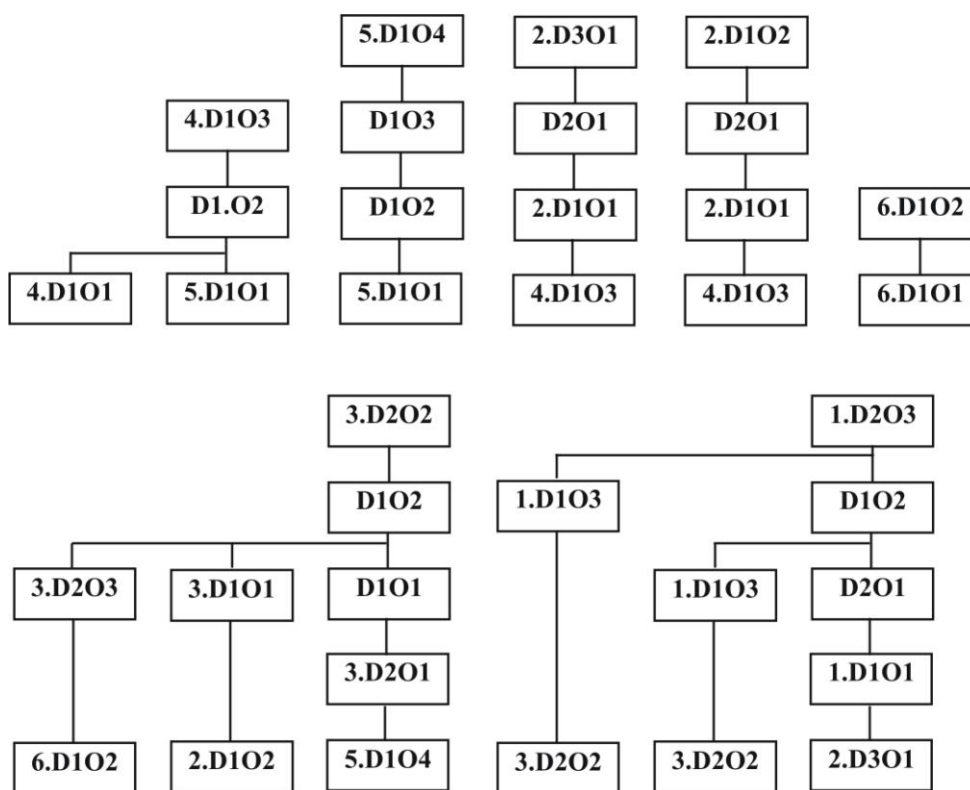


Рис.3.5. Компоненти багаторівневої моделі "граф – розгалужене дерево" для окремих приймачів інформаційних потоків.

### 3.2.2. Багаторівнева інтегрована модель "граф – розгалужене дерево".

Інтегрована модель "граф - розгалужене дерево" побудована на основі моделей (див. рис.3.5), показана на рис.3.6.

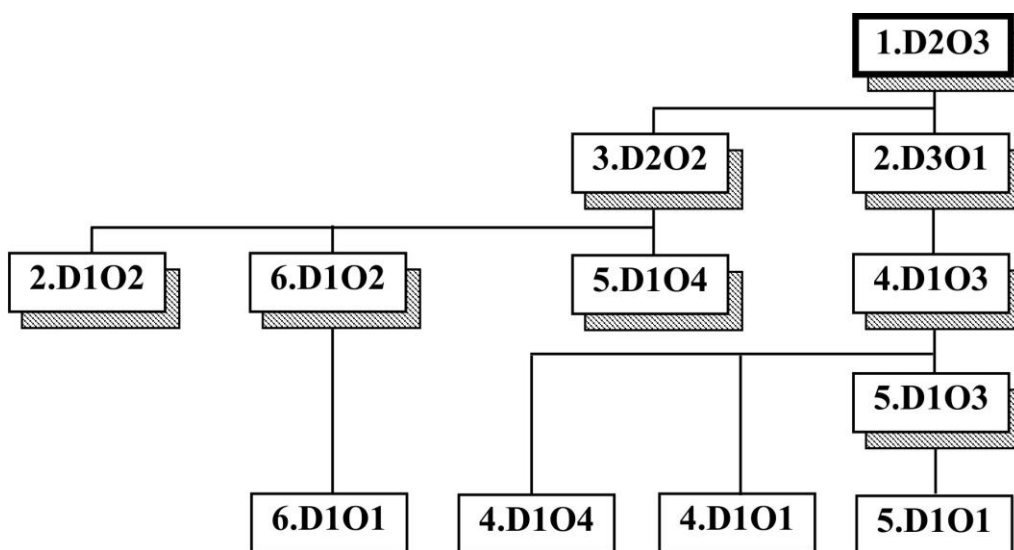


Рис.3.6. Інтегрована модель "граф - розгалужене дерево" багаторівневої РКС.

При побудові інтегрованої моделі "граф - розгалужене дерево" багаторівневої РКС запропоноване розширення атрибутів, які використовуються у відповідних моделях КС наступного типу (табл.3.2.).

Таблиця 3.2

Атрибути багаторівневої моделі "граф-розгалужене дерево"

Символ атрибута багаторівневої інтегрованої моделі "граф – розгалужене дерево"	Пояснення
<b>1.DiOj</b>	Вершина багаторівневої моделі "граф – розгалужене дерево", яка символізує глобальний незалежний приймач багаторівневої РКС, представлений генеральним адміністратором системи, архівом, базою даних та центральним сервером або комп'ютерним кластером.
<b>K.DiOj</b>	Залежний приймач k-го рівня системи, який виконує функції міжрівневого джерела інформації. ▨ - атрибут наявності структури підсистеми.
<b>K.DiOj</b>	Незалежне джерело інформації, яке представляє СД та моделі ОУ низового технологічного рівня КС, що формуються в реальному масштабі часу мікропроцесорними програмно-апаратними засобами (інтелектуальними та автономними сенсорами, БАЦП, мікроконтролерами та контролерами низових мереж).

### 3.2.3. Параметрична часова модель багаторівневої КС.

Параметрична часова модель структурно демонструє необхідні інтервали проектного регламентного часу виконання системних операцій активними вузлами РКС, які групуються по ознаках джерел, пунктів обробки та приймачів інформації. Дана модель використовується для розрахунку необхідних часових, апаратурних або людино-машинних ресурсів для реалізації конкретних системних операцій в багаторівневій РКС.

Формалізація параметричної часової моделі багаторівневої РКС виконується на основі ідентифікаторів активних вузлів БДМММРД і для структури (див. рис.3.3) представлена наступним чином:

- 6.D1O1.1.b<sub>11</sub>; D1O2.3.b<sub>12</sub>;
- 5.D1O1.1.b<sub>11</sub>; D1O2.2.b<sub>12</sub>; D1O3.2.b<sub>13</sub>; D1O4.3.b<sub>14</sub>;
- 4.D1O1.1.b<sub>11</sub>; D1O4.1.b<sub>14</sub>; D1O2.2.b<sub>12</sub>; D1O3.3.b<sub>13</sub>;
- 3.D2O1.1.b<sub>21</sub>; D2O3.1.b<sub>23</sub>; D1O1.2.b<sub>11</sub>; D1O2.2.b<sub>12</sub>; D2O2.3.b<sub>22</sub>;
- 2. D1O1.1.b<sub>11</sub>; D2O1.2.b<sub>21</sub>; D3O4.3.b<sub>34</sub>; D1O2.3.b<sub>12</sub>;
- 1. D1O1.1.b<sub>11</sub>; D1O3.1.b<sub>13</sub>; D2O1.2.b<sub>21</sub>; D1O2.2.b<sub>12</sub>; D2O3.3.b<sub>23</sub>,

де символи 1, 2, 3 перед ідентифікатором часової тривалості виконання операцій b<sub>ij</sub> відповідно ідентифікують атрибути: джерело, пункт обробки та пункт приймання.

Впорядкована таблиця атрибутів згідно часової причинності формування даних джерелами інформації, обробки даних в активних вузлах системи та архівації і використання даних приймачами інформаційних потоків приведена до вигляду:

- |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 6.D1O1.1.b <sub>11</sub> ; | 5.D1O2.2.b <sub>12</sub> ; | 6.D1O2.3.b <sub>12</sub> ; |
| 5.D1O1.1.b <sub>11</sub> ; | 5.D1O3.2.b <sub>13</sub> ; | 5.D1O4.3.b <sub>14</sub> ; |
| 4.D1O1.1.b <sub>11</sub> ; | 4.D1O2.2.b <sub>12</sub> ; | 4.D1O3.3.b <sub>13</sub> ; |
| 4.D1O4.1.b <sub>14</sub> ; | 3.D1O1.2.b <sub>11</sub> ; | 3.D2O2.3.b <sub>22</sub> ; |
| 3.D2O1.1.b <sub>21</sub> ; | 3.D1O2.2.b <sub>12</sub> ; | 2.D3O4.3.b <sub>34</sub> ; |
| 3.D2O3.1.b <sub>23</sub> ; | 2.D2O1.2.b <sub>21</sub> ; | 2.D1O2.3.b <sub>12</sub> ; |
| 2.D1O1.1.b <sub>11</sub> ; | 1.D2O1.2.b <sub>21</sub> ; | 1.D2O3.3.b <sub>23</sub>   |

1.D1O1.1.b<sub>11</sub>;

1.D1O2.2.b<sub>12</sub>;

1.D1O3.1.b<sub>13</sub>;

Згідно ідентифікаторів активних вузлів багаторівневої МРД побудована відповідна параметрична часова модель (рис.3.7).

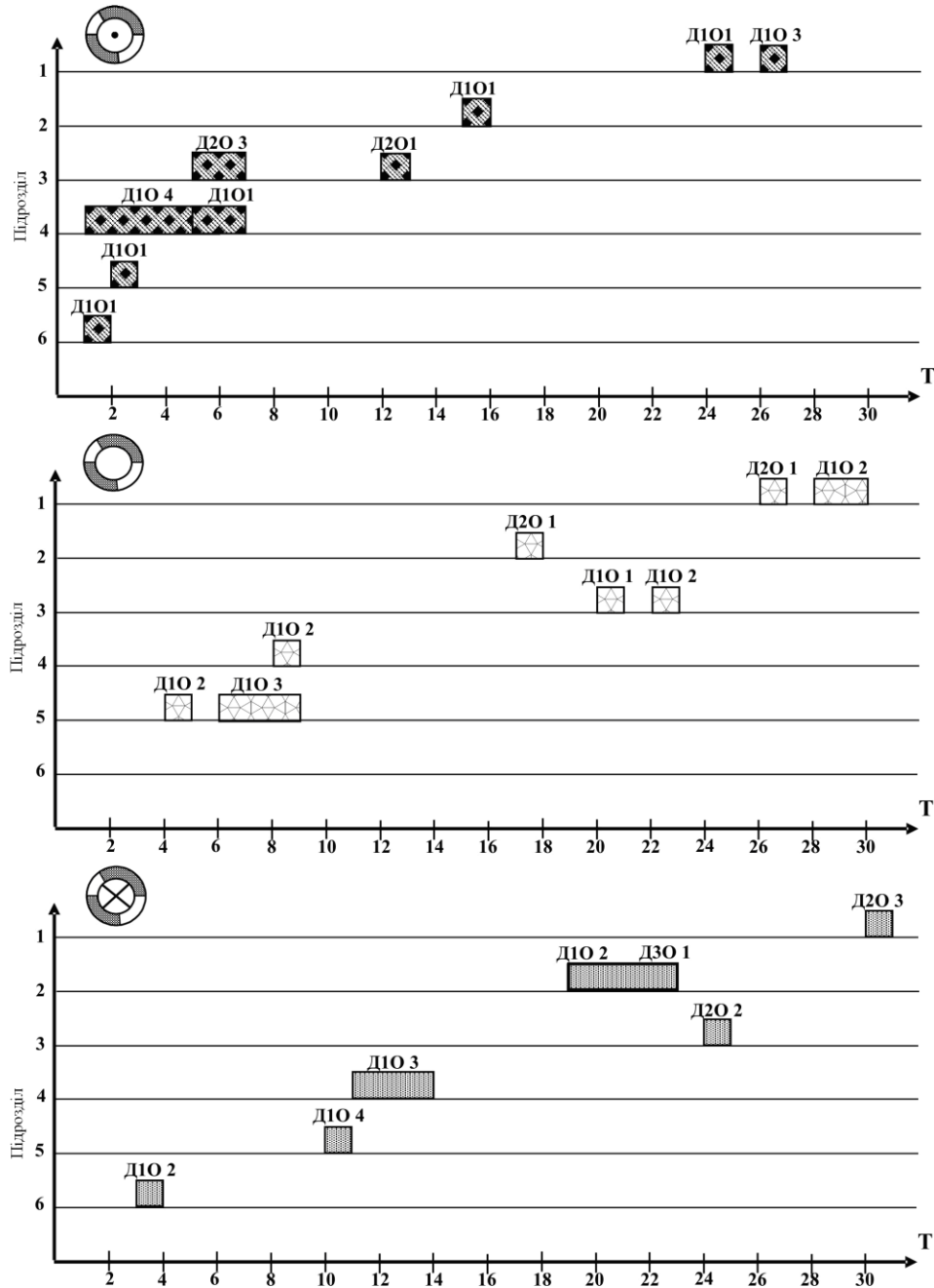


Рис.3.7. Параметрична часова модель багаторівневої КС.

По відношенню до існуючих однорівневих параметричних часових моделей, описаних в роботах [20, 42], атрибути запропонованої багаторівневої параметричної часової моделі БДМММРД: , представлені на



рис.3.7, містять додаткову інформацію про сумарні ступені використання ресурсів активних вузлів РКС по запису та читанню інформаційних потоків згідно формули [138]:

$$K_{ed} = \frac{R_i \cdot W_0}{R_0 \cdot W_i},$$

де  $R_i$  - фактичне число зчитувань у вузлі ММ;

$R_0$  - максимально можливе число зчитувань у вузлі ММ;

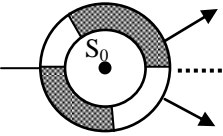
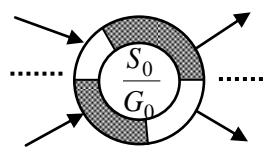
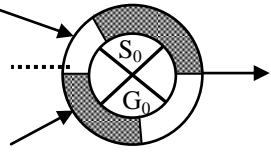
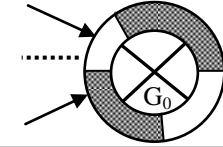
$W_0$  - фактичне число записів або оновлень у вузлі ММ;

$W_i$  - максимально можливе число записів або оновлень даних у вузлі матричної моделі.

Параметри потенційних ресурсів активного вузла МРД повинні відповідати умовам нерівностей, поданих у табл. 3.3 [138] на основі атрибутів модифікованих МРД.

Таблиця 3.3

**Діагностичні умови числа інформаційних потоків активних вузлів МРД**

Тип вузла матричної моделі	Символ	УМОВА НЕПРОТИРЕЧИВОСТІ
ДЖЕРЕЛО ДАНИХ		$S_0 > \sum_{i=1}^n S_i$
Пункт обробки даних		$S_0 > \sum_{i=1}^n S_i$ $G_0 > \sum_{j=1}^m S_j$
ЗАЛЕЖНИЙ ПРИЙМАЧ ДАНИХ		$S_0 > \sum_{i=1}^n S_i$ $G_0 > \sum_{j=1}^m S_j$
НЕЗАЛЕЖНИЙ ПРИЙМАЧ ДАНИХ		$G_0 > \sum_{j=1}^m S_j$

Таким чином, розроблена вдосконалена формалізація та технологія побудови параметричних часових моделей багаторівневих КС суттєво покращує її інформаційні характеристики, в тому числі враховує новий по відношенню до існуючих моделей параметр інтегрального використання часових ресурсів в активних вузлах МРД, а також враховує часові зміщення термінів формування, обробки та використання даних в багаторівневих РКС.

### 3.2.4. Структурно-часова модель багаторівневої КС.

Формалізація параметрів структурно-часової моделі для багаторівневої РКС, представлена на рис.3.3, записується у вигляді логічного рівняння:

$$D_i O_j .1 : D_i O_j .2 \wedge (D_i O_j .1 \wedge \dots \wedge D_i O_j .2 : D_i O_j .2) : D_i O_j .3 : D_i O_j .3,$$

де  $\wedge$  - символ кон'юнкції Булевої алгебри логіки.

Структурно-часова модель багаторівневої КС описується логічним рівнянням (3.3) та системою рівнянь, яка відображає диференційовані цикли руху даних (3.4). Дана модель (рис.3.8) відображає часову послідовність (причинність) системних функцій в активних вузлах БММРД і дозволяє на стадії проектування або модернізації КС розкрити часові неузгодження руху даних та скоректувати ресурси мережі відповідно з вдосконаленою структурою руху даних.

У приведеній на рис.3.8 багаторівневій структурно-часовій моделі [46] запропоновано використати модифіковану систему атрибутів вершин, яка дозволяє в значній мірі покращити ергономічну якість відображення злиття та розгалуження інформаційних потоків в РКС з ідентифікацією конкретних атрибутів МРД типу джерело інформації, пункт обробки та пункт приймання даних у відповідних активних вузлах БМММРД.

$$\begin{aligned} &(6.D101.1 : 6.D102.3 : 3.D203.1 \wedge (5.D101.1 : 5.D102.2 : 5.D103.2.A_1 : \\ &: 5.D104.3 : 3.D201.1) \wedge (5.D103.2.A \wedge 4.D101.1 : 4.D102.2 \wedge 4.D104.1) : \\ &: 4.D103.3 : 2.D101.1 : 2.D201.2.B : 3.D102.3)) : 3.D101.2) : 3.D103.2 : \\ &: 3.D203.3 : 1.D103.1.C \wedge (2.D201.2.B : 2.D302.3 : 1.D101.1 : 1.D201.2) : \\ &: 1.D102.2 \wedge 1.D103.1.C : 1.D203.3. \end{aligned} \quad (3.3.)$$

$$\begin{aligned}
& (6.D1O1.1.a_{11} : 6.D1O2.3.a_{12} : 3.D2O3.1.a_{23} : 3.D1O2.2.a_{12}) \wedge 3.D1O1.2.a_{12}; \\
& 5.D1O1.1.a_{11} : 5.D1O2.2.a_{12} : 5.D1O3.2.a_{13}; \\
& (5.D1O3.2.a_{13}.A_2 \wedge 4.D1O1.1.a_{11} : 6.D1O2.2.a_{12} \wedge 4.D1O4.1.a_{14}) : 4.D1O3.3.a_{13}; \\
& (5.D1O3.2.a_{13}.A_1 : 5.D1O4.3.a_{14} : 3.D2O1.1.a_{11}) \wedge \\
& \wedge (2.D2O1.2.a_{21}.B_1 : 3.D1O2.3.a_{12}) : 3.D1O1.1.a_{11}; \\
& (3.D1O2.2.a_{12} : 3.D2O2.3.a_{22} : 1.D1O3.1.a_{13}.C; \\
& (2.D2O1.2.a_{21}.B_2 : 2.D3O2.3.a_{32} : 1.D1O1.1.a_{11} : 1.D2O1.2.a_{21}) \wedge \\
& \wedge 1.D1O3.1.a_{13}.C_2 : 1.D1O2.2.a_{12} : 1.D1O2.2.a_{12}; \\
& 1.D1O3.1.a_{13}.C_1 \wedge 1.D1O2.2.a_{12} : 1.D2O2.3.a_{23}.
\end{aligned}
\tag{3.4}$$

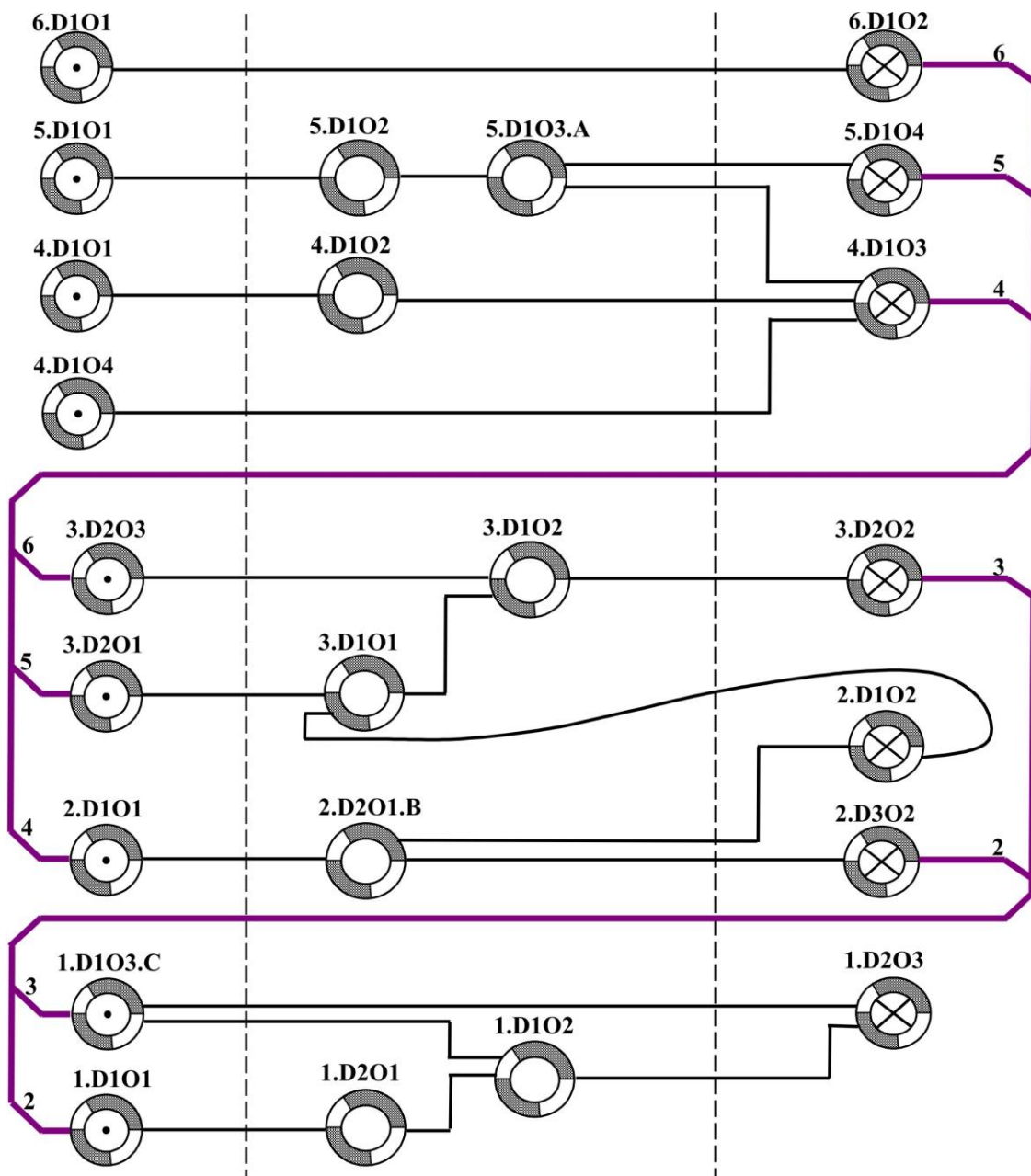


Рис.3.8. Структурно-часова модель багаторівневої РКС.

