

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**КОШМАН Сергій Олександрович**



УДК 681.32

**ВИСОКОПРОДУКТИВНІ СПЕЦІАЛІЗОВАНІ КОМП'ЮТЕРНІ  
ЗАСОБИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ  
СИСТЕМИ ЧИСЛЕННЯ У ЗАЛИШКОВИХ КЛАСАХ**

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автоматизації та комп'ютерних технологій Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка Міністерства аграрної політики України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Краснобаєв Віктор Анатолійович,**  
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, професор кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Кривуля Геннадій Федорович,**  
Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри автоматизації проектування обчислювальної техніки

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
**Кучук Георгій Анатолійович,**  
Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, провідний науковий співробітник наукового центру Повітряних Сил

Захист відбудеться “25” березня 2010 р. о 14<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.14 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий

“16” лютого 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

 Ліберг І. Г.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Масштаби і складність задач, які розв'язуються сучасними спеціалізованими комп'ютерними засобами обробки інформації (СКЗОІ), пред'являють до них якісно нові вимоги, що, у свою чергу, обумовлює необхідність вдосконалення тих, що вже існують та створення нових засобів обробки цифрової інформації. Задача підвищення продуктивності функціонування тісно пов'язана з розвитком системних принципів проектування, застосуванням нових ідей створення засобів переробки дискретної інформації, вдосконаленням технології виготовлення компонентів системи, а також залученням нових нестандартних теоретичних концепцій у створенні СКЗОІ.

Створення СКЗОІ характеризується двома головними особливостями. Перша особливість полягає в тому, що саме СКЗОІ є своєрідним засобом апробації нових методів автоматизації процесу обробки інформації. Друга особливість пов'язана з тим, що реальні СКЗОІ є складними програмно-технічними комплексами, в яких необхідно задовольнити багато суперечливих вимог (швидкодія, надійність, точність, обробка інформації у реальному часі та ін.). Так, для СКЗОІ реального часу виникає необхідність підвищення продуктивності обробки інформації без зниження надійності функціонування.

Саме ці обставини зумовлюють необхідність застосування нетрадиційних методів і інформаційних технологій обробки інформації. Наприклад, застосування непозиційної системи числення у залишкових класах (СЗК).

Значний внесок у розвиток теорії непозиційного кодування у системі залишкових класів внесли: Валах М., Акушський І. Я., Юдицький Д. І., Свобода А., Глушков В. М., Синьков М. В., Амербаєв В. М., Євстигнеєв В. Г., Червяков М. І., Вишинський В. А., Торгашев В. А., Морозов В. Н., Фінько О. А., Краснобаєв В. А. та інші.

Отже, розробка методів підвищення продуктивності обробки інформації без зниження надійності функціонування СКЗОІ є завданням, що має незаперечну актуальність. Розв'язання вказаної задачі визначило напрямок досліджень дисертаційної роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано на кафедрі автоматизації та комп'ютерних технологій Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка у рамках держбюджетної НДР МОН України "Теоретичні основи, методи та інструментальні засоби аналізу, розробки і верифікації гарантоздатних інформаційно-керуючих систем для аерокосмічних об'єктів і комплексів критичного застосування" (Д503-45/2006 (підсумковий), частина 1); за госпдоговірною темою "Аналіз методів і моделей підвищення надійності систем обробки інформації спеціалізованих автоматизованих систем

керування” (ОКБ ДП ХПЗ ім. Т. Г. Шевченка, м. Харків, Д2/2006); пошукових НДР за ініціативою Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка “Дослідження і розробка високоефективних мікроелектронних обчислювальних та керуючих пристроїв з нетрадиційною архітектурою” (ДР № 0104U005149) та “Розробка та дослідження надшвидкодіючих і надійних систем і засобів обробки цифрової інформації на основі використання непозиційних кодових структур модулярної арифметики” (ДР № 0107U001631), в яких здобувач був виконавцем окремих розділів та етапів.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є підвищення продуктивності спеціалізованих комп’ютерних засобів обробки інформації на основі застосування непозиційної системи числення у залишкових класах.

Для досягнення зазначеної мети поставлені наступні задачі:

- дослідити методи підвищення продуктивності цифрових компонентів комп’ютерних систем без зниження надійності їх функціонування;
- розробити метод вибору основ системи залишкових класів для порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій;
- розробити метод підвищення продуктивності спеціалізованих комп’ютерних засобів на основі застосування системи залишкових класів;
- розробити HDL-модель, яка описує процес і особливості функціонування спеціалізованого комп’ютерного засобу у системі залишкових класів;
- розробити апаратні засоби реалізації арифметичних операцій у системі залишкових класів.

**Об’єкт дослідження** – процеси обробки інформації у спеціалізованих комп’ютерних засобах.

**Предмет дослідження** – спеціалізовані комп’ютерні засоби обробки інформації на основі системи числення в залишкових класах.

**Методи дослідження.** В основу проведених у роботі досліджень покладені принципи системного аналізу. При розв’язанні загальної науково-прикладної задачі використовувалися: методи аналізу і синтезу, методи теорії чисел – при розробці методу порозрядної табличної обробки інформації у СЗК та розробці алгоритму оптимізації основ СЗК; теорія ймовірностей, методи теорії надійності – при формулюванні і розв’язанні задачі оптимального резервування у СЗК.

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

1. Вперше на основі введеного спеціального коду табличного представлення операндів розроблено метод порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій, в якому, на відміну від існуючих, використовується унітарний код результату арифметичних операцій кожної з таблиць, що дозволяє зменшити кількість послідовних етапів обробки інформації, що, у свою чергу, підвищує продуктивність спеціалізованих комп’ютерних засобів.

2. Дістала подальший розвиток HDL-модель спеціалізованого

комп'ютерного засобу за рахунок додаткової можливості опису функціонування у системі залишкових класів шляхом застосування методу порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій, що дає можливість кількісно оцінити продуктивність СКЗОІ у СЗК.

3. Дістав подальший розвиток метод вибору основ системи залишкових класів, який враховує особливості порозрядної табличної обробки інформації, що дає можливість підвищити надійність спеціалізованих комп'ютерних засобів у СЗК.

Отримані наукові результати дисертаційної роботи підтверджено 11 патентами України.

**Практичне значення одержаних результатів** для галузі комп'ютерної техніки, побудови та організації функціонування комп'ютерних систем та компонентів полягає в можливості апаратної реалізації арифметичних модульних операцій у системі залишкових класів, що підвищує швидкість обробки цифрової інформації в реальному часі. Результати дисертації доцільно використати в системах і пристроях обробки в реальному часі великих масивів цифрової інформації; при розв'язанні задач цифрової фільтрації, криптографічних перетвореннях в полях Галуа; при розробці криптографічних систем і систем стиснення інформації на основі використання перетворень Хаару і Хартлі; при необхідності реалізації модульних перетворень у пристроях з підвищеними вимогами до швидкодії виконання складних розрахункових задач у СЗК, наприклад, при розв'язанні задачі забезпечення необхідного рівня стійкості криптографічних засобів за рахунок виконання арифметичних операцій над цілими числами.

