Національна академія наук України
Інститут проблем математичних машин і систем

На правах рукопису

БЄЛЯЄВ Анатолій Костянтинович

УДК 681,324

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЧИСЛЕНЬ В ЕОМ ДЛЯ СИСТЕМ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАНЬ

05.13.08 - обчислювальні машини, системи та мережі, елементи і пристрої обчислювальної техніки та систем керування

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Київ - 1997

004.03

ЛННБ України ім.В.Стефаника
00738096 (X)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті пр[illegible] проблем математичних машин і систем НАН України

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук, с.н.с.
Клименко В.П.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, с.н.с.
Стрельніков В.П.

кандидат технічних наук, с.н.с.
Кургаєв О.П.

Провідна організація: Національний Технічний Університет України "КПІ"

Захист дисертації відбудеться "10" липня 1997р. о 16 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.54.02 при Інституті проблем математичних машин і систем НАН України за адресою: 252187, м. Київ, пр. Глушкова, 42

Відгуки на автореферат у двох примірниках, завірені печаткою установи, просимо надсилати за адресою: 252187, Київ 187, проспект Академіка Глушкова, 42, Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, вченому секретарю.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічному архіві Інституту проблем математичних машин і систем НАН України.

Автореферат розісланий "9" червня 1997р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради ХОДАК В.І.

Загальна характеристика роботи.

Актуальність теми. Одним з основних факторів, які впливають на продуктивність сучасних ЕОМ, є організація обчислень, керування ними і їх ефективне виконання. Численні проекти високопродуктивних машин і систем використовують принципи і засоби незалежного виконання обчислень. У цей напрямок розвитку обчислювальної техніки вкладаються значні кошти. Але проблема організації ефективних обчислень у ЕОМ до теперішнього часу не одержала задовільного вирішення. При розгляді суті проблеми організації обчислень у ЕОМ виділяються різні шляхи її дослідження. Одним з таких шляхів є розробка і дослідження абстрактних моделей ЕОМ. Найбільш перспективною і загальною моделлю дослідження обчислювальних процесів у ЕОМ є модель на базі абстрактного, нескінченого регістру, яка була запропонована В.М.Глушковим. Абстрактний регістр розглядається сумісно з системою перетворень, визначеною на ньому. Тому обчислювання на абстрактному регістрі безпосередньо пов'язані з різними системами перетворень. Для дослідження і порівняльної оцінки систем перетворень застосовуються абстрактні критерії повноти, ефективності, складності і зображенності. Відомі системи перетворень структурного опису ЕОМ не мають повноти, тому потрібен обгрунтований вибір системи перетворень для організації ефективних обчислень в моделі ЕОМ. Необхідна розробка методів та засобів її впровадження в реальних ЕОМ. Особливо гостро задача організації обчислень стоїть також у ЕОМ для натурних випробувань зразків нової техніки. Ці спеціалізовані ЕОМ призначені для обробки даних у реальному часі проведення експерименту та жорстких умовах експлуатації, тому високоефективні методи та засоби організації обчислень є необхідною умовою їх функціонування.

Метою роботи є :

розробка, обгрунтування і дослідження системи перетворень на абстрактному регістрі для побудови моделі ефективних обчислень у ЕОМ;

розробка і реалізація запропонованих методів та засобів у ЕОМ обчислювального комплексу обробки і візуалізації процесів натурних випробувань

Основними шляхами досліджень, які ведуть до вирішення задач поставленої мети, є дослідження і розробка наступних напрямків:

дослідження абстрактного регістру - універсальної моделі взаємодії елементів дискретної природи.

розробка та дослідження перетворень локальної дії, як природної форми для зображення перетворень значень змінних абстрактного регістру;

розробка і дослідження базисів в системі перетворень локальної дії;

дослідження ефективності системи перетворень локальної дії;

дослідження процесу автоматизації зображення довільних перетворень системою перетворень локальної дії;

реалізація запропонованих рішень у спеціалізованих обчислювальних комплексах обробки експериментальних даних.

Наукова новина

1. Розроблена модель ефективних обчислень в ЕОМ на основі обгрунтованого вибору системи перетворювань на абстрактному регістрі та її аналізу, відповідно з абстрактними критеріями оцінки перетворень: повноти, складності, ефективності та зображенності.

2. Розроблена система перетворювань локальної дії, яка запропонована для організації ефективних обчислень, а також для аналізу і зображення довільних перетворювань абстрактного регістру безпосередньою взаємодією його абстрактних, дискретних елементів.

3. Розроблені способи нумерації перетворень, які необхідні для відпрацювання практичних методик породження перетворень у різних системах твірних; розроблені кількістні співвідношення у півгрупі перетворювань.

4. Для складних систем обробки даних розроблена і реалізована модель обчислень для розпаралелювання структур ЕОМ, яка заснована на організації ієрархії локальної обробки даних.