Дослідження ефективності запропонованого способу представлення багаторівневих структурно-часових моделей по відношенню до існуючих методів, подано в підрозділі 3.6.

### 3.2.5. Багаторівнева модель "мережевий графік".

Формалізація багаторівневої моделі "мережевий графік" (рис.3.9) виконується згідно з існуючою методикою побудови [15, 46, 154], описується масивом ідентифікаторів початку виконання операцій в активних вузлах моделі:

$$\begin{aligned}
 &6.D1O1.1.a_{11}; D1O2.3.a_{12}; \\
 &5.D1O1.1.a_{11}; D1O2.2.a_{12}; D1O3.2.a_{13}; D1O4.3.a_{14}; \\
 &4.D1O1.1.a_{11}; D1O4.1.a_{14}; D1O2.2.a_{12}; D1O3.3.a_{13}; \\
 &3.D2O1.1.a_{21}; D2O3.1.a_{23}; D1O1.2.a_{11}; D1O2.2.a_{12}; D2O2.3.a_{22}; \quad (3.5) \\
 &2. D1O1.1.a_{11}; D2O1.2.a_{21}; D3O2.3.a_{34}; D1O2.3.a_{12}; \\
 &1. D1O1.1.a_{11}; D1O3.1.a_{13}; D2O1.2.a_{21}; D1O2.2.a_{12}; D2O3.3.a_{23}.
 \end{aligned}$$

та впорядкованою таблицею активних атрибутів з ознакою початку виконання операції на різних рівнях КС:

$$\begin{array}{lll}
 6.D1O1.1.a_{11}; & 5.D1O2.2.a_{12}; & 6.D1O2.3.a_{12}; \\
 5.D1O1.1.a_{11}; & 5.D1O3.2.a_{13}; & 5.D1O4.3.a_{14}; \\
 4.D1O1.1.a_{11}; & 4.D1O2.2.a_{12}; & 4.D1O3.3.a_{13}; \\
 4.D1O4.1.a_{14}; & 3.D1O1.2.a_{11}; & 3.D2O2.3.a_{22}; \quad (3.6) \\
 3.D2O1.1.a_{21}; & 3.D1O2.2.a_{12}; & 2.D3O2.3.a_{32}; \\
 3.D2O3.1.a_{23}; & 2.D2O1.2.a_{21}; & 2.D1O2.3.a_{12}; \\
 2.D1O1.1.a_{11}; & 1.D2O1.2.a_{21}; & 1.D2O3.3.a_{23}. \\
 1.D1O1.1.a_{11}; & 1.D1O2.2.a_{12}; & \\
 1.D1O3.1.a_{13}; & & 
 \end{array}$$

Таблиця диференційованих направлених бінарних зв'язків від джерел до приймачів:

$$\begin{array}{ll}
 6.D1O1.1.a_{11};6.D1O2.2.a_{12}; & \\
 5.D1O1.1.a_{11}; 5.D1O2.2.a_{12}; & 3.D2O2.3.a_{22}; 3.D1O2.2.a_{12}; \\
 4.D1O1.1.a_{11}; 4.D1O2.2.a_{12}; & 3.D2O1.1.a_{21}; 3.D1O1.2.a_{11};
 \end{array}$$

4.D1O4.1.a<sub>14</sub>: 4.D1O3.3.a<sub>13</sub>;  
 5.D1O2.2.a<sub>12</sub>: 5.D1O3.2.a<sub>13</sub>.A<sub>1</sub>;  
 5.D1O3.2.a<sub>13</sub>.A<sub>1</sub>: 5.D1O4.3.a<sub>14</sub>;  
 5.D1O3.2.a<sub>13</sub>.A<sub>2</sub>: 4.D1O3.3.a<sub>13</sub>;  
 4.D1O2.2.a<sub>12</sub>: 4.D1O3.3.a<sub>13</sub>;  
 6.D1O2.3.a<sub>12</sub>: 3.D2O3.1.a<sub>23</sub>;  
 5.D1O4.3.a<sub>14</sub>: 3.D2O1.1.a<sub>21</sub>;  
 4.D1O3.3.a<sub>13</sub>: 2.D2O1.2.a<sub>21</sub>;

2.D1O1.1.a<sub>11</sub>: 2.D2O1.2.a<sub>21</sub>;  
 3.D1O1.2.a<sub>11</sub>: 3.D1O2.2.a<sub>12</sub>;  
 3.D1O2.2.a<sub>12</sub>: 3.D2O2.3.a<sub>22</sub>;  
 3.D1O2.2.a<sub>12</sub>: 3.D1O1.2.a<sub>11</sub>;  
 2.D2O1.2.a<sub>21</sub>.B<sub>1</sub>: 3.D1O2.2.a<sub>12</sub>;  
 2.D2O1.2.a<sub>21</sub>.B<sub>2</sub>: 2.D3O2.3.a<sub>32</sub>;  
 3.D2O2.3.a<sub>22</sub>: 1.D1O3.1.a<sub>13</sub>.C;  
 2.D3O2.3.a<sub>32</sub>: 1.D1O1.1.a<sub>11</sub>;

1.D1O3.1.a<sub>13</sub>.C<sub>1</sub>: 1.D2O3.3.a<sub>23</sub>;  
 1.D1O3.1.a<sub>13</sub>.C<sub>2</sub>: 1.D1O2.2.a<sub>12</sub>;  
 1.D1O1.1.a<sub>11</sub>: 1.D2O1.2.a<sub>21</sub>;

1.D2O1.2.a<sub>21</sub>: 1.D1O2.2.a<sub>12</sub>;  
 1.D1O2.2.a<sub>12</sub>: 1.D2O3.3.a<sub>23</sub>.

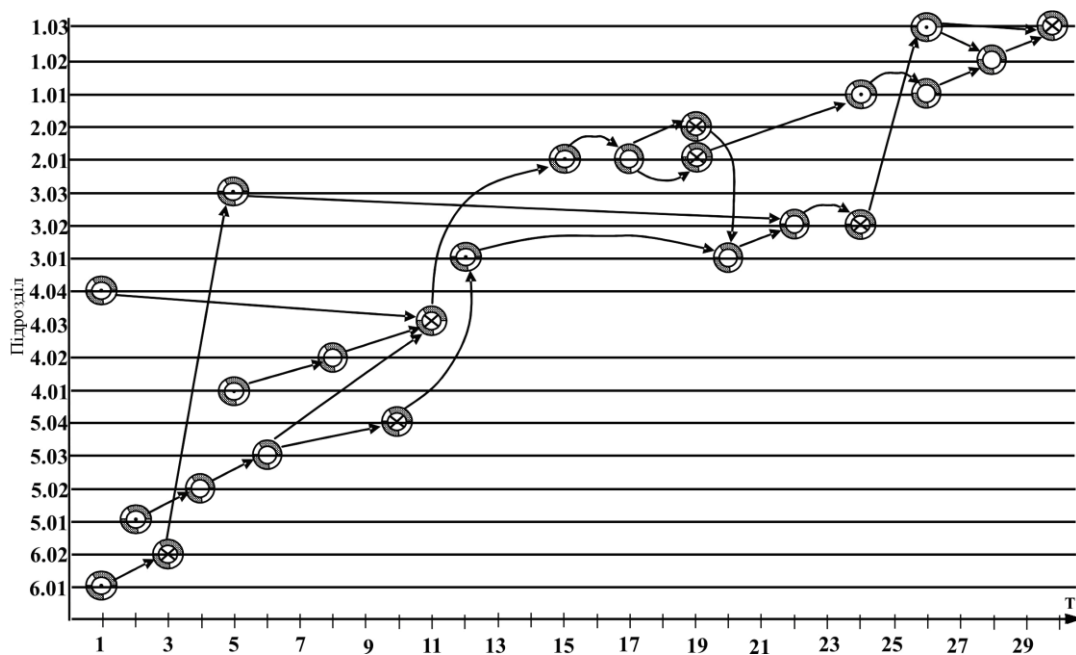



Рис.3.9. Модель "мережевий графік" руху даних багаторівневої РКС.

По відношенню до існуючої методики побудови моделі "мережевий графік" однорівневої РКС в математичному описі даної моделі багаторівневих РКС вилучена таблиця направлених зв'язків від джерел до приймачів, оскільки вона може бути адекватно представлена для простих архітектур РКС, а при зростанні складності архітектури, особливо для багаторівневих РКС, число таких шляхів мультиплікативно-комбінаторно зростає в залежності від сумарного числа

джерел, проміжних пунктів розгалуження та об'єднання інформаційних потоків та сумарного числа приймачів інформації. Крім того, новизна запропонованого представлення моделі "мережевий графік" полягає у використанні атрибутів МММРД , які несуть додаткову інформацію про ступінь використання ресурсів в активних вузлах КС. Оцінка графа структурної складності такої моделі, у порівнянні з іншими моделями, приведена в підрозділі 3.5.

### 3.2.6. Модель "суміщений часовий граф" багаторівневої КС.

Формалізація багаторівневої моделі "суміщений часовий граф" представлена на рис.3.10 [46] та описується функціоналом:

$$f_i = K \cdot D_i O_j \cdot d \cdot (a_{ij} + b_{ij}), \quad (3.7)$$

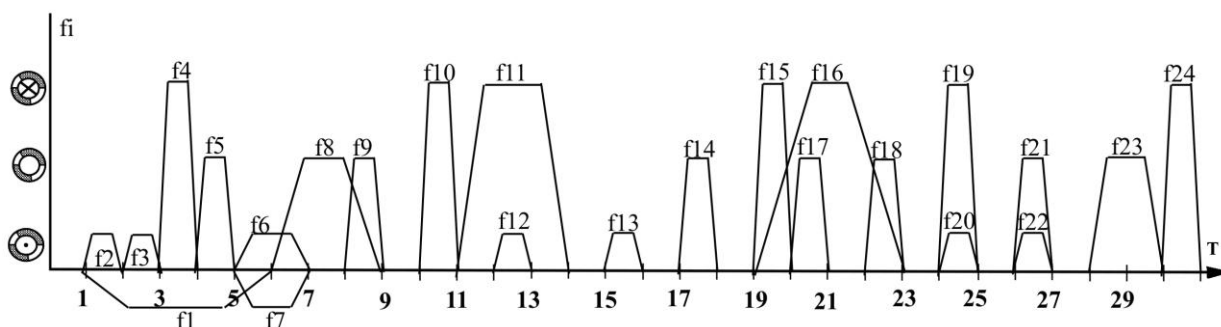
де  $K$  – номер рівня РКС;

$D_i O_j$  – ідентифікатор активного вузла БМММРД;

$d$  – ідентифікатор джерела, пункту обробки та пункту приймання даних;

$a_{ij}, b_{ij}$  – відповідно початок та тривалість виконання системних функцій  $f_i$ .

Реалізація моделі "суміщений часовий граф" та таблиця ідентифікаторів функції  $f_i$  згідно функціоналу (3.7) для багаторівневої РКС (рис.3.9) приведена на рис.3.10.



f1-4.D1O4;	f7-3.D2O3;	f13-2.D1O1;	f19-3.D2O2;
f2-6.D1O1;	f8-5.D1O3;	f14-2.D2O1;	f20-1.D1O1;
f3-5.D1O1;	f9-4.D1O2;	f15-2.D1O2;	f21-1.D2O1;
f4-6.D1O2;	f10-5.D1O4;	f16-2.D3O1;	f22-1.D1O3;
f5-5.D1O2;	f11-4.D1O3;	f17-3.D1O1;	f23-1.D1O2;
f6-4.D1O1;	f12-3.D2O1;	f18-3.D1O2;	f24-1.D2O3.

Рис.3.10. Модель суміщений часовий граф руху даних багаторівневої РКС.

Розроблена формалізація та графічне представлення даної моделі для багаторівневих РКС характеризується новизною, підвищеною інформативністю та розширеними функціональними можливостями, суть якої полягає в тому, що в моделі проведена диференціація системних операцій згідно ідентифікатора  $d$ , який визначає тип активного вузла архітектури РКС. Це дозволяє підвищити коректність та достовірність аналізу адекватності даної моделі реальній архітектурі проектованої РКС.

### 3.2.7. Модель "блок-схема алгоритму" руху даних багаторівневої РКС.

Модель "блок-схема алгоритму" обробки даних для БДМММРД будується згідно системи нерівностей:

$$f_{i.1} = \begin{cases} f_{1,1} < T < 6; \\ f_{2,1} < T < 2; \\ f_{3,2} < T < 3; \\ f_{6,5} < T < 7; \\ f_{7,5} < T < 7; \\ f_{12,12} < T < 13; \\ f_{13,15} < T < 16; \\ f_{20,24} < T < 25; \\ f_{22,26} < T < 27; \end{cases} \quad f_{i.2} = \begin{cases} f_{5,4} < T < 5; \\ f_{8,6} < T < 9; \\ f_{9,8} < T < 9; \\ f_{14,17} < T < 18; \\ f_{17,20} < T < 21; \\ f_{18,22} < T < 23; \\ f_{21,26} < T < 27; \\ f_{23,28} < T < 30; \end{cases} \quad f_{i.3} = \begin{cases} f_{4,3} < T < 4; \\ f_{10,10} < T < 11; \\ f_{11,11} < T < 14; \\ f_{15,19} < T < 20; \\ f_{16,19} < T < 23; \\ f_{19,24} < T < 25; \\ f_{24,30} < T < 31. \end{cases}$$

Реалізація логічного графа алгоритму руху даних БДММРД, який є основою для побудови адекватної моделі "блок-схема алгоритму" виконується згідно теорії графів та методикою, викладеною в [42, 120], приведена на рис.3.11.

Дана технологія побудови моделі "блок-схема алгоритму" для систем реального часу дозволяє формалізовано створити програмне забезпечення на будь-якій мові високого рівня, оскільки характеризується мінімальним числом операторів. При чому:

- нумерація операторів програмного забезпечення виконується простим способом шляхом їх нумерації по вертикальних фрагментах моделі "блок-схема алгоритму" з необхідною вставкою після виконання відповідних функцій ( $f_i$ );

- об'єднання інформаційних потоків вставкою номера оператора безумовного переходу "Go to", який не має графічних позначень на блок-схемах, передбачених стандартами;

- при виконанні умови в умовному операторі логічний граф поширюється вправо, а в протилежному випадку поширюється вниз.

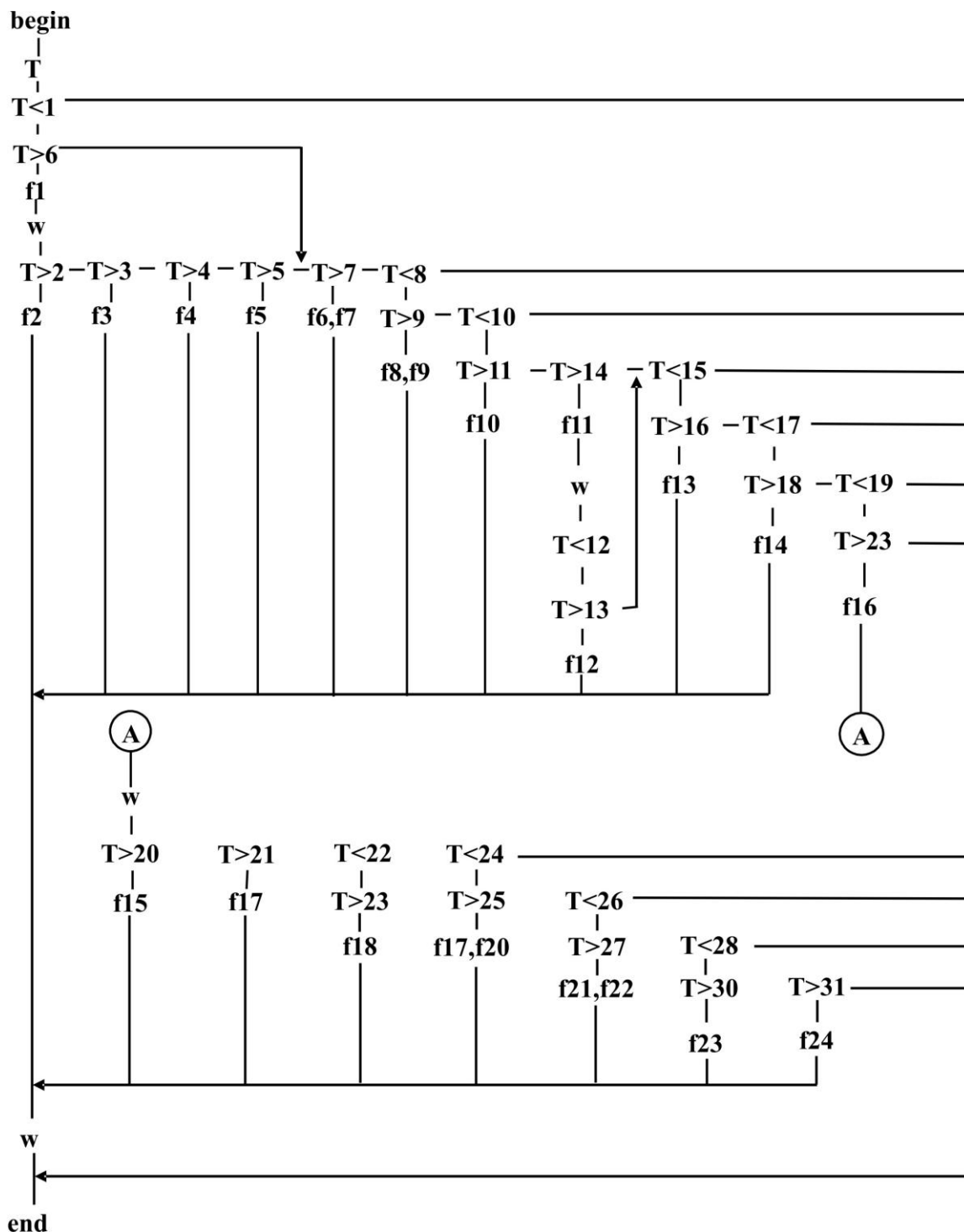


Рис.3.11. Логічний граф руху даних та виконання системних функцій багаторівневої РКС.



Модель "блок-схема алгоритму" повністю має структуру, аналогічну структурі логічного графа, і виконується формальним шляхом згідно стандартних атрибутів ГОСТ 19.003.80 і представлена на рис.3.12.

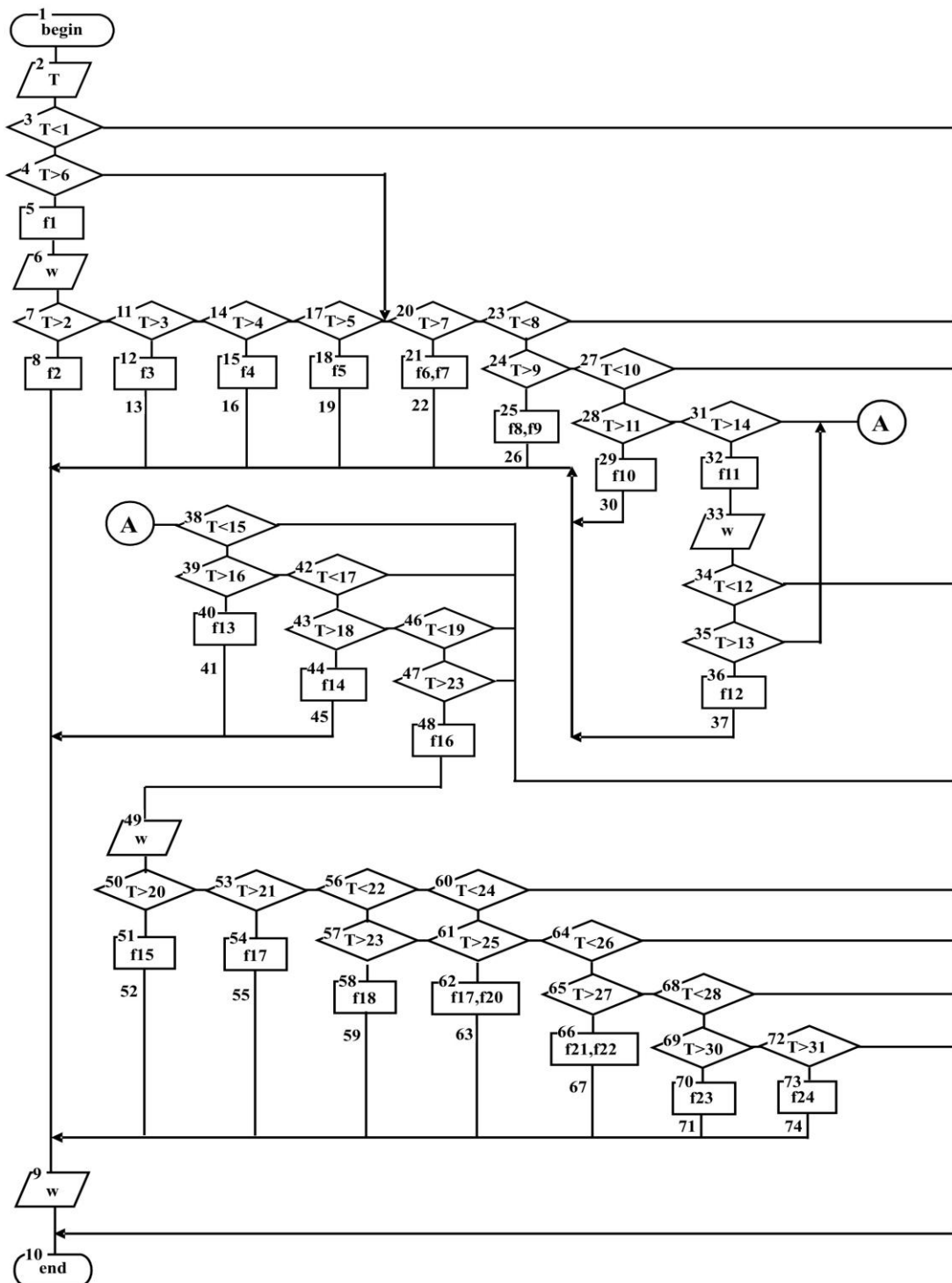


Рис.3.12. Модель "блок-схема алгоритму" обробки даних багаторівневої РКС.