Розроблені в дисертаційній роботі модель, методи, алгоритми та засоби обробки інформації є науково-методологічною основою для практичного створення спеціалізованих комп'ютерних засобів. Використання розробленого методу порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій у СЗК дозволяє підвищити продуктивність функціонування спеціалізованих комп'ютерних засобів без зниження надійності функціонування. Розрахунки і порівняльна оцінка продуктивності та надійності, проведені в дисертаційній роботі, показали, що зі збільшенням розрядності машинного слова (що характерно для сучасної тенденції розвитку СКЗОІ) ефективність застосування непозиційних кодових структур у СЗК зростає.

Результати дисертаційної роботи впроваджено: в ДП ХПЗ ім. Т. Г. Шевченка (м. Харків) та в навчальному процесі ХНТУСГ імені Петра Василенка на кафедрі автоматизації та комп'ютерних технологій при викладанні дисциплін "Теорія інформації", "Теорія технічних систем", "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" та при виконанні дипломних та магістерських робіт.

**Особистий внесок здобувача.** Положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них розробка: методу порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій; HDL-моделі СКЗОІ; методу оптимізації основ СЗК; апаратних засобів реалізації арифметичних операцій у СЗК, застосування яких забезпечує підвищення продуктивності спеціалізованих комп'ютерних засобів. Постановка задач досліджень, аналіз і обговорення отриманих результатів виконувалися здобувачем спільно з науковим керівником.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати роботи доповідались на: Міжнародних науково-технічних конференціях “Гарантоздатні (надійні та безпечні) системи, сервіси та технології” (м. Полтава, 2006 р.; м. Кіровоград, 2007-2009 р.р.), 13-му Міжнародному молодіжному форумі “Радиоелектроника и молодёжь в XXI веке” (м. Харків, 2009 р.), другій Міжнародній науково-практичній конференції “Безпека та захист інформації у інформаційних системах” (м. Харків, 2009 р.), Міжнародних науково-практичних конференціях “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України” (м. Харків, 2003 – 2009 р.р.).

**Публікації.** Основний зміст дисертації відображено у 28 наукових публікаціях, з них: 14 статей у наукових фахових виданнях ВАК України, 11 патентів України.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, 3 додатків, списку літератури. Загальний обсяг дисертації становить 205 сторінок, з них: 40 рисунків за текстом, 13 рисунків на 13 окремих сторінках, 57 таблиць за текстом, 13 таблиць на 8 окремих сторінках, 3 додатки на 26 сторінках, список використаних літературних джерел з 105 найменувань на 14 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**Вступ** дисертаційної роботи містить: обґрунтування актуальності теми дослідження; інформацію про зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами; мету роботи та частинні задачі досліджень; формулювання об'єкту, предмета і методів дослідження; характеристику наукової новизни та практичного значення одержаних результатів досліджень, а також особистого внеску здобувача; дані щодо реалізації, апробації та публікації наукових та практичних результатів дисертації.

**У першому розділі** досліджені методи підвищення та забезпечення продуктивності цифрових компонентів комп'ютерних систем без зниження надійності їх функціонування. Наведено основні принципи побудови спеціалізованих комп'ютерних засобів обробки інформації у системі залишкових

класів та сформульовано задачі, що розв'язуються СКЗОІ у процесі функціонування турбоагрегату (ТА). Проведено дослідження відносно стану та перспектив розвитку СКЗОІ. Встановлено, що одним з можливих засобів підвищення ефективності функціонування СКЗОІ є створення та впровадження спеціалізованих комп'ютерних засобів, що функціонують у непозиційній системі числення – системі залишкових класів.

Основи створення системи числення у СЗК є розвитком розділу порівнянь теорії чисел. Задача відновлення числа  $A_k$  за сукупністю його залишків  $\{a_i\}$  відома як “Китайська теорема про лишки” і інтерес до неї викликаний практичними дослідженнями, присвяченими пошукам шляхів ефективного підвищення, в першу чергу, продуктивності обробки інформації. Коди в СЗК є подальшим удосконаленням відомих арифметичних багатомодульних кодів та кластерних систем обробки інформації у позиційній системі числення (ПСЧ). Багатозалишковий код представляється у вигляді:

$$A'_k = (A_k, A_k \pmod{m_1}, A_k \pmod{m_2}, \dots, A_k \pmod{m_i}, \dots, A_k \pmod{m_{n-1}}, A_k \pmod{m_n}),$$

тобто  $A'_k = (A_k, a_1, a_2, \dots, a_n)$ , де  $a_i = A_k - [A_k / m_i]m_i$ ;  $n$  – кількість основ (модулей) СЗК.

При цьому раціональні операції у СЗК, наприклад, для поліномів  $f(x^{(i)})$ , виконуються наступним чином. Нехай  $f(x^{(i)}) = \sum_{i=0}^p a_i x^i$ , де  $a_i = (a_1^{(i)}, a_2^{(i)}, \dots, a_n^{(i)})$  і  $x^{(i)} = (x_1^{(i)}, x_2^{(i)}, \dots, x_n^{(i)})$  представлено у СЗК з основами  $m_1, m_2, \dots, m_n$ . Тоді, якщо

позначимо  $f(x^{(i)})$  як  $f_j(x_j) = \sum_{i=0}^p a_j^{(i)} x_j^{(i)}$ , то маємо результат операції у СЗК

$$f(x) = \left( \sum_{i=0}^p a_1^{(i)} x_1^{(i)}, \sum_{i=0}^p a_2^{(i)} x_2^{(i)}, \dots, \sum_{i=0}^p a_n^{(i)} x_n^{(i)} \right) = (f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_n(x_n)).$$

Якщо  $\hat{A}_k \leq \prod_{i=1}^n m_i$ , то сукупність залишків  $\{a_i\}$  однозначно визначає число  $A_k$

і багатозалишковий код у ПСЧ приймає вид коду СЗК  $A'_k = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ . Це дозволяє реалізувати процес обробки інформації за окремими незалежними обчислювальними трактами (ОТ<sub>*i*</sub>) оперуючи тільки з залишками  $\{a_i\}$  числа  $A'_k$ . Кодування чисел у СЗК дозволяє побудувати СКЗОІ, в якому обробка всіх розрядів числа (залишків  $a_i$ ) виконується незалежно та паралельно у часі. Спеціалізований комп'ютерний засіб у СЗК представляє собою набір окремих ОТ обробки інформації, що функціонують незалежно один від одного і паралельно у часі, причому кожний за своїм визначеним модулем  $m_i$ . Пристрої введення та виведення інформації розв'язують також задачу перетворення вхідної інформації з позиційного коду в код СЗК та навпаки.

В результаті проведеного аналізу сучасних та дослідженні перспективних методів підвищення продуктивності СКЗОІ без зниження надійності обробки інформації в якості показників для кількісної оцінки продуктивності обчислень та

оцінки надійності вибрано та обґрунтовано відповідно коефіцієнт відносного підвищення продуктивності  $k_{i\delta}$  та ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$  СКЗОІ.