Методи досліджень. Для досягнення зазначеної мети у роботі використані методи теорії дискретних перетворювачів, обчислювальних машин і їх програмного забеспечення, теорії автоматів, алгебраічної теорії півгруп, теорії системного аналізу і синтезу, теорії оптимізації.

На захист виносяться:

1. Перетворення локальної дії - засіб аналізу і зображення взаємодії елементів абстрактного регістру - універсальної моделі ЕОМ.

2. Ефективність у системі перетворень локальної дії.

3. Спосіб автоматизації процесу зображення довільних перетворень системою перетворень локальної дії і засоби організації обчислень у ЕОМ для систем натурних випробувань.

Теоретична та практична цінність роботи. Одержані автором теоретичні та практичні результати дають можливість розробки нових методів та засобів у галузі ефективних обчислень реальних ЕОМ. Так при виборі та реалізації системи перетворень в цих ЕОМ, згідно критеріїв оцінки перетворень, визначаються структурні обмеження, які необхідні для оптимізації інтегральних характеристик ЕОМ.

Результати досліджень, викладені у дисертації, були покладені в основу розробки і впровадження проблемно-орієнтованих ЕОМ та їх компонент для ряду спеціалізованих обчислювальних комплексів обробки і візуалізації процесів натурних випробувань об'єктів нової техніки, таких як "Експан", "Пірс", "Барк" та інших, виконаних у відділенні СОКС Інституту проблем математичних машин і систем НАН України.

Реалізація роботи. Дослідження і розробки, які проводились автором у дисертації, виконувались відповідно з Постановами Ради Міністрів СРСР у межах господарських договорів ІП ММС НАН України з рядом установ України та Росії. У результаті цих досліджень були розроблені і впроваджені високоефективні проблемно-орієнтовані цифрові обчислювальні комплекси для проведення комплексних натурних випробувань об'єктів нової техніки у маштабі реального часу.

Апробація роботи. Основні матеріали роботи доповідались на семінарах Наукової ради НАН України з проблеми "Кібернетика"(1975-1997р.р.), на Всесоюзних школах семінарах: "Проблемно-орієнтовані комплекси на базі ЕОМ серії Мир" (м.Київ,1978р.,1986р.) та "Паралельне програмування і високопродуктивні системи" (м.Київ,1988р).

Публікації. Основні висновки по темі роботи опубліковані в 3 - друкованих роботах та 6 авторських свідоцтвах.

Структура і обсяг роботи: Дисертаційна робота складається із Вступу, чотирьох розділів, Висновків, Списку використаної літератури. У Списку використаної літератури 25 робіт виконано за участю автора. Дисертація містить в собі 105 сторінок машинописного тексту, у тому числі 10 малюнків, 4 таблиць.

Зміст роботи.

У Вступі дається загальна характеристика роботи, обгрунтовується актуальність теми, формулюється мета та задачі роботи, приводиться перелік основних результатів і положенньь, які виносяться на захист.

У першому розділі досліджуються обчислення у ЕОМ, які зображують алгоритмічний процес виконання послідовних кроків обчислень. Ці кроки задаються елементарними перетвореннями мінімальної складності - мікрооперaціями. Розглядаючи різні засоби задання обчислень і перетворень у ЕОМ, у цьому розділі аналізуються відомі абстрактні характеристики визначення складності обчислень. Переходячи до розгляду структурної побудови ЕОМ, головна увага приділяється зображенню ЕОМ, її блоків та вузлів у вигляді упорядкованих ланцюгів елементів різної довжини, об'єднаних у регістри. Таке уявлення стосується як керуючої, так і операційної частин ЕОМ. На абстрактному рівні виявляється, що реальна ЕОМ може бути подана у вигляді єдиного ланцюга елементів, які нумеровані послідовними цілими числами. В цьому ланцюгу пристрої ЕОМ розміщені у визначених нумеруючих (підлеглих нумерації) інтервалах, утворюючих єдиний, нескінчений, абстрактний регістр. На нумеруючих інтервалах визначаються мікрооперації, які відображують перетворення множини стану цього регістру (його ділянок) самого у себе.

Для задання мікрооперації необхідно виконання умов простоти реалізації відображення, які реалізуються ними. Логічна складність при цьому є ключевою характеристикою оцінки складності таких перетворень. Універсальність ЕОМ відображає універсальний характер зв'язування її елементів та їх взаємодії, а також повноту перетворень інформації на регістрах. Тому ЕОМ зображається взаємодією її елементів, об'єднаних в упорядковану, логічну, але неоптимізовану (в розумінні організації ефективних обчислень) мережу.

З іншого боку, перетворення на регістрі виконують алфавітні оператори. Алфавітні оператори базуються на знакових комплексах, які, в свою чергу, конструюються з елементарних об'єктів, нерозкладних для цих побудов. Алфавітні оператори являють опис їх взаємодії. Ця взаємодія визначає дискретні, детерміновані процеси перетворень слів у алфавітах, які реалізуються дискретними перетворювачами. Дискретні перетворювачі адекватно подають знакові комплекси моделлю - абстрактним регістром з системою перетворень, визначеною на ньому.