Модель "блок-схема алгоритму" обробки даних в багаторівневих РКС є принципово важливою, оскільки враховує процеси розпаралелення та об'єднання

інформаційних потоків на відповідних рівнях та міжрівневих інформаційних зв'язках, що дозволяє значно підвищити оперативність діагностики регламентності виконання системних функцій в реальному масштабі часу досліджуваних або проєктованих РКС.

Даний клас існуючих похідних моделей, які вдосконалені на основі запропонованої диференціації інформаційних потоків, достатньо повно описує інформаційні процеси в багаторівневих РКС, але в той же час не відображає параметрів ( $C_k$  та  $M_k$ ) функціоналу (3.1), які несуть інформацію про типи виконуваних операцій, фізичні носії даних, моделі джерел інформації та типи використовуваних каналів зв'язку в РКС. Тому актуальною задачею є розширення сукупності існуючих похідних моделей руху даних в складних багаторівневих РКС на основі побудови важливих класів моделей типу:

- циклів руху даних;
- епюр собівартості циклів руху даних;
- епюр ступеня використання ресурсів в активних вузлах РКС;
- граф-алгоритмічних моделей РКС.

### 3.3. Розробка та дослідження ефективності розподілених інформаційних систем на основі диференційованих епюр собівартості циклів руху даних

У роботі [25] автором показано, що одним з найважливіших завдань розробки, впровадження та супроводження експлуатації РКС є обґрунтування ефективності використання інформаційного, програмного та технічного забезпечення. При цьому оцінка ефективності використання РКС проводиться у декілька етапів [7].

На першому етапі показником ефективності використання інформаційної системи служить відносна трудомісткість процесу виконання типових операцій при існуючих і раціональних технологіях роботи підприємства.

На другому етапі оцінки ефективності необхідно визначити кількість типових операцій, які можна додатково виконати за одиницю часу відносно кількості

виконуваних типових операцій при існуючих технологіях роботи та засобах комп'ютеризації.

Третій етап оцінки пов'язаний з визначенням терміну окупності витрат на розробку та експлуатацію РКС.

Оцінка ефективності використання РКС має важливе значення при прийнятті рішення про вибір системного проекту і дозволяє визначити:

- як зміниться ефективність роботи основних підрозділів при перерозподілі функцій між підрозділами порівняно з існуючим варіантом розподілу функцій;
- скільки операцій додатково можна буде виконати при впровадженні нових раціональних технологій роботи з врахуванням міри використання ресурсів КС;
- за скільки часу можна окупити вкладені кошти у розробку інформаційної системи, яка здійснює автоматизовану підтримку раціональних технологій роботи структурних підрозділів.

При цьому отримання числових характеристик проектованої або діагностованої, відносно оцінки ефективності, однорівневих КС може бути досягнуто, як показано в [25], шляхом побудови повної системи циклів руху даних, які відображають всі шляхи руху даних від джерел до приймачів інформації для прикладу багаторівневої архітектури КС, представленої ММ (див. рис.3.3).

Існуюча технологія побудови циклів руху даних, орієнтованих для однорівневих КС [25], адекватно описує РКС у вигляді МРД, представленої на рис.3.3, оскільки приведена реалізація моделі не містить елементів розгалуження інформаційних потоків. При спробі побудувати повну систему циклів руху даних для МРД, які містять розгалуження інформаційних потоків, тобто їх диференціацію, існуючий спосіб побудови циклів руху даних не враховує відповідну диференціацію прибутків і витрат при формуванні диференційованих по напрямках масивів даних у вигляді атрибуту P-V, що приводить до неадекватної завищеної інтегральної та глобальної оцінки собівартості руху даних в КС даного класу. Викладена в підрозділі 3.1 (див. табл.3.1) формалізація

атрибутив диференційованих потоків даних дозволяє розширити клас КС, ММ яких містять відповідні розгалуження (диференціацію) інформаційних потоків.

В результаті застосування запропонованого розширення атрибутів БДМММРД досягнута можливість суттєвого підвищення точності оцінки собівартості руху диференційованих потоків даних в багаторівневих КС з розгалуженнями інформаційних потоків. При цьому, як видно з табл.3.1, у випадку наявності к розгалужень в одному активному вузлі КС необхідно відповідно диференціювати потоки даних з числом не більше чотирьох в одному вузлі.

Повна система циклів руху даних БДМММРД для реалізації моделі системи згідно рис.3.3 представлена на рис.3.13.

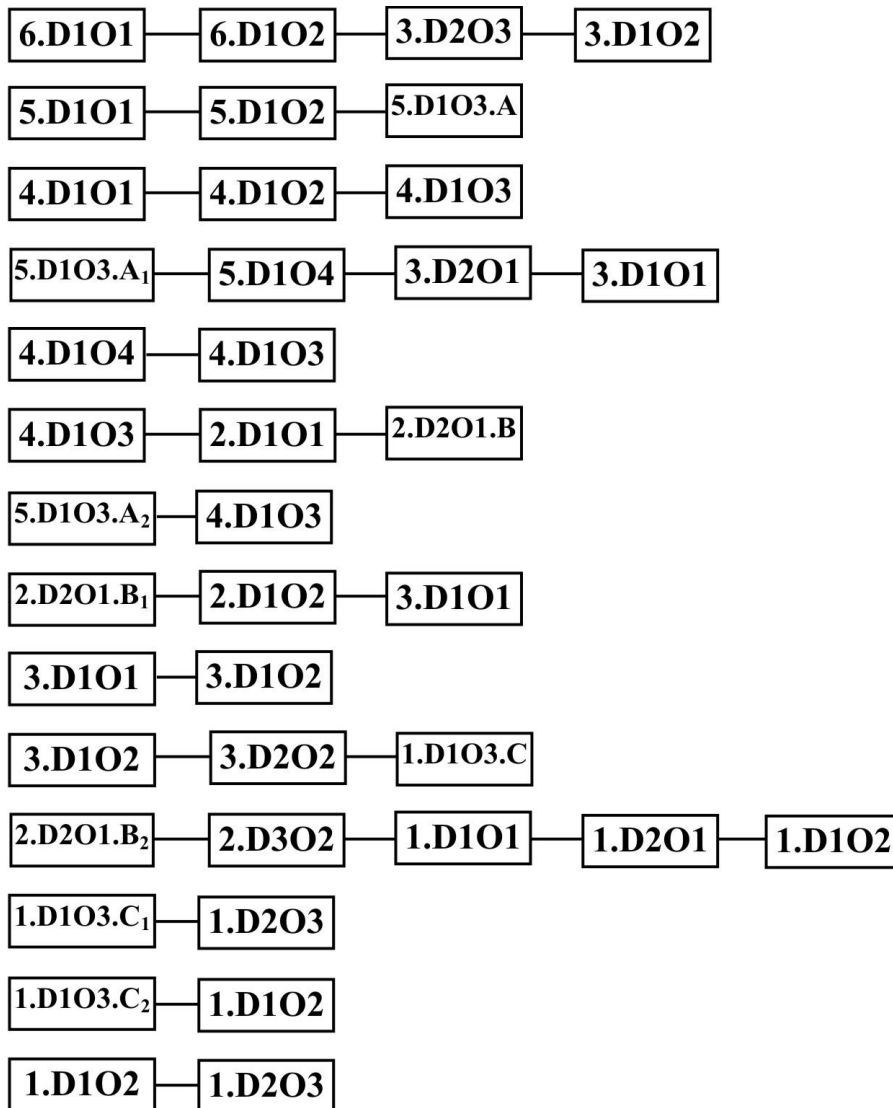


Рис.3.13. Цикли руху даних для багаторівневої ММРД.

Для побудови ЕРД використовується оцінка ефективності реалізації процесів формування, цифрової обробки, зберігання та використання даних в активних вузлах різних рівнів БМРД [46]:

$$K \cdot E = \frac{P_{ij} - V_{ij}}{T_{ij}}, \quad (3.8)$$

де  $K$  - ідентифікатор рівня;

$E$  - собівартісний показник руху даних;

$P_{ij}$  - сумарний дохід від реалізації функцій активного вузла МРД;

$V_{ij}$  - програмно-апаратні затрати на постановку задач, запуск функцій та експлуатаційних витрат в активному вузлі МРД;

$T_{ij} = b_{ij}$  - регламентні затрати часу на реалізацію функцій вузла МРД ( $T_1 < T_{ij} < T_2$ );

$i = 1, 2, \dots, n$  - число документів ( $D_i$ ) МРД;

$j = 1, 2, \dots, m$  - число підрозділів ( $O_j$ ) МРД.

Показник  $E$  представляє собою питому оцінку прибутків та витрат, отриманих в активному вузлі БМРД на інтервалі регламентного часу  $T_{ij}$ .

Сумарна собівартість руху даних на інтервалі одного циклу та питому собівартість можна розрахувати згідно виразів [116, 117]:

$$S_{KL} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (P_{ij} - V_{ij}), \quad S_{KS} = \frac{S_{KL}}{\sum_{i=1}^N \Delta T_{ij}}. \quad (3.9)$$

У загальному випадку для всієї структури комп'ютерної системи оцінка  $S_{KL}$  може бути розрахована на основі аналітичного виразу [46]:

$$S_{KM} = \sum_{i=1}^M \sum_{p=1}^M [F_1(P_{ij}) - F_2(V_{ij})], \quad (3.10)$$

де  $[F_1(P_{ij}), F_2(V_{ij})]$  - відповідні аналітичні вирази, що описують часові характеристики затрат та отриманих прибутків при реалізації функцій в активних вузлах БМРД.

Графік сигнальної ЕРД, яка відповідає описаній архітектурі багаторівневої системи руху даних, представлений на рис.3.14.

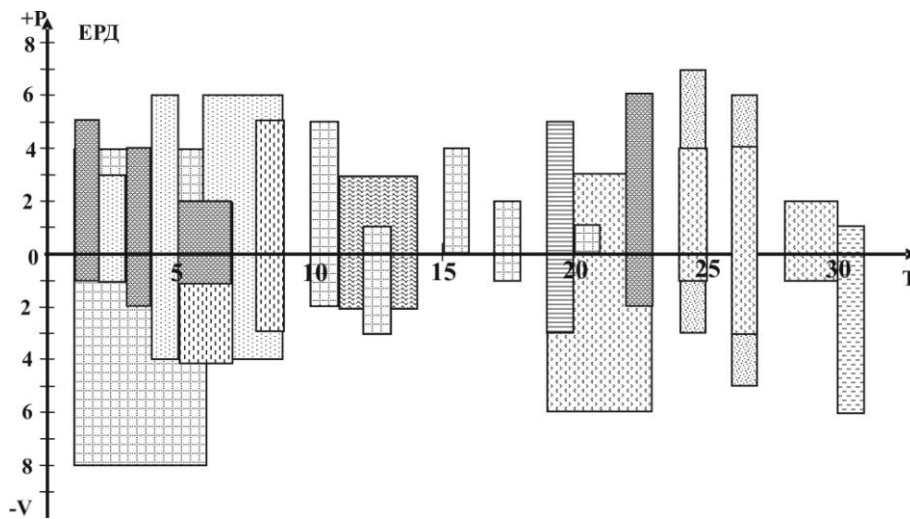


Рис.3.14. Сигнальна ЕРД багаторівневої РКС.

Побудова диференціальної ЕРД виконується на основі диференціації собівартісних показників  $\Delta ERD = P_{ij} - V_{ij}$  (рис.3.15).

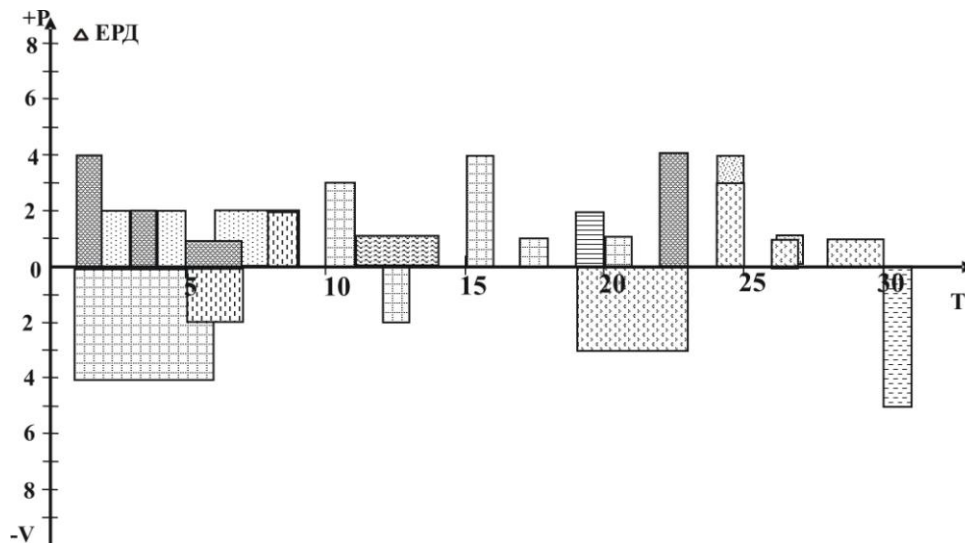


Рис.3.15. Сумарна сигнальна ЕРД багаторівневої РКС.

Часова характеристика сумарної диференціальної ЕРД розраховується шляхом сумування параметрів  $\Delta ERD$  впродовж всього інтервалу часу (Т) руху даних в діагностованій або проектованій РКС (рис.3.16).

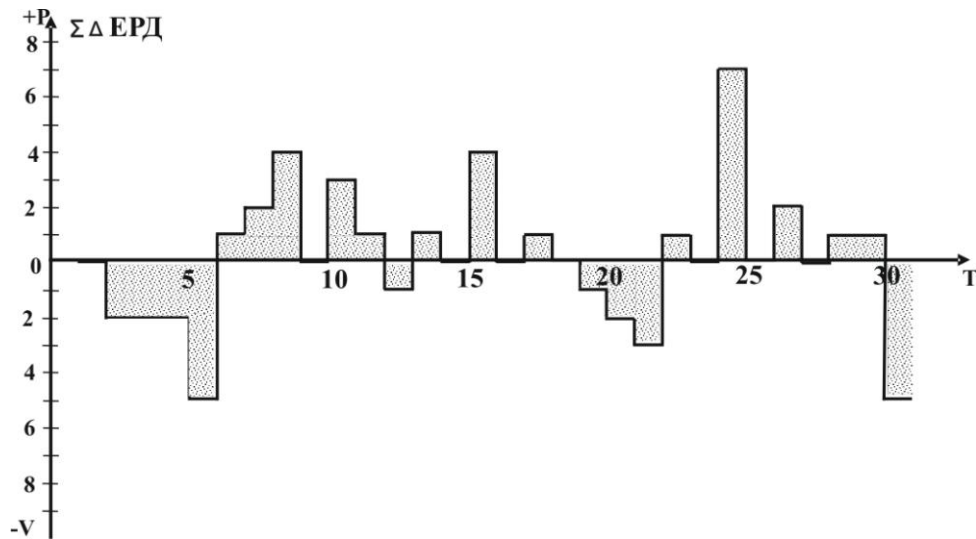


Рис.3.16. Сумарна диференціальна ЕРД багаторівневої РКС.

Розрахунок характеристики інтегральної ЕРД (рис.3.17) виконується шляхом інтегрування по похідній реального часу (Т) параметрів  $\Sigma\Delta EPД$  згідно аналітичного виразу:

$$G_{\hat{E}\hat{N}} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \int \Sigma \Delta \dot{A} \dot{D} \ddot{A} dt}{N} \rightarrow \max ,$$

де n – число часових інтервалів ковзної вибірки,

N – загальне число часових інтервалів,

max – критерій максимуму позитивних собівартісних показників руху даних.

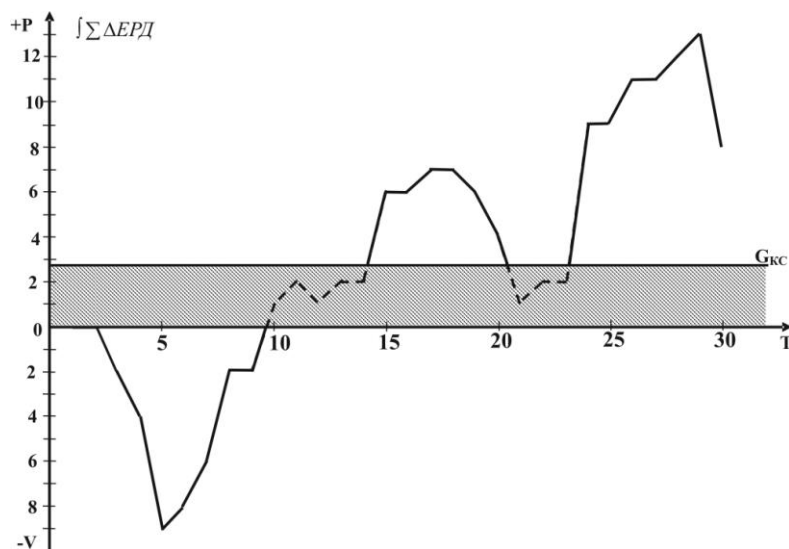


Рис.3.17. Інтегральна сумарна диференціальна ЕРД багаторівневої РКС.

Викладені теоретичні основи, методи та інформаційні технології побудови епюр собівартості руху даних в багаторівневих РКС дозволяє суттєво підвищити точність, а також розширити функціональні можливості аналізу та діагностування ефективності діючих КС. Розроблена інформаційна технологія є ефективним інструментальним засобом програмного проектування складних РКС з високим рівнем диференціації системних операції, розпаралелення та інтеграції інформаційних потоків в реальному масштабі часу.

### 3.4. Інформаційна технологія побудови епюр ступеня використання ресурсів в активних вузлах багаторівневих РКС

Розроблена технологія побудови епюр ступеня використання ресурсів в активних вузлах багаторівневих РКС виконується на основі формалізованого опису згідно циклів руху даних, представлених на рис.3.13, та параметрів суміщеного часового графа (див. рис.3.10). При цьому для побудови епюр ступеня використання ресурсів (ЕСВР) використовується оцінка ефективності використання ресурсів (1.15) та параметри атрибутів БМРД (див. табл.3.1), які приведені на прикладі багаторівневої МРД (див. рис.3.3).

Формалізований опис параметрів ЕСВР задається наступним чином:

$$f_i - K.D_i O_j . \alpha_0 . \alpha_1 . \alpha_2 . \alpha_3 ;$$

f1-4.D1O4.10.06.05.10;	f13-2.D1O1.10.09.09.10;
f2-6.D1O1.10.06.04.10;	f14-2.D2O1.04.02.05.07;
f3-5.D1O1.09.06.03.10;	f15-2.D1O2.10.10.10.10;
f4-6.D1O2.10.03.02.08;	f16-2.D3O1.10.09.05.10;
f5-5.D1O2.07.03.02.05;	f17-3.D1O1.06.04.02.06;
f6-4.D1O1.10.04.04.09;	f18-3.D1O2.08.04.03.07;
f7-3.D2O3.10.07.04.10;	f19-3.D2O2.10.02.01.03;
f8-5.D1O3.07.04.03.08;	f20-1.D1O1.08.07.05.08
f9-4.D1O2.08.05.03.07;	f21-1.D2O1.05.04.01.05;
f10-5.D1O4.10.10.05.10;	f22-1.D1O3.10.08.07.09;



f11-4.D1O3.10.10.06.10;

f23-1.D1O2.10.03.02.09;

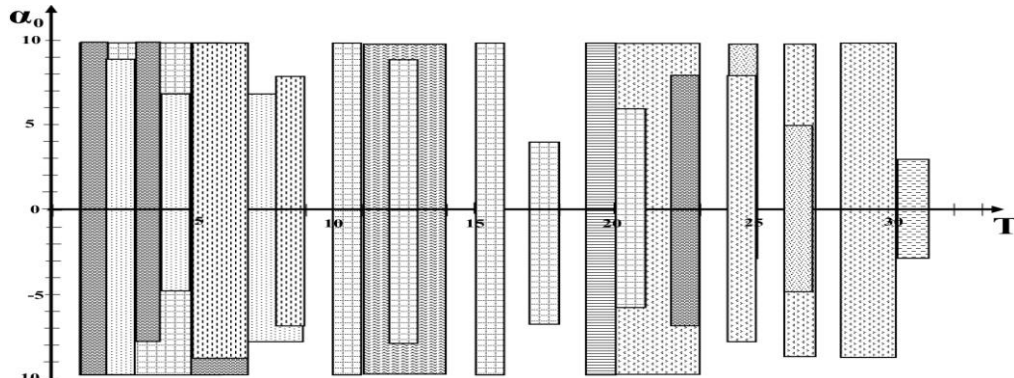
f12-3.D2O1.09.05.03.08;

f24-1.D2O3.03.03.03.03.