У другому розділі було розв'язано задачу розробки методу вибору основ системи залишкових класів для порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій.

Оскільки з усіх відомих принципів реалізації арифметичних операцій у СЗК табличний принцип забезпечує максимальну швидкодію, тобто результат операції може бути отриманий в момент надходження до матричних схем вхідних операндів, тобто за один машинний такт, тому в роботі пропонується використання саме цього принципу для підвищення продуктивності спеціалізованих комп'ютерних засобів обробки інформації.

Встановлено, що задача синтезу структури СКЗОІ у СЗК безпосередньо пов'язана з вибором сукупності основ (модулів) СЗК, які безпосередньо визначають діапазон обробки інформації і побічно її апаратурні витрати. Це, у свою чергу, істотним чином впливає на продуктивність та надійність СКЗОІ реального часу.

При цьому загальна задача мінімізації кількості обладнання СКЗОІ для даного діапазону розрядної сітки має наступний вигляд:  $M = \prod_{i=1}^n m_i = const$  та

$V_{\hat{N}i\hat{E}}^{(n)} = \sum_{i=1}^n f(m_i) \rightarrow \min$ , де  $M$  - діапазон розрядної сітки СКЗОІ;  $n$  - число інформаційних модулів СКЗОІ;  $f(m_i)$  - функція зв'язку апаратних витрат на створення тракту обробки інформації СКЗОІ за модулем СЗК.

Виходячи з критеріїв оптимізації вибору модулів СЗК: визначення набору взаємно-попарно простих чисел  $(m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n, \hat{I} \hat{I} \hat{A}(m_i; m_j) = 1, (i \neq j))$ ;

визначення діапазону розрядної сітки СОІ ( $M \geq \prod_{i=1}^n m_i \geq 2^{8l}$ ); для можливості

роботи у від'ємному діапазоні чисел один з модулів повинен бути парним ( $M \equiv 0 \pmod{2}$ ); мінімум кількості логічних елементів "Г" у вузлах матричних

схем ( $f(m_i) = m_i^2$ , тобто  $\sum_{i=1}^n m_i^2 = \min$ ;  $\frac{1}{4} \sum_{i=1}^n (m_i)^2 = \min$ ); мінімум кількості логічних

елементів "Г" відповідних нульовому або одиничному значенню у вузлах таблиць для кожного розряду результату, отримав подальший розвиток метод оптимізації основ СЗК, що враховує особливості методу порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій. Це дає можливість підвищити надійність спеціалізованих комп'ютерних засобів у системі залишкових класів.

Результати оптимізації основ СЗК представлені у табл. 1.

Сукупності отриманих основ СЗК використовувалися при подальших дослідженнях.



## Результати оптимізації основ СЗК

Розрядність $l$	Основи СЗК	ПСЧ $2^{8l} \cdot 2^{8l}$	СЗК $\sum_{i=1}^n m_i^2$
$l=1$	$m_1=3, m_2=4, m_3=5, m_4=7$	$2^8 \cdot 2^8 = 2^{16}$	99
$l=2$	$m_1=2, m_2=5, m_3=7, m_4=9, m_5=11,$ $m_6=13$	$2^{16} \cdot 2^{16} = 2^{32}$	449
$l=3$	$m_1=3, m_2=4, m_3=5, m_4=11, m_5=13,$ $m_6=17, m_7=19$	$2^{24} \cdot 2^{24} = 2^{48}$	990
$l=4$	$m_1=2, m_2=3, m_3=5, m_4=7, m_5=11,$ $m_6=13, m_7=17, m_8=19, m_9=23, m_{10}=29$	$2^{32} \cdot 2^{32} = 2^{64}$	2397
$l=8$	$m_1=2, m_2=3, m_3=5, m_4=7, m_5=11,$ $m_6=13, m_7=17, m_8=19, m_9=23,$ $m_{10}=29, m_{11}=31, m_{12}=37, m_{13}=41,$ $m_{14}=43, m_{15}=47, m_{16}=53$	$2^{64} \cdot 2^{64} = 2^{128}$	13275

У третьому розділі розв'язано задачу розробки метода підвищення продуктивності спеціалізованих комп'ютерних засобів на основі застосування системи залишкових класів.

Суть методу полягає в тому, що будується не єдина таблиця, що реалізує результат операції у двійковому коді, а  $k$  – більш дрібніших таблиць, що містять результати за кожним розрядом, де  $k = \lceil \log_2(m_i - 1) \rceil + 1$  – це розрядність регістра, необхідна для зберігання цифри за даною основою  $m_i$ . Дана обставина дозволяє обходитись без вхідних і вихідних дешифраторів та шифраторів за рахунок реалізації модульних операцій та отримання результату безпосередньо в двійковому коді. Це дає можливість підвищити швидкодію реалізації модульних операцій за рахунок зменшення часу послідовної обробки інформації, а також дозволяє підвищити надійність СКЗОІ за рахунок зменшення інтенсивності відмов шляхом зменшення частини обладнання операційного пристрою. При цьому використовується так званий введений у дисертації спеціальний код табличного представлення операндів (СКТПО). Значення  $a_i \pmod{m_i}$ , кодується

як  $a_i$ , при  $0 \leq a_i \leq \left\lfloor \frac{m_i - 1}{2} \right\rfloor$ , а значення  $a_i \pmod{m_i}$ , що міститься у діапазоні

$\left\lfloor \frac{m_i + 1}{2} \right\rfloor \leq a_i \leq m_i - 1$ , як  $\bar{a}_i = m_i - a_i$ . Щоб розділити ці діапазони і вводиться

СКТПО, що має вигляд  $\gamma_a = 0, \forall a \in \left\lfloor \frac{m_i - 1}{2} \right\rfloor$ , та

$\gamma_a = 1, \forall a \in \left\lfloor \frac{m_i + 1}{2} \right\rfloor \leq a \leq m_i - 1$ . У цьому випадку вхідні числа представляються у

вигляді  $a_i = (\gamma_a, a'_i)$  та  $b_i = (\gamma_b, b'_i)$ .

Якщо числа  $a_i$  і  $b_i$  представлені за основою  $m_i$  СЗК у СКТПО, то для того, щоб одержати результат операції множення  $a_i b_i \pmod{m_i} = ((\gamma_a, a'_i) \cdot (\gamma_b, b'_i)) \pmod{m_i}$  двох чисел, достатньо отримати значення  $a'_i b'_i \pmod{m_i}$ . Тобто  $a_i b_i \pmod{m_i} = (\gamma_i, a'_i b'_i \pmod{m_i})$ , де  $\gamma_i = \gamma_a \gamma_b$ , та  $\gamma_i = \bar{\gamma}$ , якщо  $\gamma_a \neq \gamma_b$ .

Дійсно, якщо  $\gamma_a = \gamma_b = 0$ , тоді  $a_i b_i \pmod{m_i} = a'_i b'_i \pmod{m_i}$ . Якщо  $\gamma_a = \gamma_b = 1$ , тоді  $a_i b_i \pmod{m_i} = ((m_i - a_i)(m_i - b_i)) \pmod{m_i} = (m_i^2 - m_i b_i - a_i m_i + a_i b_i) \pmod{m_i} = a_i b_i \pmod{m_i}$ . Якщо  $\gamma_a = 1, \gamma_b = 0$ , тоді  $a_i b_i \pmod{m_i} = ((m_i - a'_i) b'_i) \pmod{m_i} = (m_i b'_i - a'_i b'_i) \pmod{m_i} = (-a'_i b'_i) \pmod{m_i} = (m_i - a'_i b'_i) \pmod{m_i}$ . Якщо  $\gamma_a = 0, \gamma_b = 0$ , тоді  $a_i b_i \pmod{m_i} = (a'_i (m_i - b'_i)) \pmod{m_i} = (a'_i m_i - a'_i b'_i) \pmod{m_i} = (-a'_i b'_i) \pmod{m_i} = (m_i - a'_i b'_i) \pmod{m_i}$ .

На основі отриманих результатів та застосуванні властивостей симетрії таблиці множення двох чисел  $a_i b_i \pmod{m_i}$  таких, що  $((m_i - a_i)(m_i - b_i)) \pmod{m_i} = a_i b_i \pmod{m_i}$ ,  $a_i b_i + a_i (m_i - b_i) = 0 \pmod{m_i}$ ,  $a_i b_i + (m_i - a_i) b_i = 0 \pmod{m_i}$ , таблицю реалізації операції  $a_i b_i \pmod{m_i}$  можливо зменшити у чотири рази. Але це властиво тільки для операції множення у СЗК. В дисертації запропоновано та доказано наступні порівняння  $((\gamma_a, a'_i) + (\gamma_b, b'_i)) + \{(m_i - (\gamma_a, a'_i)) - (\gamma_b, b'_i)\} \equiv 0 \pmod{m_i}$  (1);  $((\gamma_a, a'_i) + (\gamma_b, b'_i)) \equiv \{(m_i - (\gamma_a, a'_i)) - (\gamma_b, b'_i)\} \pmod{m_i}$  (2);  $((\gamma_a, a'_i) - (\gamma_b, b'_i)) \equiv \{(\gamma_a, a'_i) + (m_i - (\gamma_b, b'_i))\} \pmod{m_i}$  (3).

Використання властивостей порівнянь (1), (2) і (3) дало змогу використати всього четверту частину кожної з повних таблиць реалізації арифметичних операцій  $a_i \otimes b_i \pmod{m_i}$  не тільки для множення, а й для таблиць арифметичного додавання та віднімання, що раніше передбачалося у СЗК неможливим.

Порівняльний аналіз відносного часу реалізації арифметичних операцій представлений у табл. 2.

Таблиця 2

### Порівняльний аналіз відносного часу реалізації арифметичних операцій

$l$	$t_{\pm}$		$k_{i\delta}$	$t_{\times}$		$k_{i\delta}$
	ПСС	СЗК		ПСС	СЗК	
$l=1$	17	2	$17/2=8,5$	128	2	$128/2=64$
$l=2$	33	2	$33/2=16,5$	512	2	$512/2=256$
$l=3$	49	2	$49/2=24,5$	1152	2	$1152/2=576$
$l=4$	65	2	$65/2=32,5$	2048	2	$2048/2=1024$
$l=8$	129	2	$129/2=64,5$	4096	2	$4096/2=2048$

Загальна структурна схема реалізації СКЗОІ у СЗК приведена на рис. 1.

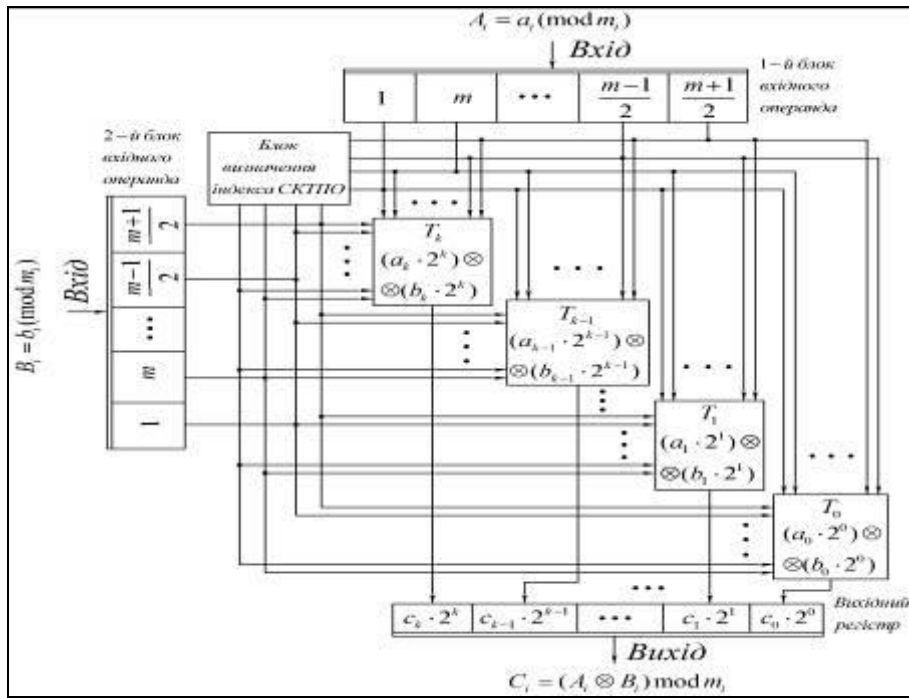


Рис. 1. Загальна структурна схема реалізації СКЗОІ у СЗК

Схемний опис методу порозрядної табличної реалізації представлений на рис. 2.

**У четвертому розділі** розв'язані задачі розробки HDL-моделі, яка описує процес і особливості функціонування спеціалізованого комп'ютерного засобу у системі залишкових класів, та розробки апаратних засобів реалізації арифметичних операцій у системі залишкових класів.

Досвід експлуатації спеціалізованих комп'ютерних засобів обробки інформації ТА на АЕС підтверджує теоретичні висновки щодо необхідності підвищення продуктивності цифрових компонентів комп'ютерних систем без зниження надійності їх функціонування.

Збільшення терміну експлуатації ТА, розширення міжремонтних інтервалів, скорочення термінів виконання ремонтів, підвищення безвідмовності функціонування і підвищення продуктивності обробки інформації на сьогоднішній день являються актуальними задачами, розв'язання яких безпосередньо пов'язане зі створенням і впровадженням високопродуктивних СКЗОІ. Так, використання засобів спеціального аналізу вібросигналів турбоагрегату для цілей розрахунку показників механічних характеристик у складі апаратури безперервного експлуатаційного контролю стримується недостатньою швидкістю СКЗОІ.

Для контролю механічних характеристик ТА спеціалізованими комп'ютерними засобами необхідно реалізовувати такі арифметичні операції: додавання, віднімання, множення, піднесення до ступеня, а також обчислення швидкого перетворення Фур'є.