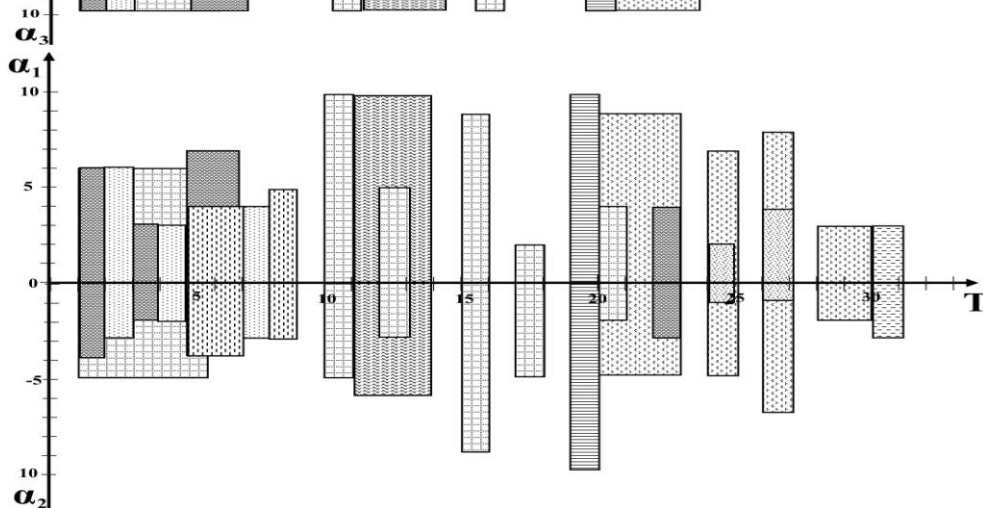
Графіки моделей ступеня використання ресурсів багаторівневої РКС розраховані згідно аналітичного виразу [46]:

$$k_c = \frac{\alpha_2 \cdot \alpha_0}{\alpha_3 \cdot \alpha_1}$$

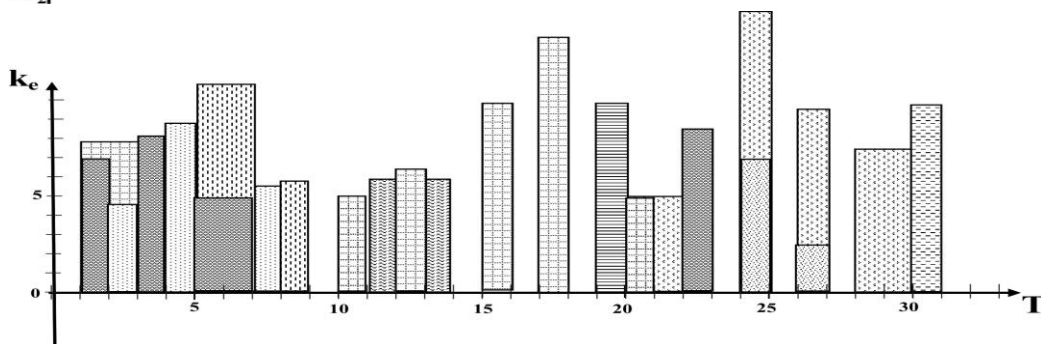
та приведені на рис.3.18 (а, б, в).



а)



б)



в)

Рис.3.18. Епюри ступеня використання ресурсів в активних вузлах ММ багаторівневої РКС (а – сигнальна модель ресурсів зчитування та запису даних, б – сигнальна модель використання ресурсів, в – коефіцієнт ефективності використання ресурсів).

З рис.3.18 видно, що сигнальні моделі номінальних та використовуваних ресурсів активних вузлів РКС є надто насичені символікою ступеня використовуваних ресурсів для різних функцій, які реалізуються в активних вузлах ММ РКС. Тому доцільно побудувати аналогічні моделі окремо для джерел, пунктів обробки та пунктів затвердження даних, що показано на рис.3.19.

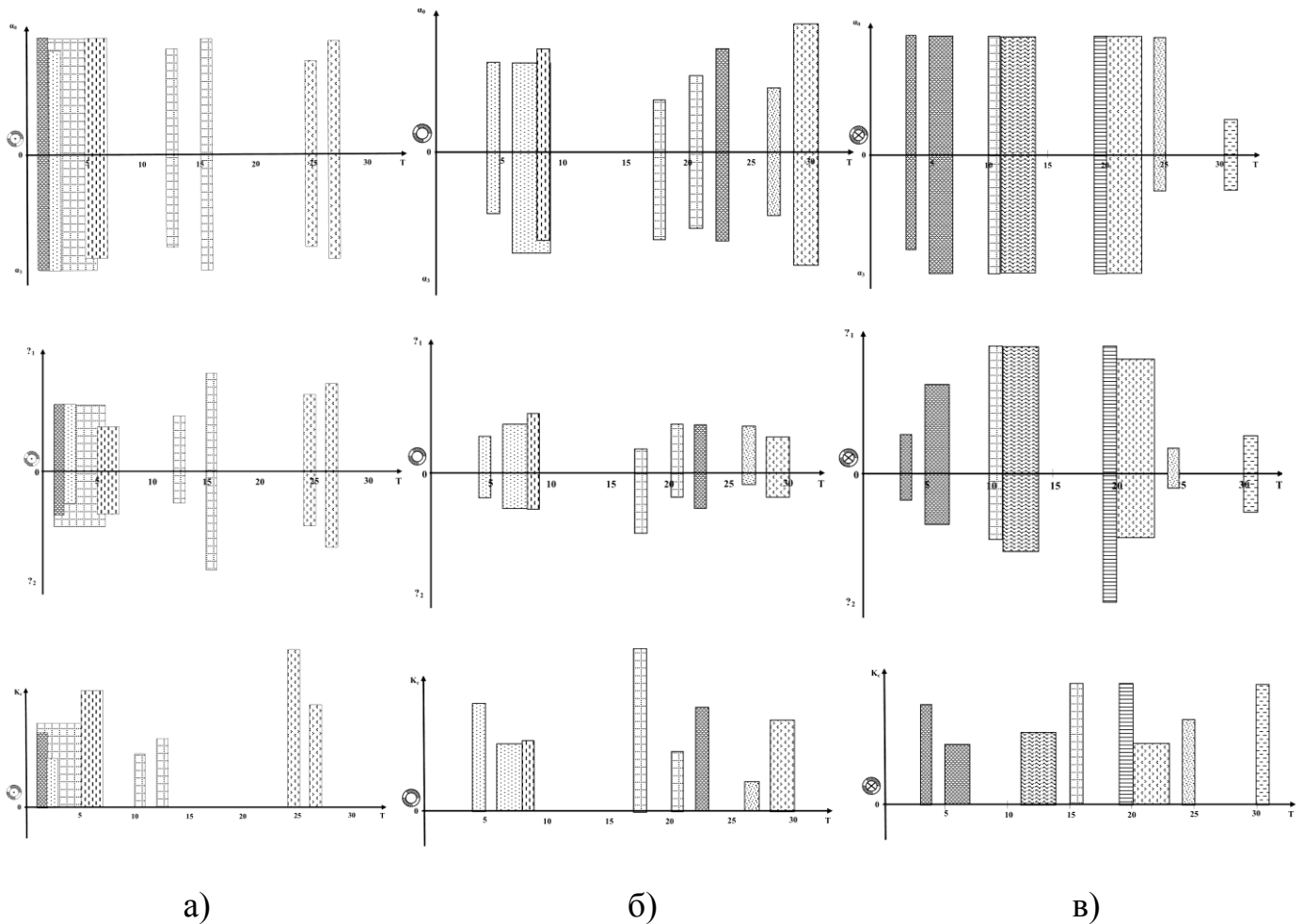


Рис.3.19. Епюри ступеня використання ресурсів в активних вузлах ММ багаторівневої РКС (а – джерел даних, б – пунктів обробки даних, в – пунктів затвердження даних).

### 3.5. Вдосконалення інформаційної технології побудови граф-алгоритмічних моделей багаторівневих РКС

Побудова граф-алгоритмічної моделі, яка запропонована як розширення сукупності моделей руху даних, визначається функціоналом  $F_4$  (1.17):

$$F_4[БРМ_1, ДД, БРДММРД, \dots, Д(M_n + ГАМ)],$$

де  $БРМ_1$  – багаторівнева матрична модель (типу рис.3.3);

ДД – дифенційовані дані.

Як зауважено в підрозділі 1.4, існуюча технологія побудови граф-алгоритмічних моделей характеризується наступними недоліками:

- обмежені функціональні можливості, які не дозволяють їх використати для побудови відповідних моделей багаторівневих РКС;

- відсутня можливість відображення моделей джерел інформації, передбачена функціоналом (1.20), та аналітики цифрової обробки даних у відповідних активних вузлах КС;

- обмежене число атрибутів ліній зв'язку, яке не дозволяє відобразити сучасні Ethernet-технології передавання даних.

З метою розширення функціональних можливостей та підвищення адекватності відображення руху даних в складних багаторівневих РКС на основі граф-алгоритмічних моделей запропоновано модифікацію таблиці системи атрибутів даного класу моделей [155] (табл.3.4).

Дана таблиця розширена від 41 існуючого числа атрибутів згідно ГОСТ 19.003.80 (див. табл.1.5) до 64 символів, що передбачає доцільність їх подальшого розширення і 8-бітове кодування, аналогічне кодуванню алфавітно-цифрових даних. В основу здійсненого розширення числа атрибутів граф-алгоритмічних моделей покладено:

- вилучення зі списку атрибутів морально застарілих носіїв інформації типу магнітний диск та ін.;

- введення символів новітніх засобів реєстрації, вводу-виводу та дистанційного передавання даних типу мишка, оптичний диск, модем та ін. (4-9);

- розширення символів сучасних засобів зв'язку (типу Інтернет, мобільний, супутниковий та зверх надвисокочастотний зв'язок, інфрачервоний та волоконно-оптичний канали зв'язку, 10 Мбіт/с та 100 Мбіт/с Ethernet) (42-50);

- ступінь використання ресурсів ліній зв'язку  $C=0.1, 0.2, \dots, 1.0$ ;

додатково введені:

































- символи інтерактивно-керованих джерел, пунктів обробки та приймання даних (52-54);

- джерела, пункти обробки, пункти приймання даних для організації міжрівневих зв'язків (55-57);


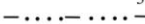






























- неінтерактивні джерела, пункти обробки та приймачі з ознаками ступеня використання ресурсів (58-60) та без ознак використання ресурсів (61-64).

Таблиця 3.4

**Таблиця атрибутів граф-алгоритмічних моделей руху даних**

№ п/п	Позначення	Зміст позначення	№	Позначення	Зміст позначення	
1		Неавтономна пам'ять	6	17		Конкретизований процес
2		Автономна пам'ять	9	18		Ручна операція
3		Тверда копія документа	8	19		Допоміжна операція
4		Звуковий ввід/вивід	19	20		Ручний ввід
5		Мишка	6	21		Оптичний канал
6		Магнітно оптичний диск	14	22		Ввід/ вивід
7		Магнітна дискета	13	23		Пуск/зупинка
8		Оптичний диск	4	24		Ручний документ
9		Автономний сенсор	13	25		Оператор
10		Архів	21	26		Джерело-приймач
11		Магнітна карта	12	27		Злиття
12		Модем	25	28		Виділення
13		Дисплей	15	29		Групування
14		Процес	12	30		Сортування
15		Рішення	12	31		Сторінковий з'єднувач
16		Модифікація	18	32		Міжсторінковий з'єднувач

Продовження таблиці 3.4

33		1	Безпосередня передача	49		3	Інфрачервоний канал зв'язку
34		2	Інформаційний потік	50		3	Волоконно-оптичні лінії зв'язку
35		2	Дублювання передачі	51		11	Степінь використання лінії зв'язку $C=0.1, 0.2, \dots, 1.0$
36		7	Канал зв'язку	52		18	Джерело з інтерактивним управлінням
37		12	Матеріальний потік	53		17	Інтерактивно-керований пункт обробки даних
38		18	Розшифрування	54		31	Інтерактивно-керований пункт приймання даних
39		16	Кодування	55		13	Джерело міжрівневих зв'язків
40		13	Копіювання	56		12	Пункт приймання з міжрівневими зв'язками
41		12	Автономна обробка	57		17	Пункт обробки з міжрівневими зв'язками
42		3	Інтернет	58		7	Джерело з ознаками використання ресурсів
43		18	Мобільний зв'язок	59		6	Пункт обробки з ознаками використання ресурсів
44		4	Супутниковий зв'язок	60		19	Пункт приймання з ознаками використання ресурсів
45		3	Зверх високочастотний зв'язок	61		10	Неінтерактивне джерело
46		3	Зворотній зв'язок інтерактивного управління	62		17	Пункт обробки даних
47		3	Езернет – 10 Мбіт/с	63		16	Незалежний приймач
48		3	Езернет – 100 Мбіт/с	64		18	Залежний приймач

На рис.3.20 приведений варіант побудови багаторівневої ГАМ [46] для архітектури РКС, представленої БМММРД (див. рис.3.3).

Формалізація граф-алгоритмічної моделі виконується згідно параметрів циклів руху даних та атрибутів (с) багаторівневої матричної моделі, символи яких вибираються згідно номерів з табл.3.4 та параметрів функціонала (3.1), а символ моделі вибирається з функціонала (1.20) та табл.2.1. При відсутності реалізації алгоритму формування конкретної моделі ОУ в активному вузлі БММРД символ моделі не включається у формалізований опис граф-алгоритмічної моделі.

6.D101.12:6.D102.30:3.D203.8;6.D102.30;

5.D101.3:5.D102.25:5.D103.11;

4.D101.9:4.D102.14:4.D103.39;

5.D1O3.11:5.D1O4.29:3.D2O1.2:3.D1O1.13;  
 4.D1O4.9:4.D1O3.39;  
 4.D1O3.39:2.D1O1.3:2.D2O1.B.9;  
 5.D1O3.A<sub>2</sub>.11:4.D1O3.39;  
 2.D2O1.B<sub>1</sub>.9:2.D1O2.40:3.D1O1.13;  
 3.D1O1.13:3.D1O2.4;  
 3.D1O2.4:3.D2O2.43:1.D1O3.C.26;  
 2.D2O1.B<sub>2</sub>.9:2.D3O1.15:1.D1O1.1:1.D2O1.18:1.D1O2.30;  
 1.D1O3.C<sub>1</sub>.26:1.D2O3.10;  
 1.D1O3.C<sub>2</sub>.26:1.D1O2.30;  
 1.D1O2.30:1.D2O3.10.

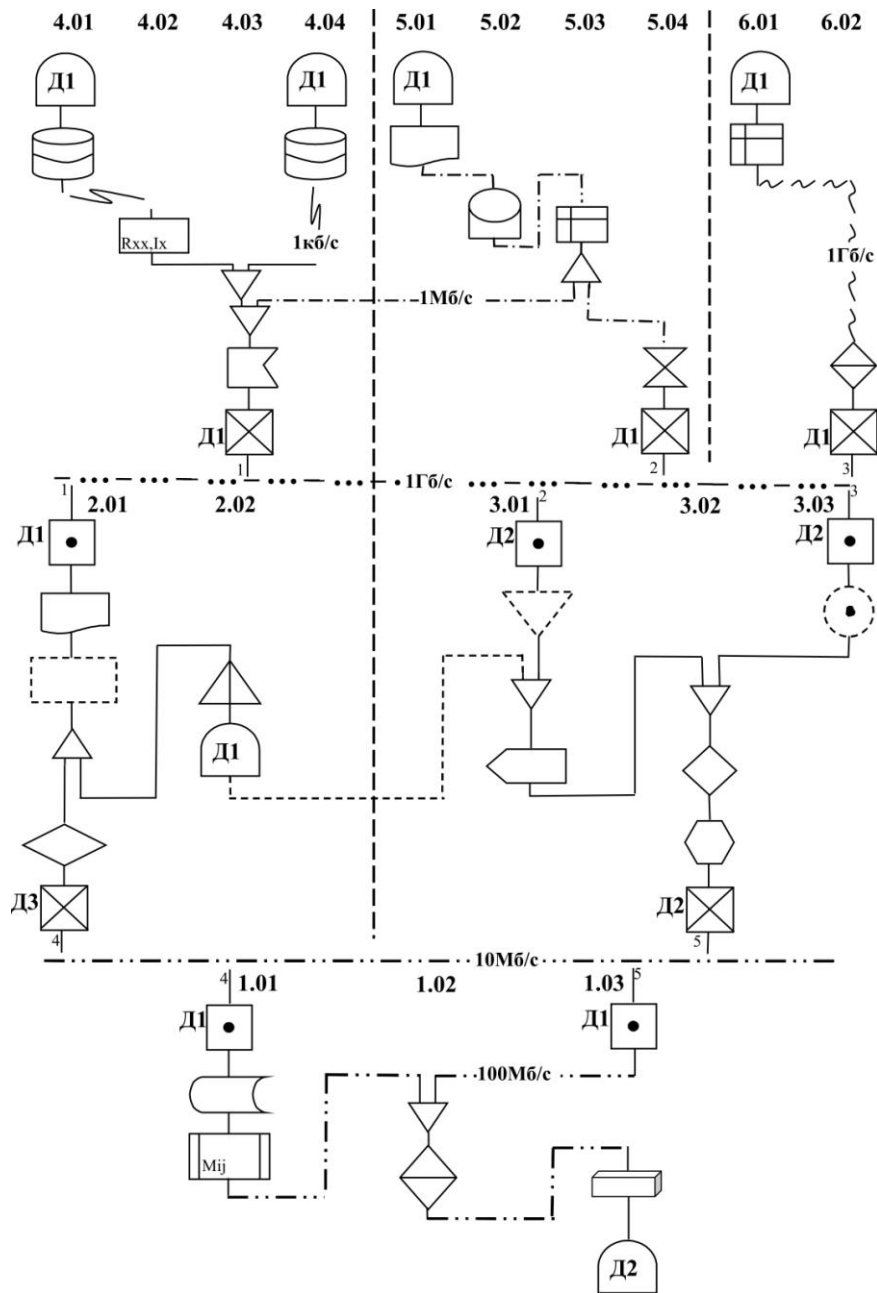


Рис.3.20. Граф-алгоритмічна модель багаторівневої КС.

В основу побудови багаторівневої ГАМ покладена структура руху даних багаторівневої РКС та параметр  $C_{ij}$  активних вузлів її моделі. В даній моделі запропоновано розширення змістової частини параметру  $C_{ij}$  відповідно до типу активного вузла ММРД:

- джерело інформації описується функціоналом (1.19)

$$X_{OY} = F(S_i : X(t) + TEД, M_x, D_x, \sigma_x, R_{xx}, R_{xy}, M_{ij}, S(w), K_{ij}, ЛСИМ, I_x, ІСД),$$

в якому СД формується згідно алгоритмів (2.4) або (2.8);

- пункт обробки даних описується диференційованими даними функціоналу  $F_4(1.20)$ :

$$F_4[БРМ_1, ДД, БРДММРД, \dots, Д(M_n + ГАМ)],$$

де ДД диференційовані дані згідно табл.3.1 та функціоналу (3.1);

- пункт приймання даних описується програмним забезпеченням згідно функціоналу  $F_5$  та  $F_6$  алгоритму (1.20), в якому розраховуються диференційовані цикли руху даних, диференційовані епюри руху даних та глобальна оцінка ефективності КС  $F_6$ .

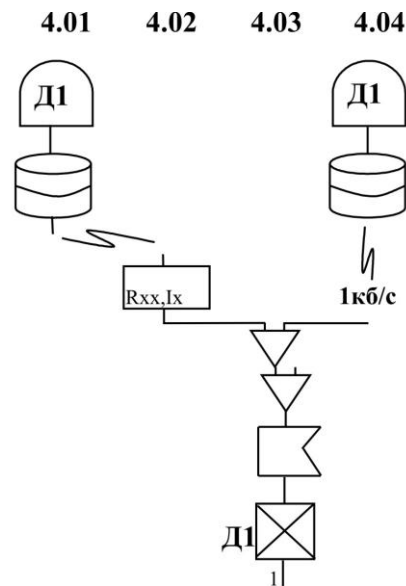

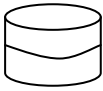



Рис.3.21. Компонент розподіленої ГАМ, в якому формуються СД.

Компонент структури розподіленої ГАМ, який показаний на рис.3.21, демонструє наявність мобільного абонентського пункту, який ідентифікується символом кодування інформації , реалізує дистанційний безпроводний збір

телеметричних даних  $X(t)$  двох сенсорів  та об'єднання їх інформаційних потоків з потоком ТЕД, які формуються оператором і у вигляді СД генеруються приймачем  в комп'ютерну мережу на основі ВОЛЗ ( — ...→) 1 Гб/с на більш високі рівні розподіленої РКС.

### 3.6. Обґрунтування критеріїв та дослідження ефективності представлення сукупності МРД складних багаторівневих РКС

При побудові багаторівневих структурно-часових моделей РКС виникають два аспекти досліджень по оптимізації їх характеристик:

- ергономічний, пов'язаний з аналізом якості сприймання їх відображення у вигляді "кольорових" графів на основі методів аналізу ергономічних систем;
- структурно-кількісний, пов'язаний з аналізом складності їх архітектури та інформативності їх формалізованих математичних моделей, які описуються відповідним числом та структурною організацією логічних рівнянь.

Перший аспект досліджень можна проілюструвати порівнянням існуючих способів подання графів структурно-часових моделей у вигляді прямокутних вершин, "причинно" з'єднаних між собою системою ребер, які відповідають реальній структурі БММРД проектованої РКС.

На рис.3.22 приведені фрагменти побудови одного з рівнів РКС з архітектурою (див. рис.3.8) на основі існуючих та запропонованої методик їх подання для однорівневих та багаторівневих РКС [46].

Слід зауважити, що технологія представлення та атрибутики вершин структурно-часових та інших моделей руху даних не закріплені відповідними стандартами, як це зроблено для структур блок-схем алгоритмів та граф-алгоритмічних моделей РКС.