Рис. 2. Метод порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій у СЗК

На підставі отриманих теоретичних результатів у дисертації розроблено класи патенто-здатних пристроїв, що реалізують основні арифметичні операції, які виконуються СКЗОІ ТА.

Отримала подальший розвиток HDL-модель СКЗОІ у СЗК. Дана модель дозволяє оцінити часові характеристики і вибрати необхідний клас ПЛІС для практичного створення СКЗОІ турбоагрегату. Для перевірки отриманих раніше теоретичних результатів і можливої практичної реалізації СКЗОІ ТА у СЗК було проведено моделювання та оцінку часу виконання арифметичних операцій.

На рис. 3 представлена узагальнена структурна схема обробки інформації турбоагрегату.

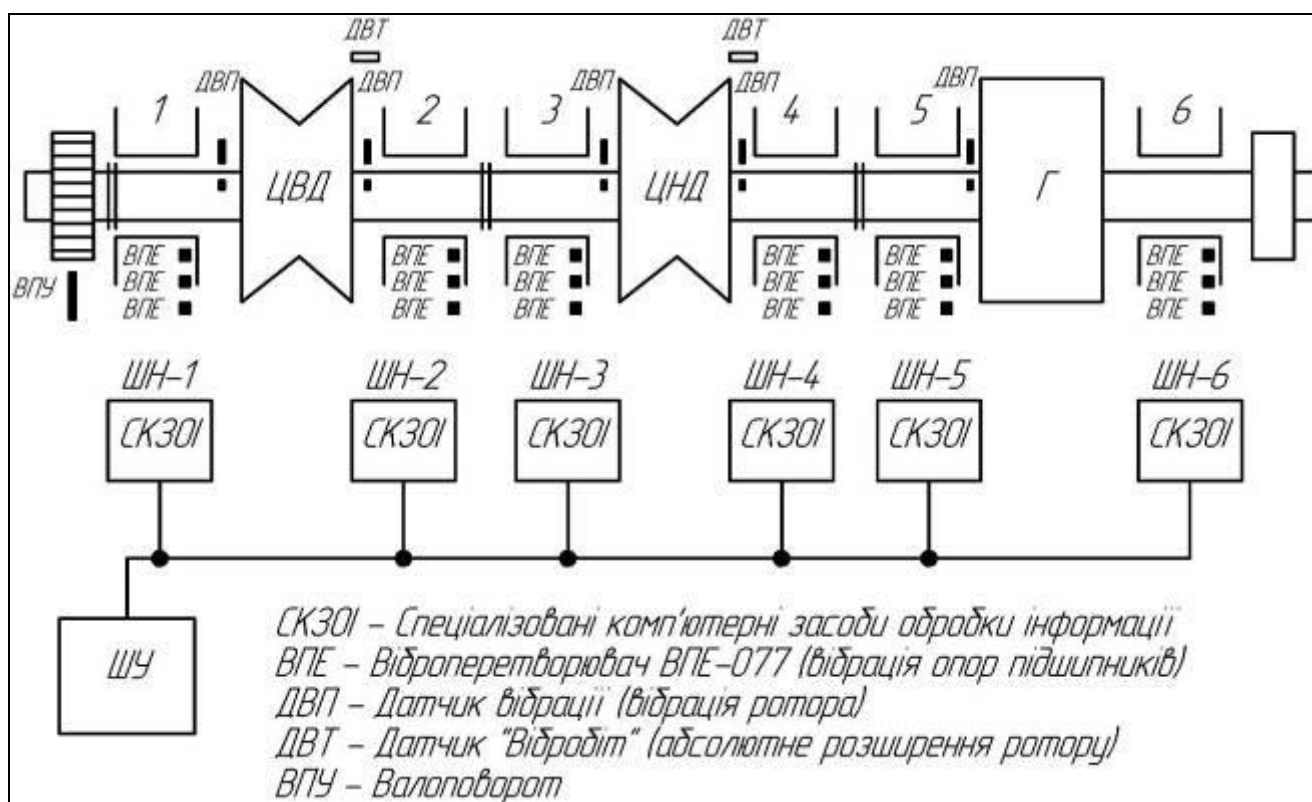


Рис. 3. Узагальнена структурна схема обробки інформації турбоагрегату

У додатках наведено акти реалізації дисертаційних досліджень, результати розв'язання та аналізу результатів прямої та оберненої задачі оптимального резервування у СЗК, а також вибір та обґрунтування мікросхем для реалізації розробленого СКЗОІ у СЗК.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано науково-прикладну задачу розробки методів підвищення продуктивності спеціалізованих комп'ютерних засобів обробки інформації.

1. Результати проведених досліджень методів підвищення продуктивності систем обробки інформації реального часу з урахуванням вимог до надійності показали, що застосування двійкової позиційної системи числення не може кардинально розв'язати цю задачу без істотного погіршення техніко-економічних характеристик спеціалізованих комп'ютерних засобів обробки інформації.

2. Показано, що вплив системи числення на основні техніко-економічні характеристики СКЗОІ є досить суттєвим. При цьому ефективним шляхом підвищення продуктивності обчислювальних систем та засобів є застосування непозиційних кодових структур у системі залишкових класів. Результати досліджень, а також застосування непозиційного кодування інформації показали, що використання СЗК істотним чином впливає на архітектуру і принципи функціонування СКЗОІ. В цьому випадку структура системи обробки інформації у системі залишкових класів представляється у вигляді кластерної обчислювальної структури паралельної обробки інформації, яка має підвищені характеристики продуктивності обробки інформації і надійності функціонування.

3. З метою підвищення продуктивності СКЗОІ ТА і з урахуванням вимог до надійності в дисертації розроблено метод порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій на основі результатів проведеної оптимізації основ системи залишкових класів з використанням спеціального коду табличного представлення операндів. Проведений підрахунок кількості відносного обладнання СКЗОІ із застосуванням даного методу показує, що для реалізації однобайтового СКЗОІ ( $l=1$ ) без застосування розробленого методу кількість табличних логічних елементів складає 263, а із застосуванням даного методу – 132, тобто відсотковий виграш складає 49%.

4. Розроблено метод підвищення продуктивності СКЗОІ на основі застосування системи залишкових класів за рахунок введення спеціального коду табличного представлення інформації. Це дозволяє зменшити кількість послідовних етапів обробки інформації. Так для однобайтового ( $l=1$ ) СКЗОІ продуктивність обробки інформації для арифметичної операції множення підвищується у 64 рази, а для восьмибайтового ( $l=8$ ) СКЗОІ – у 2048 раз.