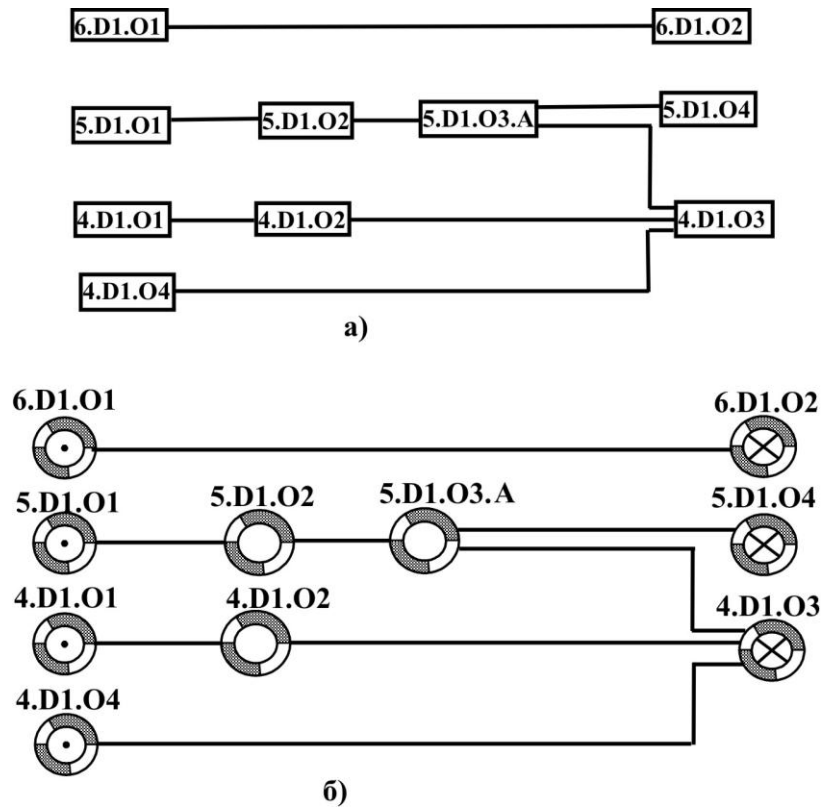


Рис.3.22. Фрагмент побудови одного з рівнів РКС:

а – існуючий метод подання структурно-часової моделі,

б – запропонована методика подання структурно-часової моделі.

Оцінку структурної складності представлення багаторівневих МРД виконаємо на основі адитивно-мультиплікативного критерію (рис.3.23):

$$k_e = K \cdot \frac{\sum_{j=1}^m f_j}{\sum_{i=1}^n \alpha_i P_i} \Rightarrow \max, \quad (3.11)$$

де  $P_i \in (l, P, x, d, r, h, z, b, c, i, n, a, f)$  - параметри атрибутів МРД:

$K$  - ідентифікатор рівня МРД ( $K=1,2,\dots$  – відповідно для однорівневих та багаторівневих МРД);

$f_j$  - функціонально-інформаційна характеристика МРД;










$\alpha_i$  - вагові коефіцієнти експертних оцінок інформаційності компонентів атрибутів МРД;

$k_c = \sum_{i=1}^n \alpha_i P_i$  - структурна складність МРД.

У табл.3.5 приведена символіка компонентів атрибутів МРД та експертні оцінки коефіцієнта їх складності  $\alpha_i$  параметрів  $l, P, x, d, r, h, z, b, c, i, n, a$ .

Таблиця 3.5

### Символіка компонентів атрибутів МРД

№ п/п	Тип позначення елемента	Зміст елемента	Символи	$\alpha_i$
1	$l$	лінія		1
2	$P$	поворот		2
3	$x$	пересічення		3
4	$d$	дотик		2
5	$r$	розгалуження		2
6	$h$	штрихування		2
7	$z$	направлений зв'язок	  	2 3
8	$b$	літера	Аа, Бб...	8
	$c$	цифра	1, 2, ... 0	4
	$i$	індекс		4
	$n$	знак	<, >, .., :, -, +, ...	2

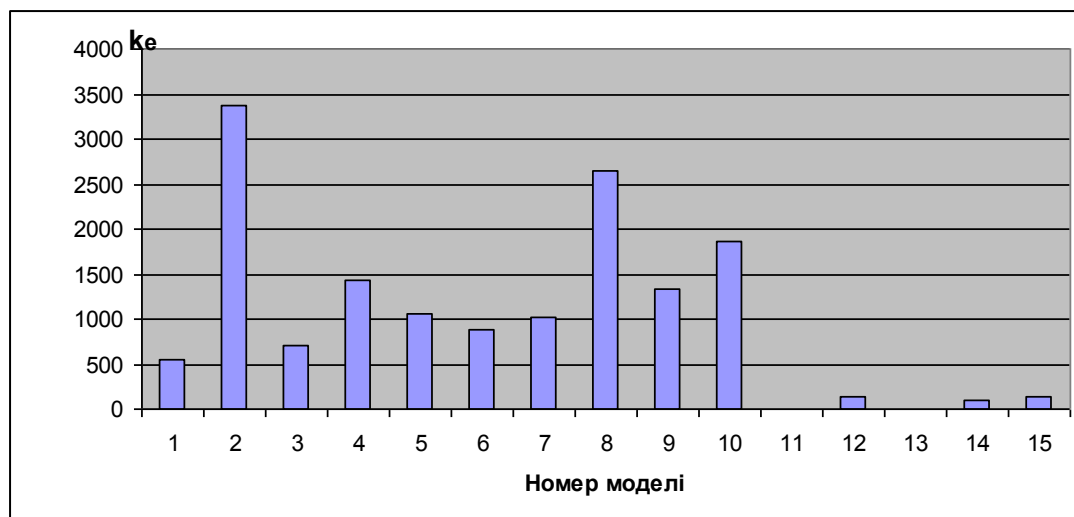


Рис.3.23. Структурна складність багаторівневих МРД.

Параметр  $f$  визначає функціонально-інформаційну цінність БМРД, експертні оцінки якої для сукупності досліджуваних моделей приведені в табл.3.6.

## Функціонально-інформативні характеристики МРД

№ п/п	Функціонально-інформативні характеристики МРД (S) та їх формалізації (F)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F	S/ F
1	Наявність структурних зв'язків	1/ 0	1/ 0	1/ 1	0/ 0	1/ 1	1/ 1	0/ 0	1/ 1	1/ 1	1/ 1	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0
2	Ідентифікатор активного вузла $D_iO_j$	1/ 1	1/ 1	1/ 1	1/ 1	1/ 1	1/ 1	0/ 1	0/ 1	0/ 1	0/ 0	0/ 0	1/ 1	1/ 1	0/ 1	0/ 0
3	Тип атрибута (джерело, пункт обробки, пункт приймання)	1/ 0	1/ 1	0/ 0	1/ 1	1/ 1	1/ 1	1/ 1	0/ 0	1/ 1	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 1	0/ 0
4	Інформація про ступінь використання ресурсів	0/ 0	1/ 1	0/ 0	0/ 0	1/ 0	1/ 1	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	1/ 1	0/ 0
5	Час початку операції $a_{ij}$	1/ 1	1/ 1	0/ 0	1/ 1	0/ 0	1/ 1	1/ 1	1/ 1	0/ 0	0/ 0	1/ 1	1/ 1	1/ 1	1/ 1	1/ 1
6	Тривалість операції $b_{ij}$	1/ 1	1/ 1	0/ 0	1/ 1	0/ 0	0/ 0	1/ 1	1/ 1	0/ 0	0/ 0	1/ 1	1/ 1	1/ 1	1/ 1	1/ 1
7	Тип операції та носія даних $c$	1/ 1	1/ 1	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	5/ 5	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0
8	Тип каналу зв'язку	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	1/ 1	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0

Продовження таблиці 3.6

9	Параметр $P - V$	1/ 1	1/ 1	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	1/ 1	5/ 5	6/ 6	0/ 0	6/ 6
10	Диференці йованість параметрів МРД	0/ 0	1/ 1	0/ 0	0/ 0	1/ 1	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	1/ 1	1/ 1	2/ 2	0/ 0	1/ 1
11	Тип моделі технологіч ного ДІ $S_i : X(t) + TE_i$ $\sigma_x, R_{xx}, R_{xy}, M$ $K_{ij}, ЛСІМ, I_x$	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	1/ 1	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0
12	Епюри руху даних ДЦРД, ДЕРД, $\int \Delta EРД(T) dT,$ $\sum_{i=1}^n \int \Delta EРД(T) dT$	0/ 0	5/ 5	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	1/ 1	2/ 2	0/ 0	0/ 0	1/ 1	1/ 1
13	$\sum_{j=1}^m f_j, m = 1$	7/ 5	14/1 3	2/ 2	4/ 4	5/ 4	5/ 5	3/ 4	3/ 4	9/1 0	2/ 2	6/ 6	9/ 9	11/ 11	4/ 6	10 /1 0
14	Однорівневі моделі	7/-	14/-	1/-	3/-	2/-	3/-	2/-	2/-	6/-	1/-	5/-	5/-	5/-	1/-	0/-

В табл.3.6 пронумерована сукупність моделей руху даних:

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1 – матрична модель;              | 12 – сигнальна ЕРД;                        |
| 2 – модифікована матрична модель; | 13 – сумарна диференціальна ЕРД;           |
| 3 – граф-розгалужене дерево;      | 14 – ступінь використання ресурсів;        |
| 4 – параметрично-часова модель;   | 15 – інтегрально-глобальна характеристика. |
| 5 – структурно-часова модель;     |  |
| 6 – модель "мережевий графік";    |  |
| 7 – суміщений часовий граф;       |  |
| 8 – блок-схема алгоритму;         |  |
| 9 – граф-алгоритмічна модель;     |  |
| 10 – цикли руху даних;            |  |
| 11 – епюри руху даних;            |  |

На рис. 3.24 показана діаграма функціонально-інформативних характеристик досліджуваної сукупності МРД, які відповідають сумі  $\sum_{j=1}^m f_j$ , (див. табл.3.6).

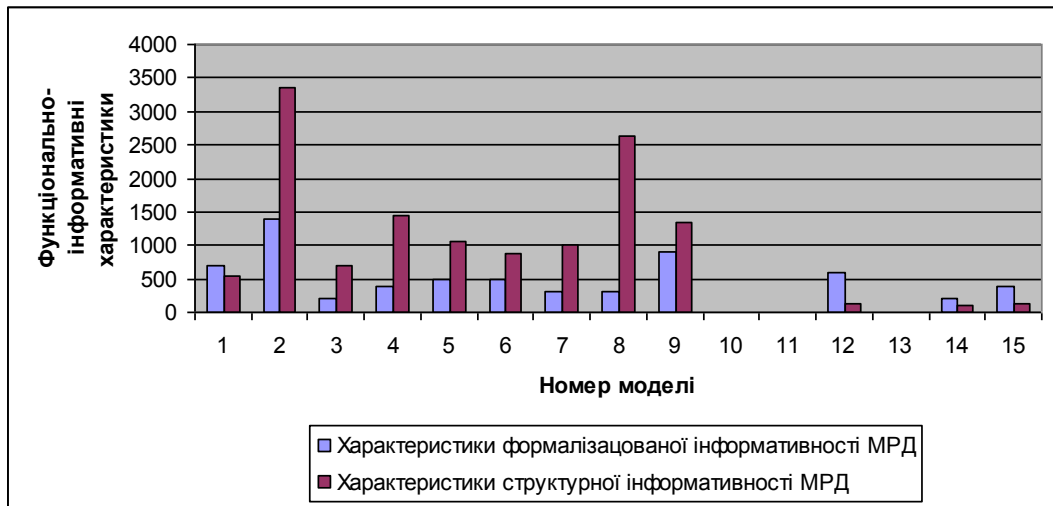


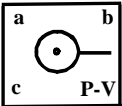
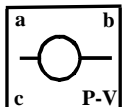
Рис.3.24. Функціонально-інформативні характеристики МРД.

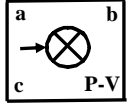
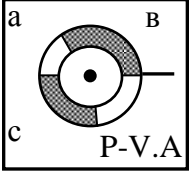
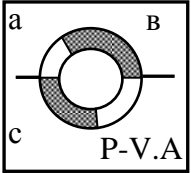
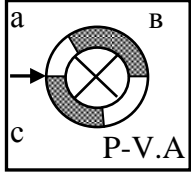
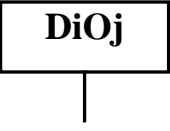


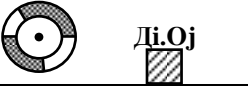
З рис.3.24 видно, що у порівнянні з найбільш інформативною однорівневою матричною моделлю (1) найвищі показники інформативності мають багаторівневі моделі: матрична (2), граф-алгоритмічна (9), епюри руху даних (11) та епюри ступеня використання ресурсів в активних вузлах КС (12).

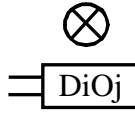
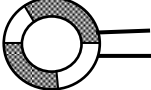
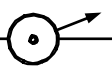
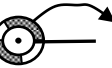
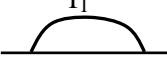
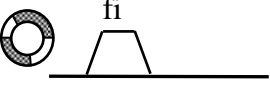
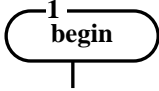
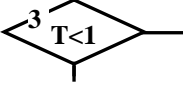
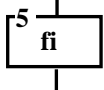



На основі критерію (3.11) та даних таблиць 3.4, 3.5, 3.6 виконаємо оцінку структурної складності компонентів різних способів представлення МРД (табл.3.7):

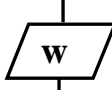
Таблиця 3.7

### Інформативні характеристики компонентів атрибутів МРД

№ п/п	Структура компонента МРД	l	P	x	d	r	h	z	b	c	i	n	k <sub>e</sub>	e
1		7	4	-	1	-	-	-	5	-	-	1	59	59
	$D_i O_j . a . b . c . P - V ;$	-	-	-	-	-	-	-	7	-	2	6	80	160
2		7	4	-	2	-	-	-	5	-	-	1	61	61
	$D_i O_j . a . b . c . P - V ;$	-	-	-	-	-	-	-	7	-	2	6	80	160

3	 $D_i O_j . a . b . c . P - V ;$	8	4	1	5	-	-	1	5	-	-	1	73	73
		-	-	-	-	-	-	-	7	-	2	6	80	160
4	 $R . D_i . O_j . a . b . C_k . M_k . d_k (P_k - V_k)$	8	4	-	1	-	2	-	6	-	-	2	74	74
		-	-	-	-	-	-	-	10	-	7	8	124	248
5	 $R . D_i . O_j . a . b . C_k . M_k . d_k (P_k - V_k)$	8	4	-	2	-	2	-	10	-	-	2	108	108
		-	-	-	-	-	-	-	10	-	7	8	124	248
6	 $R . D_i . O_j . a . b . C_k . M_k . d_k (P_k - V_k)$	8	4	1	5	-	2	1	10	-	-	2	119	119
		-	-	-	-	-	-	-	10	-	7	8	124	248
7	 $D_i O_j$	5	4	-	1	-	-	-	2	-	2	-	39	39
									2		2	-	24	48
8	 $R . D_i . O_j$	9	7	-	1	-	1	-	3	-	2	2	63	63
									3		2			
9	 $D_i O_j$	7	4	1	4	-	1	-	2	-	2	-	52	52
									2		2	-	24	48
10	 $R . D_i . O_j$	8	4	-	1	-	3	-	3	-	2	1	58	58

11	 $D_i O_j$													
								2		2	-	24	48	
1	<b>R.Di.Oj.A</b>	4	-	-	2	1	2	-	4	-	2	3	54	54
2	 $R.Di.Oj.A$								4	-	2	2	40	80
13	$O_j$  $D_i O_j$	4	-	-	3	-	-	1	1	-	1	-	24	24
									2		2	-	24	48
14	<b>R.Oj</b>  $R.Di.Oj$	5	-	-	3	-	2	1	2	-	1	1	39	39
									3	-	2	1	34	68
15	$f_1$  $DiOj.a_{ij}.a_{ij} + b_{ij}$	2	-	-	2	-	-	-	1	-	1	-	18	18
									5	-	8	3	78	156
16	 $R.D_i O_j .d.(a_{ij} + b_{ij})$	6	2	-	2	-	2	-	1	-	1	-	30	30
									6	-	6	6	84	168
17	$1$  <b>begin</b>	4	-	-	2	-	-	-	5	1	-	-	52	52
18	$3$  <b>T&lt;1</b>	6	4	-	3	-	-	-	1	2	-	1	38	38
19	$5$  <b>fi</b>	6	4	-	3	-	-	-	1	2	1	-	40	40
20	<b>R.Oj</b>  <b>Di</b>	5	2	-	1	-	-	-	3	-	2	1	45	45
21		7	8	-	1	-	-	-	-	-	-	-	25	25
22	<b>R.Oj</b>  <b>Di</b>	8	4	1	2	-	-	-	3	-	2	1	57	57

23	<b>D1O2</b>	4	8	-	-	-	-	-	8	4	-	-	24	24
24		4	4	-	2	-	-	-	1	2	-	-	-	32

Згідно критерію 3.11 та даних табл. 3.7 розрахована порівняльна діаграма структурної складності базової матричної моделі багаторівневої РКС (див. рис.3.3) та сукупності похідних моделей, які будуються формалізованим способом на її основі (рис.3.25).

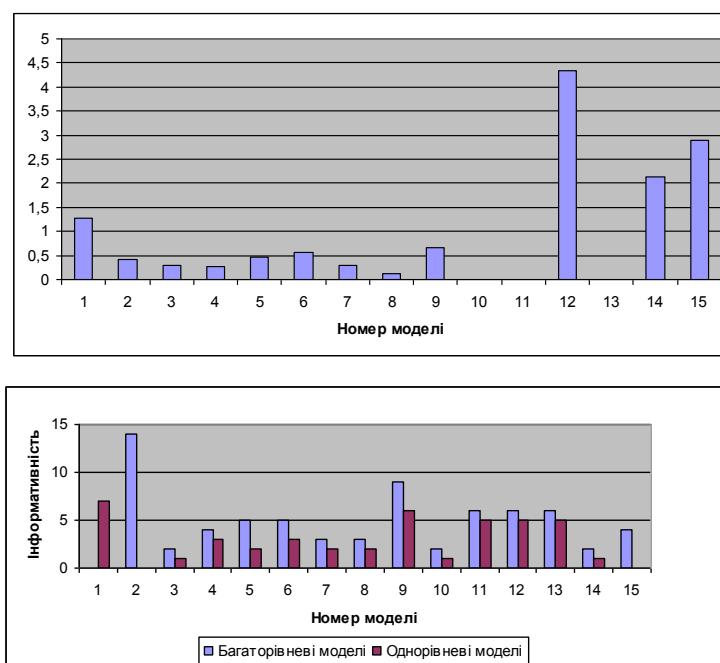


Рис.3.25. Порівняльні діаграми інформативності та структурної складності сукупності моделей.

З рис. 3.25 видно, що найвищими показниками інформативності по відношенню до структурної складності характеризуються розроблені багаторівневі моделі: матрична, сигнальна ЕРД, ЕРД ступеня використання ресурсів та інтегрально-глобальна характеристика ефективності РКС. При чому серед сукупності похідних моделей, багаторівнева ММРД практично в два рази перевищує їх показники інформативності. Висока інформативність ЕРД підтверджує доцільність та високу ефективність їх використання при проектуванні та діагностуванні характеристик складних багаторівневих РКС.



## ВИСНОВКИ

1. Розроблені формалізовані атрибути багаторівневої диференційованої матричної моделі руху даних РКС, які характеризуються розширеними функціональними можливостями ідентифікацій руху даних в активних вузлах комп'ютерних систем шляхом введення в склад функціоналу атрибута нових диференційованих показників типу: моделі джерел інформації, документа, алгоритму обробки даних, часу передавання інформації та диференційованої собівартості руху даних, що дозволило покращити інформативність матричної моделі, побудувати новий тип похідної моделі у вигляді епюри ступеня використання ресурсів та удосконалити технологію побудови граф-алгоритмічної моделі РКС.

2. Вперше виконана формалізація та розроблена інформаційна технологія побудови багаторівневих матричних моделей РКС, що дозволило удосконалити відповідну формалізацію похідних моделей багаторівневих РКС типу: граф-розгалужене дерево, параметрична часова модель, структурно-часова модель, модель "мережевий графік", суміщений часовий графік, блок-схема алгоритму обробки інформації, цикли та епюри руху даних.

3. Запропонований новий метод розрахунку ефективності використання ресурсів РКС на основі запропонованих сигнальної, диференціальної та інтегральної моделей багаторівневих РКС у вигляді епюр ступеня використання ресурсів в активних вузлах матричних моделей, що дозволило підвищити ефективність діагностування діючих та проектування створюваних складних багаторівневих комп'ютерних систем.

4. Запропонований критерій ефективності використання ресурсів комп'ютерної системи, побудована часова епюра ефективності використання ресурсів в активних вузлах матричної моделі РКС, що дозволило визначити інтегральну оцінку ефективності використання ресурсів РКС в цілому.

5. Вдосконалена інформаційна технологія побудови граф-алгоритмічних моделей багаторівневих РКС на основі запропонованого розширення символіки

таблиці атрибутів з врахуванням новітніх засобів вводу, реєстрації, передавання та обробки даних, що дозволило підвищити інформативність даного класу моделей та ефективність їх використання при проектуванні багаторівневих РКС.

6. Обґрунтовані критерії та досліджена ефективність представлення сукупності моделей руху даних, що дозволило вперше дослідити функціонально-інформативні характеристики різних типів моделей багаторівневих РКС та виконати порівняльний аналіз їх структурної складності, в результаті чого встановлено, що розроблені моделі на 40% є більш інформативними по відношенню до існуючих.

## РОЗДІЛ 4

### РОЗРОБКА, РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ФОРМУВАННЯ СД В КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ

4.1. Реалізація принципів синтезованого вводу алфавітно-цифрових даних та формування потоку структуризованих даних на низових рівнях системи контролю зберігання та обліку руху нафтопродуктів "АСУ резервуарних парків НПЗ"

Об'єкти нафтогазового комплексу України належать до класу стратегічних об'єктів, автоматизоване управління якими виконується засобами спеціалізованих комп'ютерних систем. Важливим підкласом таких систем є спеціалізовані системи контролю зберігання та обліку руху нафтопродуктів "АСУ резервуарних парків НПЗ". Особливістю технологічних об'єктів, якими є товарно-сировинні резервуари (ТСР) для зберігання нафти та нафтопродуктів, є наступні характеристики:

- квазістаціонарність, що потребує відповідної ідентифікації стану ТСР та формування його коду оператором апаратури мобільного адаптера;
- іскро-вибухонебезпечність ТСР, що потребує особливої екологічної безпеки при реалізації відповідних програмно-апаратних засобів його контролю;
- обмежений фізичний доступ оператора в промислово охоронну зону ТСР;
- значні габарити об'єкта (висота до 20м, діаметр – 60м та ємність понад 20 тис.т нафтопродуктів).