5. Результати розв'язання задачі оптимального резервування у СЗК показали, що використання кодів у СЗК дозволяє істотно (у порівнянні з позиційною двійковою тройованою мажоритарною системою обробки інформації ТА К-1000-60/1500) підвищити надійність (за ймовірністю безвідмовної роботи  $P(t)$ ) і при меншій кількості обладнання, що додатково вводиться. Так для забезпечення заданого рівня  $P_{\text{зад}}(t) = 0,9999$  (для  $t = 1$  час) надійності однобайтової ( $l=1$ ) СКЗОІ у СЗК необхідно 20 умовних одиниць кількості устаткування спеціалізованого комп'ютерного засобу, а для позиційної двійковою тройованою мажоритарної структури ТА – 24 одиниці. В цьому випадку приблизно на 15% скорочується кількість необхідного обладнання, що додатково вводиться у

систему обробки інформації для підвищення надійності. Ця обставина дає можливість поліпшити технічні характеристики СКЗОІ. При цьому  $P_{СЗК}(t)=0,9999997 > P_{ПСС}(t)=0,999998 > P_{зад}(t)= 0,9999$ . Показано, що зі зростанням значення  $l$  ефективність використання СЗК зростає.

6. Розроблена HDL-модель, яка описує процес і особливості функціонування СКЗОІ, дозволяє оцінити часові характеристики та вибрати необхідний клас ПЛІС для створення спеціалізованих комп'ютерних засобів у системі залишкових класів.

7. Розроблені метод підвищення продуктивності спеціалізованих комп'ютерних засобів обробки інформації турбоагрегату (метод порозрядної табличної обробки інформації), HDL-модель, а також результати оцінки надійності системи обробки інформації реального часу, є науково-методичною основою для практичного створення СКЗОІ ТА.

8. Розроблено клас технічних (апаратних) засобів реалізації арифметичних операцій у системі залишкових класів, на які одержано 11 патентів України. Це підтверджує новизну та практичну значимість отриманих у дисертації результатів досліджень.

9. Результати наукових досліджень дисертаційної роботи впроваджені в ОКБ ДП ХПЗ ім. Т. Г. Шевченка, а також у навчальний процес на кафедрі автоматизації та комп'ютерних технологій ХНТУСГ ім. Петра Василенка.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кошман С. О. Алгоритм оптимізації обладнання систем обробки інформації АСКОЕ, що функціонують у модулярній арифметиці / С. О. Кошман // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків : ХДТУСГ, 2005. – Вип. 37, т. 2. – С. 240–244.

2. Кошман С. О. Дослідження методів оптимізації структур систем обробки інформації / С. О. Кошман // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2007. – Вип. 57, т. 2. – С. 111–116.

3. Кошман С. А. Вариант синтеза процессора в системе остаточных классов / И. А. Фурман, С. А. Кошман, В. А. Краснобаев // Радиоэлектроника и Информатика. – 2003. – №2. – С. 94–96.

Здобувачу належить розробка HDL-моделі та синтез блоків спецпроцесора за допомогою САПР MAX+plusII.

4. Кошман С. О. Застосування системи залишкових класів у машинній арифметиці / В. А. Краснобаєв, С. О. Кошман // Вісник Харківського державного

технічного університету сільського господарства. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків : ХДТУСГ, 2003. – Вип. 19, т. 2 – С. 134–136.

Здобувачем досліджено табличний метод реалізації арифметичних операцій для практичного створення СКЗОІ у СЗК.

5. Кошман С. О. Аналіз табличних алгоритмів реалізації модульних операцій у автоматизованих системах обробки цифрової інформації / І. О. Фурман, В. А. Краснобаєв, С. О. Кошман // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків : ХДТУСГ, 2004. – Вип. 27, т. 2 – С. 174–178.

Здобувачем проведено аналіз існуючих алгоритмів стиснення табличних структур для реалізації арифметичних операцій у СЗК із застосуванням коду табличного множення.

6. Кошман С. А. Табличный метод обработки цифровой информации в классе вычетов / С. А. Кошман, С. Н. Деренько, В. А. Краснобаев // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. – № 5 (17). – С. 171–175.

Здобувачу належить розробка універсальних алгоритмів для стиснення табличних структур у СЗК при побудові СКЗОІ.

7. Кошман С. А. Method of bit-by-bit tabular realization of arithmetic operations in the system of residual classes / С. А. Кошман, В. И. Барсов, В. А. Краснобаев, Е. В. Яськова, Н. С. Деренько // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 5 (39). – С. 44–48.

Здобувачу належить розробка методу порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій у СЗК.

8. Кошман С. О. Задача оптимального резервування в класі залишків / С. О. Кошман, М. С. Деренько // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків : ХНТУСГ, 2006. – Вип. 43, т. 2. – С. 153–156.

Здобувачу належить формулювання задачі оптимального резервування у СЗК.

9. Кошман С. А. Метод реализации арифметических операций в модулярной арифметике на основе использования малоразрядных двоичных сумматоров / С. А. Кошман, Н. С. Деренько // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 7 (26). – С. 219–221.

Здобувачу належить розробка та дослідження структурної схеми суматора за довільним модулем СЗК, побудованого з використанням малорозрядних двійкових суматорів.

10. Кошман С. А. Повышение надёжности высокопроизводительных



процесорів в системі остаточних класів / *С. А. Кошман, А. А. Сиора, Хері Алі Абдуллах, В. А. Краснобаєв* // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – 2008. – № 7 (34). – С. 124 – 128.

Здобувачем розв'язано задачу оптимального резервування у СЗК за допомогою метода найшвидшого по координатному спуску.

11. *Кошман С. А.* Концепция, методы и средства моделирования на ПЛИС контроллеров и процессоров с параллельной архитектурой / *И. А. Фурман, В. А. Краснобаев, М. Л. Малиновский, С. А. Кошман, С. Я. Бовчалюк* // *Сборник научных трудов Харьковского национального автомобильного университета. Автомобильный транспорт в 21 веке.* – Харьков : 2005. – Вып. 16. – С. 338–341.

Здобувачу належить розробка концепції моделювання високопродуктивних СКЗОІ на ПЛІС.

12. *Кошман С. О.* Диверсність табличних методів реалізації арифметичних операцій у системі залишкових класів / *С. О. Кошман, В. І. Барсов, В. А. Краснобаєв* // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України.* Харків : ХНТУСГ, 2008. – Вип. 73, т. 2. – С. 70–72.

Здобувачем виконано моделювання СКЗОІ у СЗК за допомогою середовища MAX+plusII на мові AHDL на основі методу порозрядної табличної реалізації.

13. *Кошман С. А.* Method of realization of arithmetic operations on the basis of the use of modular number system / *Е. В. Яськова, В. И. Барсов, В. А. Краснобаев, С. А. Кошман, Хері Алі Абдуллах* // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – 2009. – № 7 (41). – С. 70–73.

Здобувачу належить розробка алгоритмів реалізації модульних операцій у СЗК за допомогою кільцевих регістрів зсуву.

14. *Кошман С. А.* Метод быстрой реализации криптографических преобразований на основе поразрядной табличной реализации / *В. А. Краснобаев, С. А. Кошман* // *Системи обробки інформації.* – 2009. – № 7 (79). – С. 63–68.

Здобувачем досліджено можливість швидкої реалізації цілочисельних перетворень на основі СЗК.

15. *Пат. 75965* Україна, МПК G06F 7/52 (2006.01), G06F 7/53 (2006.01). Пристрій для множення по довільному модулю / *Фурман І. О., Краснобаєв В. А., Кошман С. О.*; заявник та патентовласник *Фурман І. О., Краснобаєв В. А., Кошман С. О.* – № 20040403153; заявл. 27.04.04; опубл. 15.06.06, Бюл. № 6.

Здобувачу належить розробка структури пристрою для множення по довільному модулю СЗК.

16. *Пат. 27631* Україна, МПК G06F 7/52 (2006.1). Пристрій для множення у системі залишкових класів по модулю  $P_i$  / *Кошман С. О., Деренько М. С., Зефірова О. В., Краснобаєв В. А., Хері Алі Абдуллах*; заявник та патентовласник

Кошман С. О., Деренько М. С., Зефірова О. В., Краснобаєв В. А., Хері Алі Абдуллах. – № у 2007 06918; заявл. 19.06.2007; опубл. 12.11.2007, Бюл. № 18.

Здобувачу належить розробка структури комутатора пристрою для множення у СЗК по модулю Р.

17. Пат. 83427 Україна, МПК (2006) G06F 7/60. Операційний пристрій системи обробки інформації по довільному модулю Р системи залишкових класів / Фурман І. О., Кошман С. О., Деренько М. С., Краснобаєв В. А.; заявник та патентовласник Фурман І. О., Кошман С. О., Деренько М. С., Краснобаєв В. А. – № а 2006 11353; заявл. 27.10.06; опубл. 10.07.08, Бюл. № 13.

Здобувачу належить розробка блоку формування спеціального коду табличного представлення операндів та блоку матриць для пристрою, який побудований на основі методу порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій у СЗК.

18. Пат. 33672 Україна, МПК G06F 7/49 (2008.01). Пристрій для множення комплексних чисел у модулярній системі числення / Кошман С. О., Сіора О. А., Хері Алі Абдуллах, Краснобаєв В. А.; заявник та патентовласник Кошман С. О., Сіора О. А., Хері Алі Абдуллах, Краснобаєв В. А. – № у 2008 01356; заявл. 04.02.08; опубл. 10.07.08, Бюл. № 13.

Здобувачу належить розробка блоку для множення у дійсній області пристрою для множення комплексних чисел у СЗК.

19. Пат. 33447 Україна, МПК (2006) G06F 5/00, G06F 17/14. Пристрій для обчислення двоточкового зрізаного перетворення Фур'є в полі  $GF(2^{16})$  / Рубан І. В., Дуденко С. В., Алексеєв С. В., Сіора О. А., Хері Алі Абдуллах, Кошман С. О., Краснобаєв В. А.; заявник та патентовласник Рубан І. В., Дуденко С. В., Алексеєв С. В., Сіора О. А., Хері Алі Абдуллах, Кошман С. О., Краснобаєв В. А. – № у 2008 01389; заявл. 04.02.08; опубл. 25.06.08, Бюл. № 12.

Здобувачу належить розробка схеми керування пристроєм для обчислення перетворення Фур'є.

20. Пат. 39493 Україна, МПК (2009) G06F 7/60. Пристрій для піднесення чисел до квадрата за модулем  $m$  / Краснобаєв В. А., Сіора С. О., Кошман С. О., Яськова К. В., Барсов В. І.; заявник та патентовласник Краснобаєв В. А., Сіора С. О., Кошман С. О., Яськова К. В., Барсов В. І. – № у 2008 12512; заявл. 24.10.08; опубл. 25.02.09, Бюл. № 4.

Здобувачу належить розробка структури для піднесення чисел до квадрата.

21. Пат. 39417 Україна, МПК (2009) G06F 7/00. Пристрій для складання і віднімання чисел за модулем  $m$  системи залишкових класів / Яськова К. В., Кошман С. О., Сіора О. А., Краснобаєв В. А.; заявник та патентовласник Яськова К. В., Кошман С. О., Сіора О. А., Краснобаєв В. А. – № у 2008 11616; заявл. 29.09.08; опубл. 25.02.09, Бюл. № 4.

Здобувачу належить розробка структури пристрою для додавання і

віднімання чисел по модулю СЗК.

22. *Пат.* 86637 Україна, МПК G06F 7/50 (2006.01). Суматор по модулю  $m$  системи залишкових класів / Фурман І. О., Кошман С. О., Деренько М. С., Краснобаєв В. А.; заявник та патентовласник Фурман І. О., Кошман С. О., Деренько М. С., Краснобаєв В. А. – № а 2007 01744; заявл. 19.02.07; опубл. 12.05.09, Бюл. № 9.

Здобувачу належить розробка алгоритму побудови суматора у СЗК на основі малорозрядних двійкових суматорів.

23. *Пат.* 40905 Україна, МПК (2009) G06F 7/00. Пристрій для піднесення комплексних чисел в квадрат за комплексним модулем у модулярній системі числення / Кошман С. О., Барсов В. І., Сіора О. А., Краснобаєв В. А.; заявник та патентовласник Кошман С. О., Барсов В. І., Сіора О. А., Краснобаєв В. А. – № u 2008 14308; заявл. 12.12.08; опубл. 27.04.09, Бюл. № 8.

Здобувачу належить розробка блоку для піднесення чисел у квадрат у комплексній області.

24. *Пат.* 41005 Україна, МПК (2009) G06F 11/08. Пристрій для визначення лишків за довільним модулем  $m$  модулярної системи числення / Кошман С. О., Барсов В. І., Сіора О. А., Краснобаєв В. А.; заявник та патентовласник Кошман С. О., Барсов В. І., Сіора О. А., Краснобаєв В. А. – № u 2008 15174, заявл. 29.12.08; опубл. 27.04.09, Бюл. № 8.

Здобувачу належить розробка блоків визначення ознак.

25. *Пат.* 41267 Україна, МПК (2009) G06F 7/60. Пристрій для піднесення чисел до довільного степеня за модулем три модулярної системи числення / Кошман С. О., Барсов В. І., Сіора О. А., Краснобаєв В. А.; заявник та патентовласник Кошман С. О., Барсов В. І., Сіора О. А., Краснобаєв В. А. – № u 2008 15194; заявл. 29.12.08; опубл. 12.05.09, Бюл. № 9.

Здобувачу належить виведення та обґрунтування основних математичних співвідношень.

26. *Кошман С. А.* Особенности матричного способа реализации процессора в СОК / *С. А. Кошман* // Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2005: тез. допов. Міжнародної науково-технічної конференції. – Харків, 2005. – С. 314.

27. *Кошман С. А.* Метод поразрядной табличной реализации арифметических операций в системе остаточных классов / *С. А. Кошман* // Радиоэлектроника и молодёжь в XXI веке: тез. докл. 13-го международного молодёжного форума. – Харьков, 2009. – Ч. 1. – С. 128.