На рис.4.1 показана структура взаємодії оператора з об'єктами ТСР нафтопереробних заводів та диспетчером-оператором серверного центру "АСУ резервуарних парків НПЗ". Кожен ТСР оснащений не менше шістьма автономними сенсорами, які контролюють наступні параметри:

- $S_1, S_2, S_3$  – температура на різних рівнях по висоті ТСР;
- $S_4, S_5, S_6$  – відповідно висота нафтопродукту, рівень підтоварної води, питома вага нафтопродукту.

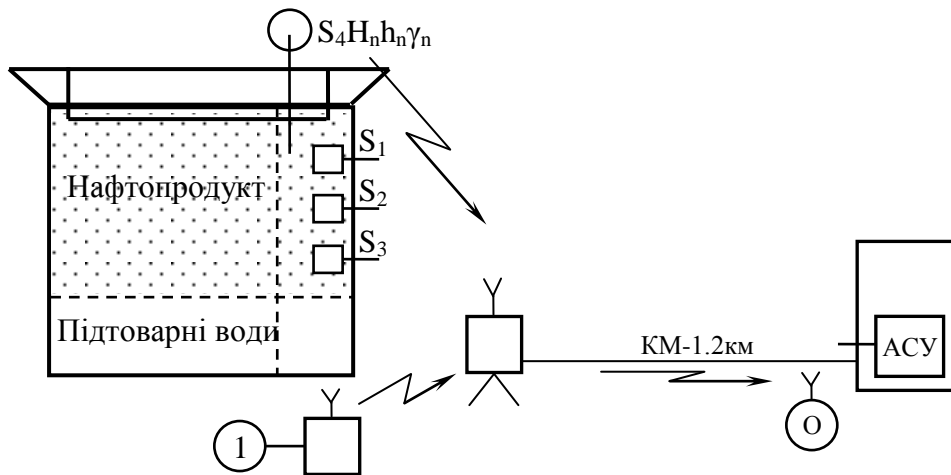


Рис.4.1. Структура взаємодії оператора з об'єктами ТСР.

Розподілена комп'ютеризована система "АСУ резервуарних парків НПЗ" обслуговується оператором-диспетчером (ОД), який знаходиться в центральній серверній та багатьма операторами-обходчиками (ОО), які виконують технологічне обслуговування ТСР, їх профілактику, контроль стану технологічного обладнання, сенсорів та ін.

Регламентна технологічна процедура взаємодії ОО та ОД відбувається шляхом використання мобільних адаптерів з безпроводними зв'язками, оскільки всі технічні засоби розміщені в іскро-вибухонебезпечних контейнерах класу ВЗГ, що виключає можливість безпосереднього доступу ОО без спеціально оформленого дозволу до названих контейнерів. При цьому оператор ідентифікує свої дані в алфавітно-цифровому вигляді та вказує номер ТСР, тип регламентних робіт та ін. Дана інформація документується центральним сервером через автономні безпроводні канали зв'язку.

Розроблений на основі досліджень, проведених в дисертаційній роботі, мобільний адаптер з малогабаритною синтезованою клавіатурою суттєво спрощує вирішення проблеми його спеціалізованого виконання для об'єктів нафтогазової промисловості, а також спрощує процеси вводу алфавітно-цифрових даних при обмеженому каталозі символів, захищеного від несанкціонованого доступу шляхом використання процесів хешування та структуризації даних процесором адаптера.

Дослідний взірець розробленого адаптера пройшов випробування на одному з НПЗ України групою спеціалістів фірми "Енеркон" (м.Київ), що показано у відповідному акті впровадження (додаток Д).

#### 4.2. Розробка синтезованої клавіатури формування алфавітно-цифрових даних

В сучасних інфокомунікаційних системах широкомасштабно та масово використовуються ПК та спеціалізовані мобільні пристрої вводу алфавітно-цифрових та техніко-економічних даних. Недоліком таких пристроїв є велика надлишковість числа клавіш, яка приводить до значних габаритів пристрою введення даних; або низька швидкодія введення, обумовлена необхідністю багаторазового натискання реєстрових клавіш; складна реалізація програмного пристрою, який змінює функції клавіш в реєстровому режимі, що потребує високого професійного досвіду операторів при вводі алфавітно-цифрових даних.

Тому актуальною задачею є розробка нових методів та відповідних засобів цифрового вводу ТЕД на основі принципів синтезування символів, що дозволяє суттєво зменшити число функціональних клавіш, габарити клавіатури та відповідно підвищити швидкодію вводу даних та надійність пристроїв даного класу.

Сьогодні існують наступні засоби вводу даних:

– стандартна клавіатура персонального комп'ютера (Genius KB-06XE), яка містить несучу панель –  $N$  клавіш; з яких  $N_1$  – клавіші функціонально повні (однореєстрові),  $N_2$  – клавіші реєстрові ( $N = N_1 + N_2$ ), які розміщені регулярно на прямокутній панелі;

– пристрій вводу даних калькуляторів, який використовується в калькуляторах CITIZEN SDC-888NB, який має прямокутну панель з регулярно розміщеними клавішами, де  $N_1$  – повнофункціональні клавіші (0,1,2,...,9,+,-,...) та реєстрові (M-, M+, %,  $\sqrt{\quad}$ ,...). Перевагою такого пристрою є малі габарити, але недолік – обмежені функціональні можливості, які обумовлені тим, що даний пристрій не дозволяє вводити алфавітні дані;

– синтезована клавіатура (мобільні телефони ведучих фірм: Nokia, Samsung, Siemes), яка має обмежене число клавіш, розміщених на малогабаритній панелі і дозволяє шляхом багаторазового натискання однієї клавіші (1 – 10) вводити алфавітно-цифрові дані.

Найбільш популярним пристроєм з відомих є клавіатура для вводу даних, яка реалізується на основі програмованої клавіатури з 10 плінкових сенсорних клавіш і призначена для електронних друкарських машин.

В основу синтезованої клавіатури [46, 125, 160] поставлена задача вдосконалення пристрою для введення алфавітно-цифрових даних шляхом реалізації вводу цифрових та символічних знаків одноразовим натисканням цифрових клавіш та двократним послідовним натисканням відповідних цифрових клавіш в регістрі вводу літерних знаків.

Очікуваний результат – малогабаритна, малоклавішна, швидкодіюча синтезована клавіатура з розширеними функціональними можливостями алфавітно-цифрових, графічних зображень та простою можливістю апаратно–програмної сумісності з існуючими засобами персональних комп’ютерів, контролерами та засобами дистанційного вводу інформації.

Поставлена задача вирішується тим, що синтезована клавіатура реалізується з допомогою 16-ти клавіш, які при введенні окремих символів даних натискаються не більше двох разів, а сигнали клавіш символів сегментних елементів  $g_1, g_2$  обробляються логічною схемою АБО ( $g_1 \vee g_2$ ), які разом з іншими сигналами сегментів  $a, b, c, d, e, f, k$  є вихідними сигналами клавіш пристрою (рис.4.2).

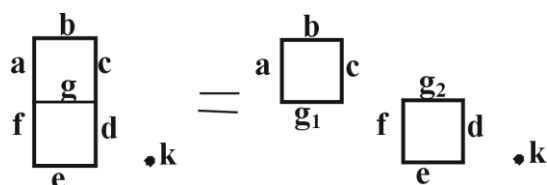


Рис.4.2. Логічна схема обробки сегментних елементів.

Синтезована клавіатура містить 16 регулярно розміщених регістрових клавіш, кожна з яких при введенні даних може натискатись не більше 1 або 2 разів, при чому, при двократному натисканні клавіш клавіатури відбувається логічна обробка верхньої та нижньої груп сегментів згідно рівняння:

$$S_{\bar{o}} = a, b, c, d, e, f, g_1 \vee g_2, k = 1;$$

$$S_y = a, b, c, d, e, f, g, k = 0,$$

де  $k = 1$  – символізує ввід алфавітних даних;

$k = 0$  – символізує ввід цифрових даних.

Синтезована клавіатура оснащена рельєфними символами сегментів для набору алфавітно-цифрових даних «сліпим» методом.

Таким чином, пристрій вводу алфавітно-цифрових даних може бути реалізований як на стандартному дисплеї, так і на сегментному дисплеї, який характеризується меншими габаритами та меншою вартістю.

На рис.4.3 зображено приклад розміщення клавіш пристрою вводу алфавітно-цифрових даних, де 1 – панель, 2 – клавіші, 3 – символи функціонального призначення клавіші. При чому розміщення, форма та величина 16-ти клавіш можуть бути довільними і адаптованими до конкретних умов роботи оператора, який вводить техніко-економічні дані. Довільними також можуть бути набори алфавітів: українсько-англійський, українсько-російський, російсько-англійський та інші (наприклад рис. 4.5-4.8).

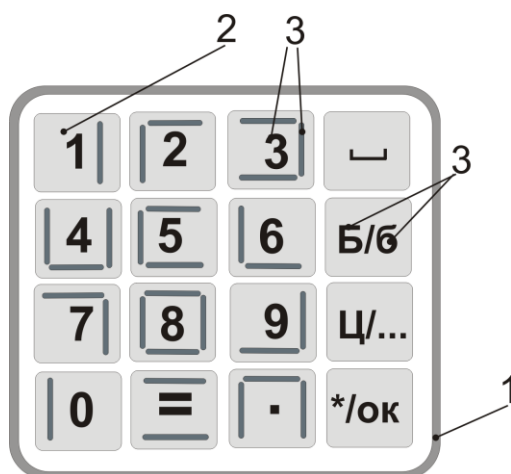


Рис.4.3. Приклад розміщення клавіш пристрою.

Перевагою даної синтезованої клавіатури є висока ступінь подібності комбінацій з двох графічних символів клавіатури до зображення реальних букв алфавіту.

На рис.4.4 зображено структурну схему пристрою логічної обробки сегментних символів клавіш, яка містить верхній та нижній фрагменти символів сегментів

клавіатури:  $a, b, c, d, e, f, g_1, g_2, k$ , які є виходами 8-бітового коду клавіші, при чому сигнали сегментних елементів  $g_1, g_2$  поступають на входи логічного елемента АБО, вихід якого є одним з 8-ми сегментних виходів коду клавіші.

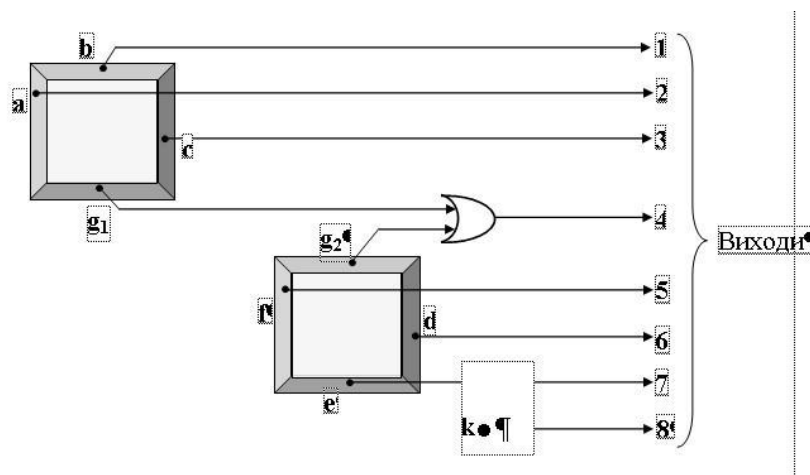


Рис.4.4. Структурна схема пристрою логічної обробки сегментних символів (Патент України на корисну модель №25291).

При цьому процес формування кодів інформації з пристрою вводу алфавітно-цифрових даних відбувається у вигляді 4-бітових кодів, оскільки число клавіш дорівнює 16.

Пристрій може бути реалізований на основі стандартних клавіш, які використовуються в комп'ютерній техніці з будь-якими контактами, які обробляються спеціальною програмою – драйвером, яка відображає на моніторі повний алфавітно-цифровий або графічний текст.

При роботі пристрою у віддаленому режимі через канали зв'язку інформація може безпосередньо транслюватись через відповідний засіб передавання за допомогою 4-бітових кодів, що забезпечує більш компактне кодування даних по відношенню до стандартних 8-бітових кодів стандартних клавіатур.

Дана клавіатура може бути ефективно застосована в якості функціональної панелі "комп'ютерної мишки", що дозволяє виключити динаміку рухів оператора з ПК між клавіатурою та "мишкою".



На рис. 4.5–4.8 показано приклади представлення стандартних алфавітно-цифрових даних на основі розробленого пристрою вводу алфавітно-цифрових даних.

На рис.4.5 показана реалізація вводу великих літер українського алфавіту (при однократному натисканні реєстрової клавіші **Б/б**) та малих літер українського алфавіту (при двократному натисканні реєстрової клавіші **Б/б**).

Б/б	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>Д</b>	<b>Е</b>	<b>Є</b>	<b>Ж</b>	<b>З</b>	<b>И</b>	<b>І</b>
	·   2   8   2   8   5   2   =   3   1   1	·   8   8   0   ·   5   5   =   3   4   1									
Б/б	<b>Ї</b>	<b>Й</b>	<b>К</b>	<b>Л</b>	<b>М</b>	<b>Н</b>	<b>О</b>	<b>П</b>	<b>Р</b>	<b>С</b>	<b>Т</b>
	1   0   6   6   6   4   ·   2   8   2   7	0   4   2   6   9   ·   4   7   0   6   2									
Б/б	<b>У</b>	<b>Ф</b>	<b>Х</b>	<b>Ц</b>	<b>Ч</b>	<b>Ш</b>	<b>Щ</b>	<b>Ь</b>	<b>Ю</b>	<b>Я</b>	
	6   5   6   9   4   4   4   0   1   8   */ок	1   3   7   1   1   4   =   8   8   2   */ок									

Б/б	<b>а</b>	<b>б</b>	<b>в</b>	<b>г</b>	<b>д</b>	<b>е</b>	<b>є</b>	<b>ж</b>	<b>з</b>	<b>и</b>	<b>і</b>
	·   2   8   2   8   5   2   =   3   1   1	·   8   8   0   ·   5   5   =   3   4   1									
Б/б	<b>ї</b>	<b>й</b>	<b>к</b>	<b>л</b>	<b>м</b>	<b>н</b>	<b>о</b>	<b>п</b>	<b>р</b>	<b>с</b>	<b>т</b>
	1   0   6   6   6   4   ·   2   8   2   7	0   4   2   6   9   ·   4   7   0   6   2									
Б/б	<b>у</b>	<b>ф</b>	<b>х</b>	<b>ц</b>	<b>ч</b>	<b>ш</b>	<b>щ</b>	<b>ь</b>	<b>ю</b>	<b>я</b>	
	6   5   6   9   4   4   4   0   1   8   */ок	1   3   7   1   1   4   =   8   8   2   */ок									

Рис.4.5. Реалізація вводу великих та малих літер українського алфавіту.

На рис.4.6 показана реалізація вводу великих літер англійського алфавіту (при одночасному однократному натисканні реєстрових клавіш **⌣ Б/б**) та малих літер англійського алфавіту (при одночасному двократному натисканні реєстрових клавіш **⌣ Б/б**).

Б/б	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	
	·   8   2   7   5   5   2   4   1	·   8   6   9   5   2   4   ·   1								
Б/б	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>R</b>	
	1   6   0   6   0   ·   8   8   8	9   2   6   9   4   4   0   1   ·								
Б/б	<b>S</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>		
	5   7   4   4   =   6   4   7   */ок	3   2   4   =   =   7   1   6   */ок								

Б/б	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	
	·   8   2   7   5   5   2   4   1	·   8   6   9   5   2   4   ·   1								
Б/б	<b>j</b>	<b>k</b>	<b>l</b>	<b>m</b>	<b>n</b>	<b>o</b>	<b>p</b>	<b>q</b>	<b>r</b>	
	1   6   0   6   0   ·   8   8   8	9   2   6   9   4   4   0   1   ·								
Б/б	<b>s</b>	<b>t</b>	<b>u</b>	<b>v</b>	<b>w</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>		
	5   7   4   4   =   6   4   7   */ок	3   2   4   =   =   7   1   6   */ок								

Рис.4.6. Реалізація вводу великих та малих літер англійського алфавіту.

На рис.4.7 показана реалізація вводу цифр (при однократному натисканні реєстрової клавіші Ц...)



Рис.4.7. Реалізація вводу цифр.

На рис.4.8 показана реалізація вводу розділових знаків та символів (при двократному натисканні реєстрової клавіші Ц...)

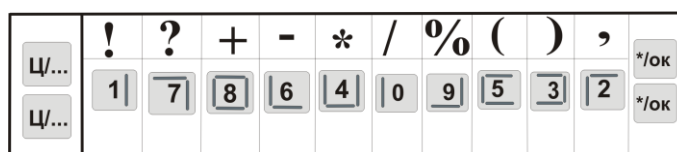


Рис.4.8. Реалізація вводу розділових знаків.

На рис.4.9 показано приклад та процедура вводу алфавітно-цифрових даних наступного змісту: "Клавіатура – 16".

Дана клавіатура має широкі функціональні можливості при реалізації функціональних клавіш.

Даний пристрій створено на базі фрагменту стандартної панелі клавіатури калькулятора CITIZEN SDC-888NB та програмного драйвера виробництва кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем факультету комп'ютерних інформаційних технологій Тернопільського національного економічного університету.

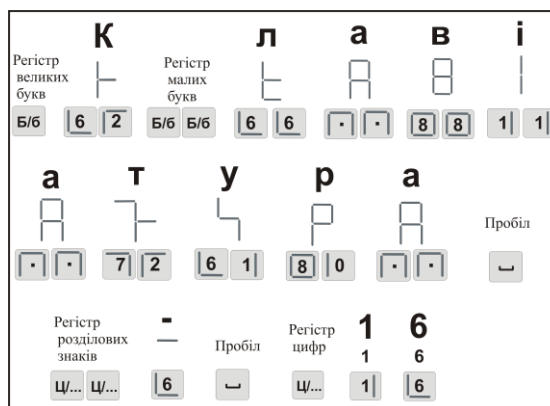


Рис.4.9. Приклад вводу алфавітно-цифрових даних.

Характеристики: обмежене число клавіш 16; висока швидкодія при не більше 2-кратному натисканні клавіші; розширені функціональні можливості вводу стандартних алфавітно-цифрових символів, спеціальних та графічних символів; можливість «сліпого» вводу даних одною лівою рукою.

В зв'язку з малогабаритністю та багатофункціональністю розробленої клавіатури, її адаптовано як один з периферійних пристроїв динамічно-репрограмованого мережевого прикладного процесора (додаток Ж). Даний мережевий прикладний продукт здатний працювати як модуль дистрибутивних вимірювально-керуючих систем, які базуються на мережі Internet. Можливість динамічного перепрограмування значно розширює його функціональні можливості, що вимагає відповідних периферійних пристроїв, які входять в його склад. Пропонована клавіатура відповідає цим вимогам.

#### 4.3. Розробка та апробація в промисловості мобільного адаптера СД

Мобільний адаптер формування СД [46] забезпечує ввід алфавітно-цифрових даних з клавіатури, запропонованої у підрозділі 4.1, та зчитування технологічних даних, що надходять з низової мережі автономних сенсорів. Структурну схему архітектури промислової мережі представлено на рис. 4.10.

В представленій архітектурі низовий рівень, тобто рівень формування технологічних даних, реалізований згідно стандарту IEEE802.15.4.

Даний стандарт регламентує реалізацію безпроводного фізичного і каналного рівня низової мережі.

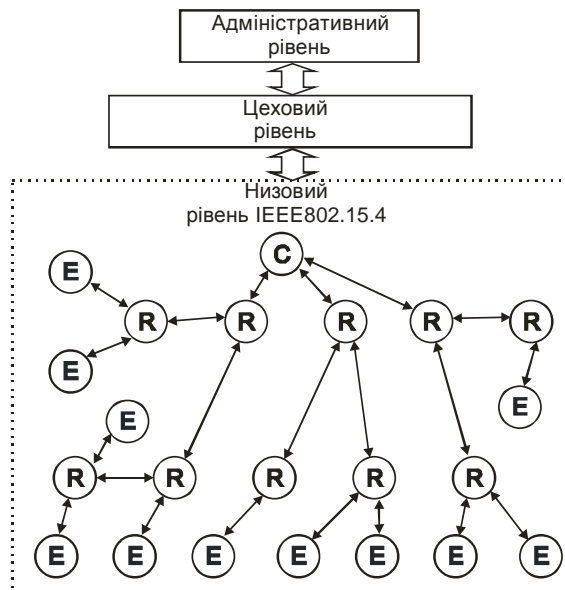


Рис. 4.10. Структура промислової трирівневої мережі підприємства:

R – ретранслятор; C – координатор; E – кінцевий пристрій.

В якості мережевого рівня використовуються технології ZigBee та JenNET. Технологія ZigBee орієнтована на мережі сенсорів на основі безпроводних компонентів і має в цій області ряд безперечних переваг над іншими технологіями:

- відкритий стандарт, заснований на IEEE 802.15.4;
- проста конфігурація мережі;
- можливість ретрансляції повідомлень окремими вузлами мережі;
- число вузлів мережі може перевищувати 65000;
- захищеність мережі відповідно до алгоритму AES;
- підтримка різних топологій: "дерево", "зірка", багатомодова мережа;
- можливість взаємодії між продуктами ZigBee різних виробників;
- електромагнітна сумісність з іншими безпроводними технологіями (WiFi, Bluetooth, GSM, CDMA);
- низька вартість готового рішення;
- мінімум додаткових компонентів.

Відповідно до вимог функціональності мобільного адаптера СД структурна схема матиме наступний вигляд (рис. 4.11).

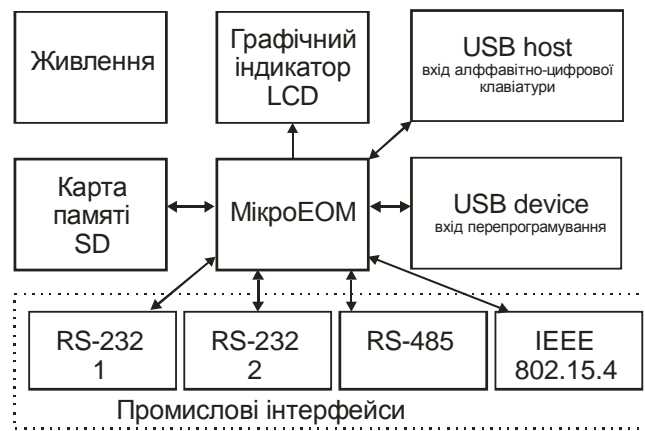


Рис. 4.11. Структура мобільного адаптера СД.

Реалізація представленої структурної схеми на фізичному рівні виконано на відлагоджувальній платі для мікроконтролерів AT91SAM7S64/128/256/512 ARM7TDMI-S, що дає можливість працювати з мікроконтролерами ARM фірми ATMEL. Наявність на платі великої кількості інтерфейсів, а також підключені на штирьові виходи мікроконтролера. Плата дозволяє розробникові завантажувати через порт RS-232 призначену для користувача програму, підключати зовнішній JTAG-емулятор.

Плата є покращеною версією плати SAM7S-P64 фірми Olimex – доданий роз'єм USB-A і RS485 інтерфейс.

Параметри відлагоджувальної плати:

- встановлений мікроконтролер AT91SAM7S64/128/256/512;
- встановлений 12 МГц кварцевий резонатор;
- JTAG-коннектор 2x10 пін, ARM-JTAG (Wiggler) сумісний;
- тримач карт MMC/SD;
- два порти RS-232;
- один RS485 порт;
- кнопка «СКИДАННЯ» і світлодіод стану наявності живлення;
- 2 роз'єми USB інтерфейсу А і В типів, що дозволяє реалізувати як підключення плати до комп'ютера по USB інтерфейсу, так і USB Flash DISK interface;
- дві призначені для користувача кнопки і 2 світлодіоди;

- 18,452МГц резонатор;
- напруга живлення +5В від USB або 6В через роз'єм для зовнішнього джерела живлення;
- термістор, підключений до АЦП;
- встановлений стабілізатор на 3.3В з вихідним струмом до 800 мА;
- коннектори, безпосередньо підключені до виводів мікроконтролера.

В якості інтерфейсного блоку стандарту IEEE 802.15.4 взято модуль JN513x — це сімейство недорогих мікроконтролерів з низьким енергоспоживанням, призначених для безпроводного зв'язку по стандартах IEEE802.15.4 і ZigBee.

Кожен чіп з даного сімейства включає прийомопередавач стандарту IEEE802.15.4, що працює на частоті 2.4 ГГц, 32-бітовий RISC-процесор, 192 Кб постійної пам'яті (ROM), від 8 до 96 Кб оперативної пам'яті (RAM), а також набір аналогових і цифрових периферійних пристроїв.

Підсистема пам'яті (ROM/RAM) дозволяє зберігати системне програмне забезпечення, включаючи стек протоколів, таблиці маршрутизації, а також код і дані призначеного для користувача застосування. Кожен пристрій містить MAC-адрес, блок шифрування за стандартом AES, процедури для засекречування коду програми за допомогою ключа шифрування, а також має режими зниженого енергоспоживання і сну. Всі ці можливості зроблені для забезпечення роботи безпроводного мікроконтролера від батареї протягом тривалого терміну. Реалізацію пристрою показано на рис.4.12 [46].



Рис. 4.12. Реалізація дослідного взірця мобільного адаптера СД (Патент України на корисну модель №25291).

#### 4.4. Програмні засоби інтерфейсу користувача побудови моделей та епюр руху даних багаторівневих РКС

Інтерфейс користувача реалізовано з допомогою бібліотеки компонентів VCL середовища Delphi [134-136]. На рис.4.13 показано програмну реалізацію формування матричної моделі.

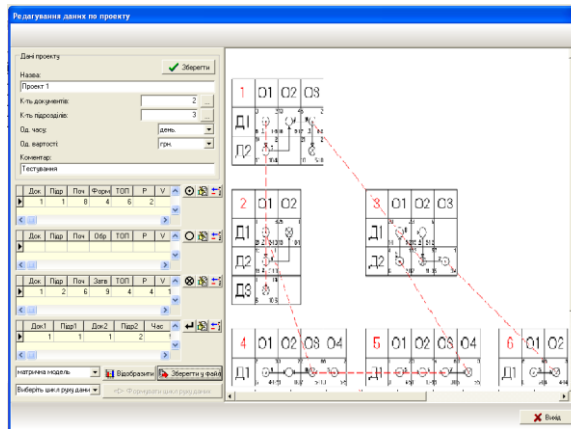


Рис.4.13. Формування матричної моделі багаторівневої РКС.

На рис 4.14 показані результати виконання програми.

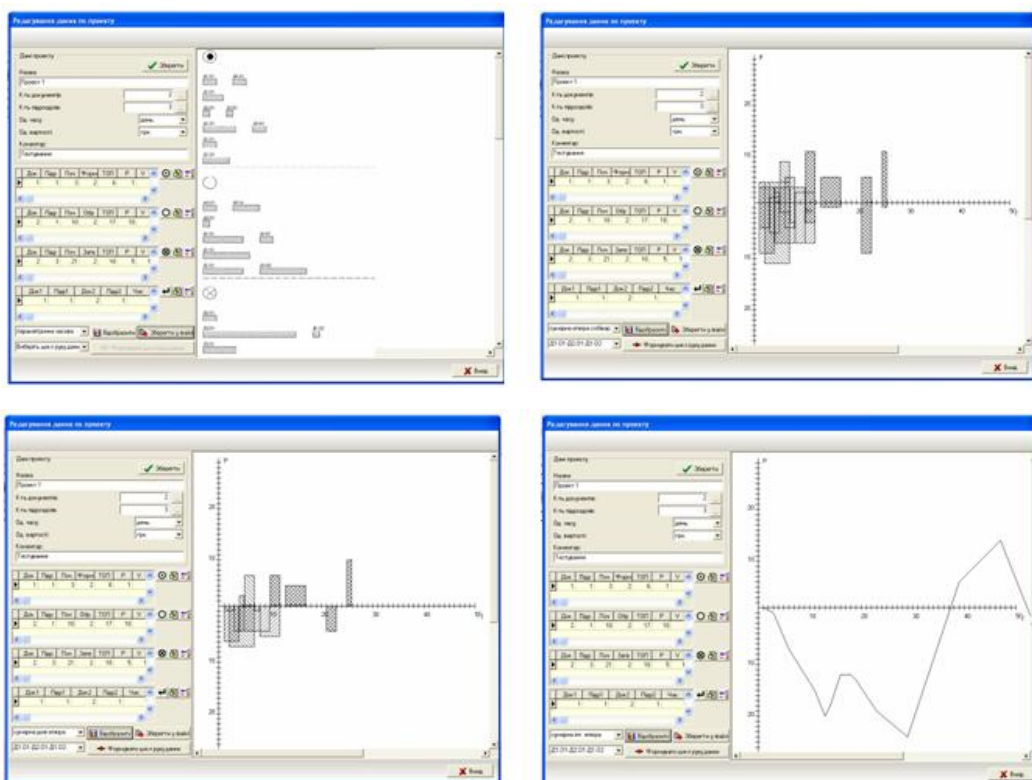


Рис.4.14. Результати виконання програми моделювання похідних багаторівневих МРД.

#### 4.5. Програмне забезпечення взаємодії мобільного адаптера СД з елементами промислової мережі

Для реалізації взаємодії між мобільним адаптером СД та елементами промислової мережі використано систему АТ команд, що дозволяють ініціювати підключення до діючої промислової мережі (послідовність етапів показано на рис.4.15).

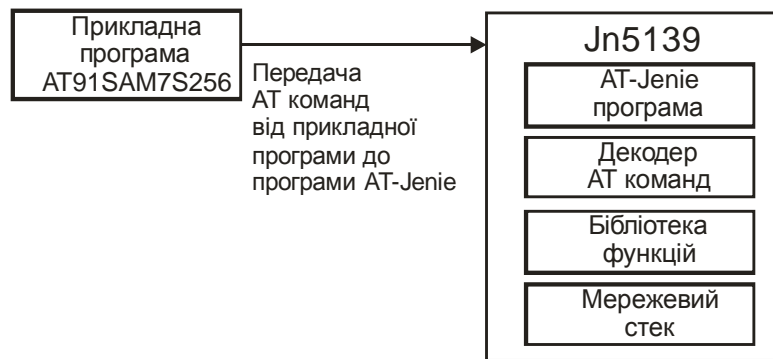


Рис. 4.15. Схема послідовних етапів взаємодії з промисловою мережею IEEE 802.15.4.

На рис. 4.16 зображено структурну схему програмного забезпечення мобільного адаптера СД.

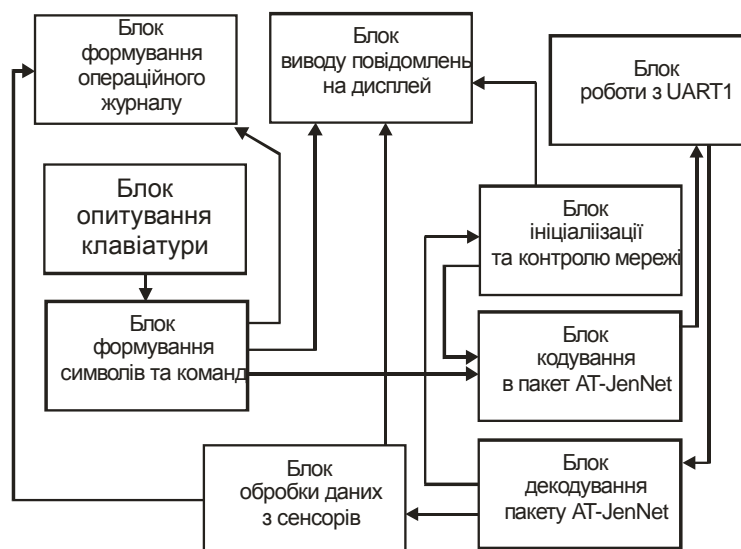


Рис. 4.16. Структурна схема програмного забезпечення мобільного адаптера СД.



В даній структурній схемі відображено усі основні програмні блоки, що реалізують функціонування мобільного адаптера СД з відповідними елементами промислової мережі.

За допомогою пакету Keil mVision3 розроблено програмне забезпечення dispatcher, яке призначене для моніторингу та контролю роботи елементів промислової мережі IEEE802.15.4 з підтримкою мережевих стеків ZigBee та JenNet.

## ВИСНОВКИ

1. Виконана реалізація принципів вводу алфавітно-цифрових даних та формування потоку структуризованих даних на низових рівнях системи контролю зберігання та обліку руху нафтопродуктів "АСУ резервуарних парків НПЗ", що дозволило підвищити ефективність контролю та діагностики стану товарно-сировинних резервуарів нафтопродуктів у промислових умовах.

2. Розроблений новий метод синтезованого формування алфавітно-цифрових даних та малогабаритна клавіатура, яка характеризується компактністю, що підвищує ефективність її використання операторами вибухонебезпечних об'єктів нафтопереробних заводів.

3. Розроблений і апробований у промисловості мобільний адаптер формування структуризованих даних, який виконує зчитування технологічних даних, що надходять з низової мережі автономних сенсорів та забезпечує ввід оператором алфавітно-цифрових ідентифікаційних даних про стан технологічного об'єкту, тип виконуваної операції, аутентифікаційний код оператора та ін.

4. Розроблені програмні засоби інтерфейсу користувача побудови моделей та ешюр руху даних багаторівневих РКС.

5. На базі розроблених теоретичних положень та результатів моделювання виготовлений дослідний взірець мобільного адаптера СД згідно стандарту IEEE802.15.4 на базі платформи SAM7S-P64 фірми Olimex та мережевої технології ZigBee та JenNET, орієнтованих на мережі безпроводних сенсорів низового рівня РКС.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено новий метод синтезованого формування алфавітно-цифрових та структуризованих даних на основі досконалого нормалізованого перетворення системи залишкових класів базису Крестенсона, який дозволив підвищити ефективність формування даних на низових рівнях КС та покращити параметри фреймів, які об'єднують технологічні та собівартісні показники технологічних процесів.

2. Вперше виконана формалізація та розроблена інформаційна технологія побудови багаторівневих матричних моделей РКС, що дозволило удосконалити відповідну формалізацію похідних моделей багаторівневих РКС типу: граф-розгалужене дерево, параметрична часова модель, структурно-часова модель, модель "мережевий графік", суміщений часовий графік, блок-схема алгоритму обробки інформації, граф-алгоритмічна модель та епюри руху даних.

3. Запропонований метод розрахунку ефективності використання ресурсів РКС у вигляді епюр, що дозволило підвищити ефективність діагностування діючих та проектування створюваних складних багаторівневих комп'ютерних систем.

4. Отримала подальший розвиток технологія побудови граф-алгоритмічних моделей багаторівневих РКС на основі запропонованого розширення символіки таблиці атрибутів з врахуванням новітніх засобів вводу, реєстрації, передавання та опрацювання даних, що дозволило підвищити інформативність даного класу моделей та ефективність їх використання при проектуванні багаторівневих РКС.

5. Обґрунтовані критерії та досліджена ефективність представлення сукупності моделей руху даних, що дозволило вперше оцінити функціонально-інформативні характеристики різних типів моделей багаторівневих РКС, в результаті чого встановлено, що розроблені моделі на 40% є більш інформативними по відношенню до існуючих.

6. Розроблено апаратно-програмні засоби формування СД на основі запропонованої синтезованої клавіатури, що дозволило значно знизити габарити,

вартість, забезпечити мобільність та підвищити ефективність формування даних на низових рівнях КС.

7. Розроблено програмне забезпечення побудови багаторівневих ММРД, які дозволили покращити на 1-2 порядки оперативність проектування та діагностування характеристик складних багаторівневих РКС.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Палагин А.В. Системная интеграция средств компьютерной техники: Моногр. / А.В. Палагин, Ю.С. Яковлев – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. — 680 с.
2. Алишов Н.И. Развитые методы взаимодействия ресурсов в распределенных системах / Алишов Н.И. – К.: Сталь, 2009. – 449 с.
3. Алишов Н.И. Оптимизация коммутации пакетов в распределенных системах / Н.И. Алишов // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2004. – №3. – С. 87-95.
4. Жаровський В.С. Україна на шляху до інформаційного суспільства / Жаровський В.С. – К.: ІВЦ „Політехніка”, 2004. – 484 с.
5. Палагин А.В. Опыт разработки микропроцессорных распределенных систем реального времени / А.В. Палагин, Я.Н. Николайчук – К.: Знание, 1988. – 19 с.
6. Питерсон Д. Теория сетей Петри и моделирование систем / Питерсон Д. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
7. Стеклов В.К. Проектування телекомунікаційних мереж / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман – К.: Техніка, 2002. – 792 с.
8. Локазюк В.М. Контроль і діагностування обчислювальних пристроїв та систем: Навч. посіб. для вузів / Локазюк В.М. - Хмельницький: ТУП, 2001. – 242 с.
9. Pitukh I. Principles of Computer Networks Konstruktion with Deep Paralleling of Information Flows on the Basis of Matrix Models of Data Movement / I. Pitukh, Y. Nykolaichuk, N. Vozna // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії: міжнар. конф. TCSET'2004. - Львів-Славсько, 2004. - С.417-419.
10. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А.Олифер – СПб: Питер, 2000. – 672 с.
11. Пасічник В.В. Організація баз даних та знань / В.В. Пасічник, В.А. Резніченко – К.: Видавнича група ВНУ, 2006. – 384 с.
12. Пітух І. Особливості структурної організації фреймів в комп'ютерних мережах з глибоким розпаралеленням інформаційних потоків / Пітух І. // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2005. - Ч.1, Т.2, №4. – С. 7-10.

13. Хаусли Т. Системы передачи и телеобработки данных / Хаусли Т.; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1994. – 456 с.
14. Столлингс В. Современные компьютерные сети / Столлингс В. – [2-е изд.]. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.
15. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. Ван Стеен – СПб.: Питер, 2003. – 880 с.
16. Столлингс В. Структурная организация и архитектура компьютерных систем / Столлингс В.; пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2002. – 896 с.
17. Бунин С.Г. Вычислительные сети с пакетной радиосвязью / С.Г. Бунин, А.П. Войтер – К.: Техніка. – 1989. – 223 с.
18. Апнезет К. Техника беспроводной связи. Беспроводные датчики ближней локации / К. Апнезет, Д. Дзун, С. Кьесбю, Г. Шайбль, В. Циммерман // АББ Ревю. – 2002. – №4. – С. 42-47.
19. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Буров Є. – Львів: Бак, 1999. – 468 с.
20. Возна Н.Я. Моделі руху даних для розподілених юридичних об'єктів з дистанційними інформаційними потоками на основі безпроводних оптичних каналів зв'язку / Н.Я. Возна, Л.М. Шандровська, Я.М. Николайчук, Ю.В. Кудряшов, Т.М. Гринчишин // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. - 2002. - №2(4). - С. 212-224.
21. Николайчук Я.М. Теорія проектування спеціалізованих комп'ютерних систем на базі аналогії системних об'єктів енергетики / Я.М. Николайчук, А.І. Сегін, Н.Д. Круцкевич, Н.Я. Возна // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика". - 2003 - №470. - С. 48-54.
22. Карповский М.Г. Спектральные методы анализа и синтеза дискретных устройств / М.Г. Карповский, Э.С. Москалев – Л.: Энергия, 1973. – 140 с.
23. Николайчук Я.Н. Программные модели распараллеливания измерения, кодирования и передачи сообщений унитарным преобразованием СОК / Я.Н. Николайчук, Б.М. Шевчук, А.А. Попов // Материалы VI Всесоюзной школы–семинара. – Львов. – 1987.

24. Петришин Л.Б. Теоретичні основи перетворення форми та цифрової обробки інформації в базисі Галуа: навч. посіб. / Петришин Л.Б. - Київ: ІЗіМН МОУ, 1997. – 237 с.
25. Возна Н.Я. Дослідження ефективності розподілених інформаційних систем на основі епюр собівартості циклів руху даних / Н.Я. Возна // Наукові вісті інституту менеджменту та економіки «Галицька академія». – Івано-Франківськ. – 2006. – №2(10). – С. 74-78.
26. Пітух І. Інформаційна технологія побудови миттєвих та інтегральних економічних епюр руху даних на основі циклів матричних моделей комп'ютерних систем / І. Пітух // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2007. – Т.1, №3. – С. 130-134.
27. Пітух І.Р. Теоретичні основи побудови моделей економічних епюр руху даних в комп'ютерних мережах з використанням різних теоретико – числових базисів / І.Р. Пітух // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України. - Київ. – 2006. – № 37. – С. 42–46.
28. Николайчук Я.Н. Идентификация информационных состояний объектов исследования и управления на основе системы логико-статистических информационных моделей / Я.Н. Николайчук, М.А. Лучук, Б.М. Шевчук и др. – К., 1988. – 20 с. – (Препринт /АН УССР, ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 88-45).
29. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / Шеннон К. - Издательство иностранной литературы, 1963. – 438 с.
30. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд - М.: Мир, 1978. – 840 с.
31. Гоулд Б. Цифровая обработка сигналов / Б. Гоулд, У. Рейдер – М.: Сов. радио, 1973. – 368 с.
32. Фритч В. Применение микропроцессоров в системах управления / Фритч В.; пер. с нем. – М.: Мир, 1984. – 464 с.
33. Залмазон Л.А. Преобразование Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях / Залмазон Л.А. - М.: Наука, 1989. – 496 с.

34. Управляющие вычислительные машины в АСУ технологическими процессами / Под ред. Т. Харрисона. – Т.1. – М.: Мир, 1975. – 230 с.
35. Колмогоров А.Н. Теория передачи информации / Колмогоров А.Н. - М.: Изд. АН СССР, 1956. – 230 с.
36. Мартин Дж. Вычислительные сети и распределенная обработка данных / Мартин Дж. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 256 с.
37. Харкевич А.А. Спектры и анализ / Харкевич А.А. - ЛКИ, 2007. - 240 с.
38. Глушков В.М. Моделирование развивающихся систем / Глушков В.М., Иванов В.В., Яненко В.М. – М.: Наука, 1983. – 352 с.
39. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики / Глушков В.М. - М.: Наука, 1987. – 552 с.
40. Палагин А.В. Микропроцессорные вычислительные системы обработки информации: проектирование и отладка / А.В. Палагин, Е.Л. Денисенко, Р.И. Белицкий, В.И. Вигалов. – К.: Нукова думка, 1993. – 352 с.
41. Малиновский Б.М. Введение в кибернетическую технику. Параллельные структуры и методы / Малиновский Б.М., Боюн В.П. Козлов Л.Г. – К.: Наукова думка, 1989. – 272 с.
42. Николайчук Я.М. Низові обчислювальні мережі: навч. посіб. / Николайчук Я.М. – Київ: УМК ВО, 1990. – 64 с.
43. Боюн В.П. Методы определения  $\delta$ -энтропии случайных процессов / В.П. Боюн // УсиМ, 2000. –№ 4 – С. 14-19.
44. Томашевський В.М. Моделювання систем / Томашевський В.М. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.
45. Дивак М.П. Властивості інтервальних моделей при інтервальній формі їх параметрів / М.П. Дивак // Сб. науч. тр. международного науч.–учеб. центра информ. технологий и систем, науч. совет НАН Украины по пробл. „Кибернетика”. Моделирование и управление состоянием эколого–экономических систем региона. – К., 2001. – С. 58–63.