28. *Краснобаев В. А.* Быстрая реализация криптографических преобразований на эллиптических кривых / *В. А. Краснобаев, С. А. Кошман* // Системи обробки інформації: тез. допов. II міжнародної науково-практичної конференції. – Харків, 2009. – Вип. 7(79). С. 135–136.

## АНОТАЦІЇ

**Кошман С. О. Високопродуктивні спеціалізовані комп'ютерні засоби обробки інформації на основі системи числення в залишкових класах. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2010.

Дисертація присвячена розробці методів підвищення продуктивності спеціалізованих комп'ютерних засобів обробки інформації на основі використання непозиційних кодових структур у системі залишкових класів.

Науковими результатами є: вперше на основі введеного спеціального коду табличного представлення операндів розроблено метод порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій, в якому, на відміну від існуючих, використовується унітарний код результату арифметичних операцій кожної з таблиць, що дозволяє зменшити кількість послідовних етапів обробки інформації, що, у свою чергу, підвищує продуктивність спеціалізованих комп'ютерних засобів; дістала подальший розвиток HDL-модель спеціалізованого комп'ютерного засобу за рахунок додаткової можливості опису функціонування у системі залишкових класів шляхом застосування методу порозрядної табличної реалізації арифметичних операцій, що дає можливість кількісно оцінити продуктивність СКЗОІ у СЗК; дістав подальший розвиток метод вибору основ системи залишкових класів, який враховує особливості порозрядної табличної обробки інформації, що дає можливість підвищити надійність спеціалізованих комп'ютерних засобів у СЗК.

**Ключові слова:** цифрові компоненти комп'ютерних систем, цифрова обробка інформації, архітектура комп'ютерів спеціального призначення, система залишкових класів, табличний метод обробки інформації, HDL-модель.

**Кошман С. А. Высокопроизводительные специализированные компьютерные средства обработки информации на основе системы счисления в остаточных классах. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – компьютерные системы и компоненты. – Харьковский политехнический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2010.

Диссертация посвящена разработке методов повышения производительности специализированных компьютерных средств обработки информации на основе использования непозиционных кодовых структур в системе остаточных классов.

Несвоевременность обработки специализированными компьютерными средствами в реальном времени больших массивов информации турбоагрегатов (ТА) АЭС за короткий промежуток времени может привести к возможному старению или даже потери важной информации. Кроме этого, большой объем информации при ее несвоевременной обработке СКСОИ ведет к потере части информации о состоянии ТА. Так же возникновение ошибок или сбоев в работе СКСОИ влечёт за собой искажение информации о состоянии турбоагрегата. Это свидетельствует о тесной связи между производительностью обработки информации в реальном времени и безотказностью функционирования СКСОИ ТА.

Целью исследования является повышение производительности специализированных компьютерных средств обработки информации на основе применения непозиционной системы счисления в остаточных классах.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем. 1. Впервые на основании введенного специального кода табличного представления операндов разработан метод поразрядной табличной реализации арифметических операций, в котором, в отличие от известных, используется унитарный код результата арифметических операций каждой из таблиц, что позволяет уменьшить количество последовательных этапов обработки информации, что, в свою очередь, повышает производительность специализированных компьютерных средств. 2. Получила дальнейшее развитие HDL-модель специализированного компьютерного средства за счет дополнительной возможности описания функционирования в системе остаточных классов путем применения метода поразрядной табличной реализации арифметических операций, которая дает возможность количественно оценить производительность СКСОИ в СОК. 3. Получил дальнейшее развитие метод выбора оснований системы остаточных классов, который учитывает особенности поразрядной табличной обработки информации, что дает возможность повысить надежность специализированных компьютерных средств в СОК.

Практическое значение полученных результатов. Разработанные в диссертационной работе модель, метод, алгоритмы и средства обработки информации являются научно-методологической основой для практического создания специализированных компьютерных средств турбоагрегата. Использование разработанного метода поразрядной табличной реализации арифметических операций в СОК позволяет повысить производительность специализированных компьютерных средств обработки информации без снижения надёжности функционирования. Расчеты и сравнительная оценка производительности и надежности, проведенные в диссертационной работе, показали, что с увеличением разрядности машинного слова, эффективность применения непозиционных кодовых структур в СОК значительно возрастает.

**Ключевые слова:** цифровые компоненты компьютерных систем, цифровая обработка информации, архитектура компьютеров специального назначения, система остаточных классов, табличный метод обработки информации, HDL-модель.

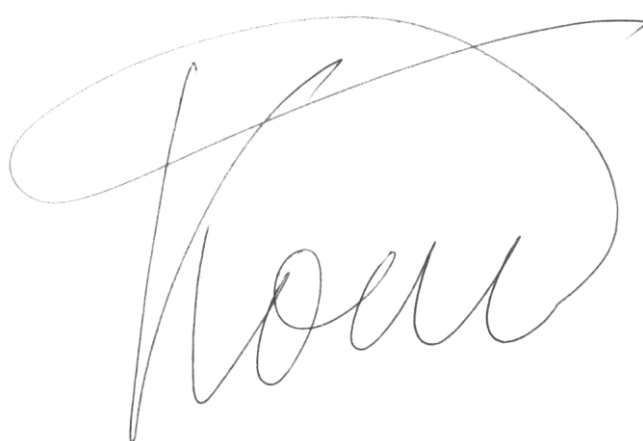
**Koshman S. A. The high-performance specialized computer environment of information processing on the basis of system of notation of residual classes. – Manuscript.**

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Scientific in 05.13.05 Speciality – Computer systems and components. – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, 2010.

Dissertation is devoted development of methods of increase of the productivity of the specialized computer facilities of treatment of information on the basis of the use of unposition code structures in the system of remaining classes.

At first on the basis of the entered special code of tabular presentation of operands, the method of digit-by-digit tabular realization of arithmetic operations, in which is developed, unlike existing, the unitary code of result of arithmetic operations is utilised each of tables, that allows to decrease the amount of the successive stages of treatment of information, that, in same queue, promotes the productivity of the specialized computer facilities; the HDL-model of the specialized computer mean got subsequent development due to additional possibility of description of functioning in the system of remaining classes, by application of method of digit-by-digit tabular realization of arithmetic operations of, which enables in number to estimate the productivity of SCEIP in SRC; a method of choice of bases of the system of remaining classes got subsequent development, which takes into account the features of digit-by-digit tabular treatment of information which enables to promote reliability of the specialized computer facilities in SRC.

**Keywords:** digital components of the computer systems, digital treatment of information, architecture of computers of the special setting, system of remaining classes, tabular method of treatment of information, HDL-model.



Відповідальний за випуск  
зав. кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій  
ХНТУСГ ім. П. Василенка  
д.т.н., проф. Фурман І. О.

Підписано до друку 29.01.2010 р. Формат 60x84/16.  
Папір офсетн. Друк – різнографічний. Умовн. друк. арк. 0,9  
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Замовлення №

---

Надруковано у СПДФО Червяк В. Є.  
**Свідоцтво № 24800170000039028 від 18.10.2000 р.**  
**61020, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 18, кв. 179**

---