46. Николайчук Я.М. Теория моделей руху даних розподілених комп'ютерних систем / Я.М. Николайчук, І.Р. Пітух, Н.Я. Возна - Тернопіль: ТзОВ "Тернограф", 2008 – 216 с.
47. Локазюк В.М. Интеллектуальне діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем: навч. посіб. для вузів / Локазюк В.М., Поморова О.В., Домінов А.О. – Хмельницький: ТУП, 2001. – 286 с.
48. Возна Н.Я. Організація руху даних в розподілених комп'ютеризованих системах на основі сукупності багаторівневих інформаційних моделей / Возна Н.Я. // Поступ в науку. Збірник наукових праць Бучацького інституту менеджменту і аудиту. – Бучач. – 2008. – Т1, №4. – С.202-209.
49. Пітух І.Р. Моделі комп'ютерних мереж на основі інтегральних економічних епюр / І.Р. Пітух // Зб. наук. праць Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України. – К., 2004. – № 27. – С. 81–86.
50. Бат М. Спектральный анализ в геофизике / Бат М.; пер. с англ. – М.: Недра, 1980. – 535 с.
51. Краус М. Сбор данных в управляющих вычислительных системах / Краус М., Кучбах Э., Вошни О.; пер. с нем. – М.: Мир, 1987. – 294 с.
52. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях / Макс Ж.; пер. с франц. – Т1. – М.: Мир, 1983. – 311 с.
53. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы / Орнатский П.П. – К.: Вища школа, 1987. – 271 с.
54. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники / Орнатский П.П. – К.: Вища школа, 1983. – 455 с.
55. Кузьмин И.В. Основы теории информации и кодирования / И.В.Кузьмин, В.А.Кедрус. – К.: Вища школа, 1986. – 238 с.
56. Малиновский Б.Н. Основы проектирования управляющих машин промышленного назначения / Малиновский Б.Н. – М.: Машиностроение, 1969. – 344 с.
57. Романов В.А. Элементная база – основа интеллектуализации средств вычислительной техники / В.А. Романов // Компьютерные средства, сети и

- системы: Сб. научных трудов. – К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, 2002. – №1. – С. 20-26.
58. Кондалев А.И. Преобразователи формы информации для малых ЭВМ / Кондалев А.И. и др. – К.: Наук. думка, 1982. – 312 с.
59. Кондалев А.И. Высокопроизводительные преобразователи формы информации / Кондалев А.И. и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 280 с.
60. Боюн В.П. Динамическая теория информации. Основы и приложения / Боюн В.П. – К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, 2001. – 326 с.
61. Распределенные системы управления за рубежом // ТС-3: Автоматизированные системы управления, вып. I. – М.: Информ-прибор. – 1988. – 10 с.
62. [www.abb.com](http://www.abb.com) – офіційний сайт компанії АВВ.
63. [www.xbow.com](http://www.xbow.com) – офіційний сайт компанії Crossbow.
64. [www.analog.com](http://www.analog.com) – офіційний сайт фірми Analog Device.
65. [www.rfmd.com](http://www.rfmd.com) – офіційний сайт компанії RFMicroDevices,Inc.
66. [www.gran-jansen.com](http://www.gran-jansen.com) - офіційний сайт компанії Gran Jansen.
67. [www.zilog.com](http://www.zilog.com) - офіційний сайт компанії Zilog.
68. Федорков Б. Г. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение / Б. Г. Федорков, В. А. Телец — М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
69. АС 1462477 СССР, МКИ Н03 М1/38. Аналого-цифровой преобразователь / Я.Н. Николайчук (СССР). - Оpubл. 28.02.89, Бюл. №8.
70. АС 13726221 СССР, МКИ Н03 М1/38. Аналого-цифровой преобразователь / Я.Н. Николайчук (СССР). – Оpubл. 07.02.88, Бюл. №5.
71. Торгашев В.А. Система остаточных классов и надежность ЦВМ / Торгашев В.А. - М.: Советское радио, 1970. – 118 с.
72. Ратхор Т.С. Цифровые измерения. АЦП/ЦАП / Ратхор Т.С.; пер. с англ. - М.: Техносфера, 2006 – 856 с.
73. Николайчук Я.Н. Принципы построения и параметры АЦП на основе кодов поля Галуа / Я.Н. Николайчук, Л.Б. Петришин // Проблемы создания

преобразователей формы информации: IV Всесоюзн. симпозиум. – Киев. - ИК АН УССР. – 1988. - С. 16-17.

74. Nykolaychuk Y. Perspective Architecture and Components of Computer Networks / Y. Nykolaychuk, N. Krutskivych O. Zastavniy, T. Grinchyshyn // on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, (IDAACS'03): Proc. Of the Second IEEE International Workshop - Lviv (Ukraine), 2003. - P. 89-94.
75. Феррари Д. Оценка производительности вычислительных систем / Феррари Д. – М.: Мир, 1981. – 576 с.
76. Николайчук Я.Н. Разработка теории и комплекса технических средств формирования, передачи и обработки цифровых сообщений в низовых вычислительных сетях автоматизированных систем: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.05 / Ярослав Николаевич Николайчук – Киев, 1991. – 573 с.
77. Заставний О.М. Методологія побудови автономних сенсорів для розподілених комп'ютерних мереж / О.М. Заставний, Я.М. Николайчук // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2002. – Т1, №3. - С. 142-146.
78. Черкаський М.В. Складність пристрою керування / М.В. Черкаський, Х.Х. Мурад // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології". - 2004. - №521. - С. 3-7.
79. Черкаський М.В. Універсальна SH-модель / М.В. Черкаський, Х.Х. Мурад // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Комп'ютерні системи та мережі". –2004. - №523. - С. 150-154.
80. Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації / Николайчук Я.М. - Тернопіль: ТНЕУ, 2008. – 536 с.
81. Николайчук Я. Вертикальна інформаційна технологія в базисі Галуа – новий напрямок у розвитку комп'ютерних машин / Я. Николайчук, Р. Король // Львів: ССУ'2000, 2000. – С. 31-35.
82. Николайчук Я.М. Теоретичні основи та інформаційні технології побудови логіко-статистичної інформаційної моделі (ЛСІМ-4) на основі контролю спектральних характеристик об'єктів управління / Я.М. Николайчук,

- І.В. Андрушко, І.Р. Пітух // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології.- 2006.- №2(12).- С. 110-118.
83. Николайчук Я.Н. Взаимосвязь технико-экономических показателей и принципов построения элементов НВС / Я.Н. Николайчук, Т.М. Орицин, М.М. Николайчук – К., 1989. – 80 с. – Деп. в УкрНИИТИ, №1328.
84. А.С. 1438542 СССР, МКИ G 08 C 9/04. Преобразователь перемещения в цифровой код / Л.Б.Петришин, Я.Н.Николайчук (СССР). – Оpubл. 15.07.89, Бюл. №26.
85. Николайчук Я. Теоретичні основи формування ентропійних моделей на базі кореляційних функцій / Я. Николайчук, А. Сегін, І. Сабадаш // Інформаційні технології і системи. - 2002.- Т.5.- №1-2.- С. 13-21.
86. Николайчук Я.М. Проблемы развития методов стиснення масивів даних на основі рандомізації та теоретико-числового базису Галуа / Я.М. Николайчук, І.А. Пилипенко, Н.Я. Возна // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. - 2006. - №2(12). - С. 40-47.
87. Николайчук Я.М. Архітектура та системні характеристики розподілених комп'ютерних мереж, оснащених асинхронними автономними сенсорами / Я.М. Николайчук, О.М. Заставний, Н.Д. Круцкевич // Наукові вісті інституту менеджменту та економіки «Галицька академія». – Івано-Франківськ. – 2006. – №2(10). – С. 65-74.
88. Николайчук Я.М. Коды поля Галуа та їх застосування в перетворювачах форми інформації / Я.М. Николайчук, Я.Б. Кусик // 7-й симпозиум: Проблемы создания преобразователей формы информации: тезисы докладов. - Киев: ИКАН Украины, 1992.
89. [www.motorola.com](http://www.motorola.com) – офіційний сайт компанії Motorola.
90. [www.linear.com](http://www.linear.com) – офіційний сайт компанії Lineal Technologies.
91. [www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com) – офіційний сайт компанії Fairchild Semiconductor.
92. [www.st.com](http://www.st.com) – офіційний сайт компанії ST Microelectronic.
93. [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com) – офіційний сайт компанії ON Semiconductor.
94. [www.burrbrown.com](http://www.burrbrown.com) – офіційний сайт компанії Burr Brown.

95. Заставний О.М. Аналіз системних характеристик спецпроцесорів формування вихідних даних аналого-цифрових кодерів / О.М. Заставний // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2005. - Ч.1, Т2, №4. - С. 223-226.
96. Заставний О.М. Методи побудови спецпроцесорів та аналого-цифрових кодерів в базисі Галуа: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.05 "Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування" / О.М. Заставний. – Тернопіль, 2007 – 24 с.
97. Акушкин И.Я. Машинная арифметика в остаточных классах / И.Я. Акушкин, Д.И. Юдицкий – М.: Сов. радио, 1978. – 256 с.
98. Николайчук Я.М. Теоретичні основи побудови спецпроцесорів у базисі Крестенсона / Я.М. Николайчук, О.І. Волинський, С.В. Кулина // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – Т.1, №3. – С. 85-90.
99. Бухштаб А.А. Теория чисел / Бухштаб А.А. - М.: Просвещение, 1966. – 384 с.
100. Червяков Н.И. Нейрокомпьютеры в остаточных классах: учеб. пос. для вузов / Червяков Н.И., Сахнюк П.А., Шапошников А.В., Макоха А.Н.; под ред. А.И. Галушкина. - М.: Радиотехника, 2003. – Кн. 11. - 272 с. – (Научная серия «Нейрокомпьютеры и их применение»).
101. Николайчук Я.Н. Анализ преобразования базисных функций Радемахера в АЦП полярного типа, используемого в комплексе СКУБ / Я.Н. Николайчук, Л.А. Гнатив // Автоматизация и телемеханизация нефтяной промышленности. – 1974. - №1. – С. 28-33.
102. Николайчук Я.Н. Применение методов теории чисел для сжатия измерительной информации в системах телеконтроля процессов бурения / Я.Н. Николайчук, В.П. Божнев, С.Я. Зевелев // Материалы Всесоюзной конференции молодых ученых нефтяных ВУЗов. - М.:МИНХиГП, 1975. – С. 134-138.
103. Николайчук Я.Н. Представление измерительной информации в нормализованной системе исчисления остаточных классов / Я.Н. Николайчук, З.Н. Крикун, В.П. Божнев // Известия ВУЗов “Нефть и газ”, 1976. - №6. – С. 63-70.
104. Николайчук Я.Н. Метод уплотнения информации, вводимой в ЭВМ /

- Я.Н. Николайчук, В.П. Божнев // Управляющие системы и машины. – 1977. - №1. – С. 68-74.
105. А.С. 1080183 СССР, МКИ G 08 C 19/28 Устройство для передачи информации / Я.Н. Николайчук, Г.Я. Ширмовский (СССР). – Оpubл. 15.03.84, Бюл. №10.
106. Яцків Н.Г. Дослідження системних характеристик методів формування даних в різних теоретико-числових базисах / Н.Г. Яцків // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Зб. наук. праць. – Хмельницький: ТУП. – 2002. – Т.2, №9. – С. 132 – 136.
107. Брюхович Е.И. Экономическая стратегия разработки вычислительных систем: место и роль счислений / Е.И. Брюхович // Управляющие системы и машины. - 1990. – №2. – С. 3-18.
108. Николайчук Я.Н., Клим Б.В. Формализация процедуры ввода в ЭВМ суточного рапорта бурового мастера / Я.Н. Николайчук, Б.В. Клим // Автоматизация и телемеханизация нефтяной промышленности. – 1981. - №6. – С. 20-23.
109. Николайчук Я.Н. Кодирование файлов многоуровневой диалоговой системы низовых сетей АСУ / Я.Н. Николайчук // Интерактивные системы: V Всесоюзная школа-семинар: материалы. – Кутаиси, 1983. – С. 87-90.
110. Николайчук Я.Н. Эффективное кодирование суточного рапорта бурового мастера для формализованного ввода в ЭВМ / Я.Н. Николайчук, Г.Я. Ширмовский // Экспресс-информация: Серия "Экономика и управление в нефтяной промышленности". – 1986. - Вып. 7. – С. 29-33.
111. Николайчук Я.Н. Методы распараллеливания операций в низовых вычислительных сетях на базе преобразования СОК / Николайчук Я.Н., Ширмовский Г.Я. - Распараллеливание обработки информации. – Доклады Всесоюзной школы-семинара. – 1985. - (Препринт / АН УССР).
112. Мартин Дж. Введение в сетевые технологии. Практическое руководство по организации сетей / Мартин Дж. – СПб.: Лори, 2002. – 659 с.
113. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах / Мартин Дж.. – М.: Мир, 1980. – 662 с.

114. Мартин Дж. Планирование развития автоматизированных систем / Мартин Дж. – М.: Финансы и статистика, 1984. – 196с.
115. Возна Н.Я. Перспективні принципи кодування техніко-економічних даних в АСУ / Н.Я. Возна, А.Я. Давлетова // Третя міжнар. наук.-техн. конф.: Оптиелектронні інформаційні технології: тези доп. - Вінниця: “УНІВЕРСУМ-Вінниця”, 2005.- С. 99-100.
116. Харів П.С. Економіка підприємства: Збірник задач і тестів: навч. посіб. / Харів П.С. – К.: Знання-Прес, 2001. – 301 с.
117. Прокопенко І.Ф. Комп'ютеризація економічного аналізу: навч. посіб. / Прокопенко І.Ф., Ганін В.І., Москаленко В.В. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 340 с.
118. Джордейн Р. Справочник программиста персональных компьютеров типа IBM PC, XT и AT / Джордейн Р.; пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1992. – 544 с.
119. Пуртов С.Т. Автоматизированные системы управления предприятием / Пуртов С.Т. – М.: Высшая школа, 1989. – 396 с.
120. Николайчук Я.Н. Методика формализованного составления разветвленных программ / Я.Н. Николайчук // Материалы Всесоюзной методической конференции по вычислительной технике. – М.: МинВУЗ СССР, 1982. – С.115-121.
121. Лабунец В.Г. Теоретико-числовые преобразования над полями алгебраических чисел // Применение ортогональных методов при обработке сигналов и анализе систем / В.Г. Лабунец – Свердловск, 1981. - С. 44-54.
122. Агарвал Р. Теоретико-числовые преобразования для быстрого вычисления цифровой свертки / Р. Агарвал, С. Баррас // ТИИЭР, 1975. - вып.4. - С. 4-20.

123. Михайлів М.І. Методологія побудови матричних моделей електроенергетики / М.І. Михайлів // Методи та прилади контролю якості. – 1998. - №2. – С. 93–96.
124. Николайчук Я.М. Теорія проектування спеціалізованих комп'ютерних систем на базі аналогії системних об'єктів енергетики / Я.М. Николайчук, А.І. Сегін, Н.Д. Круцкевич, Н.Я. Возна // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика". - 2003 - №470. - С. 48-54.
125. Возна Н.Я. Методи і засоби формування та перетворення структуризованих даних квазістаціонарних об'єктів комп'ютерних систем / Н.Я. Возна // Поступ в науку. Збірник наукових праць Буцацького інституту менеджменту і аудиту. – 2008. - Т1, №4. – С.42-43.
126. Шандровська Л.М. Захист інтелектуальної власності інформаційних технологій та комп'ютерна юриспруденція ведення правових угод / Л.М. Шандровська, Н.Я. Возна // Вісник Технологічного університету Поділля. - 2002. - Т2, №3. - С. 170-173.
127. Сегін А.І. Методології побудови інформаційних моделей руху даних / А.І. Сегін, Н.Я. Возна // Вісник Технологічного університету Поділля. - 2002. - Т1, №3.-С. 128-135.
128. Shandrovska L. Computer technologies and models of conducting the agreements, concerning occurrence of the property right / L.Shandrovska, N.Vozna // Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР в мікроелектроніці: VII Міжнар. наук.-техн. конф. CADSM'2003: матеріали. – Львів-Славсько, 2003.- С.244-245.
129. Nykolaychuk Y. The theory of designing specialized computer systems on the basis of analogy objects of power system / Y.Nykolaychuk, A.Segin, N.Krutckevych, N.Vozna // Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР в



- мікроелектроніці: VII міжнар. наук.-техн. конф. CADSM'2003: матеріали. – Львів-Славсько, 2003.- С 241-243.
130. Vozna N. Problems of jurisprudence and information technology of designing of computer networks on the basis of the laws of an economic feasibility / N.Vozna, L.Shandrovska-Nykolaychuk // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії: міжнар. конф. TCSET'2004: матеріали - Львів-Славсько, 2004. – С.416.
131. Шандровська Л. Реалізація цифрового підпису в телекомунікаційних системах та його правові аспекти / Л. Шандровська, Н. Возна // Вісник технологічного університету Поділля. - 2003. - Т1, №3.- С. 125-127.
132. Котов В.Е. Сети Петри / Котов В.Е. – М.: Наука, 1984. – 196 с.
133. [www.gpc.de](http://www.gpc.de)
134. Культин Н.Б. Delphi в задачах и примерах / Культин Н.Б. – М.: Вильямс, 2004. – 288 с.
135. Пестриков В. Delphi на примерах / В. Пестриков, А. Маслобоев. – Л.: КБП, 2005. – 496 с.
136. Осипов Д. Delphi. Профессиональное программирование / Дмитрий Осипов. – М.: Россия, 2004. – 1056 с.
137. Пітух І.Р. Методи організації руху даних в розподілених комп'ютерних системах на основі матричних моделей: автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.13 "Обчислювальні машини, системи та мережі" / І.Р. Пітух. – Тернопіль, 2007. – 34 с.
138. Пітух І. Принципи побудови комп'ютерних мереж з глибоким розпаралелюванням інформаційних потоків на основі матричних моделей руху даних / Ігор Пітух, Ярослав Николайчук, Наталія Возна // Вісник

- Національного університету "Львівська політехніка" "Радіоелектроніка та телекомунікації". – 2004. - №508. - С. 263-268.
139. Пітух І. Моделювання руху даних та методологія проектування комп'ютерної мережі з паралельними інформаційними потоками / І. Пітух, Я. Николайчук, Н. Возна // Вісник Технологічного університету Поділля. 2004.- Ч.1, Т2, №2. - С. 33-35.
140. Pitukh I. Information technologies of models data movement construction in the automatic management systems / I.Pitukh, Y.Nykolaychuk, N.Vozna // Досвід розробки та застосування приладо-технологічних САПР в мікроелектроніці: VIII міжнар. наук.-техн. конф. CADSM'2005: матеріали - Львів-Поляна, 2005. – С. 427-428.
141. Сегін А.І. Методології побудови інформаційних моделей руху даних / А.І. Сегін, Н.Я. Возна // Вісник Технологічного університету Поділля. - 2002. - Т1, №3. - С.128-135.
142. Яцків Н.Г. Системні характеристики джерел інформації та оцінка їх ентропії / Н.Г. Яцків, Я.М. Николайчук // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2002. – Т.3, №3. – С. 197–200.
143. Николайчук Я.М. Теорія цифрових перетворень мультибазисного супершвидкодуючого процесора / Я.М. Николайчук // Искусственный интеллект. – 2008. - №4. – С. 387-394.
144. Алексеев А.И. Теория и применение псевдослучайных сигналов / Алексеев А.И. – М.: Советское радио, 1970. – 364 с.
145. Николайчук Я.М. Теоретико-числові базиси та їх застосування при організації баз даних / Я.М. Николайчук, В.В. Шаряк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. - 2006. - №2(12). - С. 59-66.

146. Daqi G. An electronic nose and modular radial basis function network classifiers for recognizing multiple fragrant materials / Daqi G., Shuyan W., Yan J. // *Sensors and Actuators B*. – 2004. – Vol. 97, No. 2-3. – P. 391-401.
147. Hunt K. Neural Networks for Control Systems – a Survey / Hunt K., Sbarbaro D., Zbikowski R., Gawthrop P. // *Automatica*. – 1992. – Vol. 28. – P. 1083-1112.
148. Николайчук Я.М. Матричні системи числення / Я.М. Николайчук, О.Д. Круцкевич // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2007. – Т.1, №3. – С. 62-64.
149. Майоров С.А. Принципы организации цифровых машин / С.А. Майоров, Г.И. Новиков - . Л.: Машиностроение, 1974. – 432 с.
150. Возна Н. Проблеми юриспруденції та інформаційна технологія проектування комп'ютерних мереж на основі законів економічної доцільності / Н. Возна, Л. Шандровська-Николайчук // *Зб. наук. праць інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова НАН України*. - К., 2004. - Випуск 26. - С. 33-40.
151. Вариченко Л.В. Абстрактные алгебраические системы и цифровая обработка сигналов / Вариченко Л.В., Лабунец В. Г., Раков М. А. – К.: Наук. думка, 1986. – 248 с.
152. Муттер В.М. Основы помехоустойчивой телепередачи информации / Муттер В.М. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. – 268 с.
153. Kochan R. Approach to improving network capable application processor based on IEEE 1451 Standard / R. Kochan, V. Kochan, K. Lee, A. Sachenko // *Computer Standards & Interfaces*. – 2005. – Vol. 28, Issue2. – P. 141-149.
154. Корнеев И.К. Информационные технологии / Корнеев И.К., Ксандопуло Г.Н., Машурцев В.А. - М.: Проспект, 2007. – 854 с.
155. Возна Н.Я. Інформаційна технологія побудови граф-алгоритмічної моделі руху техніко-економічних даних / Н.Я. Возна // *Зб. наук. праць інституту проблем*

- модельовання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – К., 2006. – Випуск 39. – С. 44-51.
156. Укорочення клавіатури: працюємо “однією лівою” // Комп’ютерний журнал ЧИП.- 2001.- №3.- С. 14-19.
157. [www.darfon.com.tw](http://www.darfon.com.tw) – офіційний сайт компанії Darfon.
158. [www.artlebedev.com](http://www.artlebedev.com) - офіційний сайт студії Лебедева.
159. Ng C. Hybrid neural network—prior knowledge model in temperature control of a semi-batch polymerization process / Ng C., Hussain M. // Chemical Engineering and Processing. – 2004. - Vol. 43, No. 4. – P. 559-570.
160. Патент України на корисну модель. Пристрій для введення алфавітно-цифрових даних // Николайчук Я.М., Возна Н.Я. (Україна); Заявл. 13.12.06. № 25291; Видано 10.08.07.
161. Возна Н.Я. Методологія та техніка формування техніко-економічних даних в автоматизованих системах управління / Н.Я. Возна // Вісник Хмельницького національного університету. - 2005.- Ч.1, Т.2, №4. - С. 131-133.