Цей взаємозв'язок виявляється глибокими логічними зв'язками елементів комплексів у єдиній алгоритмічній системі, яка утворюється абстрактним регістром і перетвореннями, визначеними на ньому. В цьому виявляється універсальний характер вибраної моделі обчислень і її логічної глибини. Іншими словами, модель обчислень, у вигляді абстрактного регістру з перетворюваннями на ньому, являється логічною

системою для дослідження дискретних об'єктів довільної природи як у математиці, так і в інших застосуваннях.

Розглядаючи подальшу формалізацію поняття ЕОМ, у розділі аналізуються відомі типи і класи перетворень абстрактного регістру, зокрема, важливий для практичних застосувань клас періодично визначених перетворень. Проте, ці перетворення не мають властивості абсолютної повноти, тому не можуть розглядатися як засіб аналізу обчислень і побудови усіх перетворень на абстрактному регістрі.

У другому розділі досліджується система перетворень локальної дії. Ця система перетворень розглядається як засіб зображення довільних перетворень на абстрактному регістрі та організації ефективних обчислень в ЕОМ. Для дослідження властивостей взаємодії перетворень цього типу запроваджується базова система мікрооперацій, яка має властивість простоти. Досліджуються також властивості базової системи, як засобу побудови перетворень на абстрактному регістрі.

Перетворення на абстрактному регістрі є *локалізованими* у розряді ij, якщо ці перетворення визначаються логічним рівнянням:

$f_{i1} = a_{i1}, \ldots f_{ij-1} = a_{ij-1}, f_{ij} \neq a_{ij}, f_{ij+1} = a_{ij+1}, \ldots f_{in} = a_{in}$

де a_{ij} - змінні, які складають абстрактний регістр і визначені в деякій області P.

f_{ij} - функція переходів зі значеннями у P.

При фізичній інтерпретації перетворень, локалізованих у розряді ij, локальна дія перетворень означає зміну внутрішнього стану елемента фізичної системи, залежно від стану інших її частин. Композицією перетворень такої системи зображуються різні перетворення на абстрактному регістрі.

Результат послідовного виконання перетворень, локалізованих у розряді ij, є перетворенням локалізованим у розряді ij. До того ж, виключенням є випадок, коли перетворення, тотожнє. Властивості локальної дії мають елементи базисної множини перетворень (вони локалізовані у розрядах ij). У випадку булевого регістру базова система перетворень, описується рівняннями:

$$f_{i1}=a_{i1}, \ldots f_{ij-1}=a_{ij-1}, f_{ij}=a_{ij} + \varphi_{ij}, f_{ij+1}=a_{ij+1}, \ldots f_{in}=a_{in} \quad (1)$$

$$f_{i1}=a_{i1}, \ldots f_{ij-1}=a_{ij-1}, f_{ij}=a_{ij} \vee \varphi_{ij}, f_{ij+1}=a_{ij+1}, \ldots f_{in}=a_{in} \quad (2)$$

$$f_{i1}=a_{i1}, \ldots f_{ij-1}=a_{ij-1}, f_{ij}=a_{ij}\overline{\varphi}_{ij}, f_{ij+1}=a_{ij+1}, \ldots f_{in}=a_{in} \quad (3)$$

де f_{ij} - логічна функція значень ij розряду,

a_{ij} - двоїчна змінна, що визначена на регістрі,

$\Phi_{ij} = a_{i1}, a_{ij-1}, a_{ij+1}, a_{in}$ - логічний добуток $(n-1)$ змінних регістра за виключенням a_{ij}.

Φ_{ij} - елементарна логічна умова виконання перетворень.

Мікрооперації вигляду (1) ставляться у відповідність деякі транспозиції (k, e). Мікрооперацiям вигляду (2) і (3) ставляться відповідно підстановки $\begin{pmatrix} k & e \\ k & k \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} k & e \\ e & e \end{pmatrix}$. Ці підстановки є елементами півгрупи перетворень на регістрі, яка задана підстановками станів. Мікрооперації базової множини B мають властивість цілковитої *повноти*. Операції з логічними умовами, які виникають при виконанні одноіменних перетворень, що діють у розрядах ij, дозволяють конструювати довільні перетворення, локалізовані у розряді ij, а також здійснювать їх розклад у добуток базових перетворень.

Поряд з повними перетвореннями на абстрактному регістрі, розглядається також широкий, повний клас часткових перетворень, у яких на ряді станів регістру перетворення не визначаються. Півгрупа часткових перетворень на регістрі може розглядатися, як розширення півгрупи повних перетворень. Для утворення такої півгрупи можливо розглядати перетворення умовно розширеної множини станів, шляхом уведення додаткового, фіктивного символу стану p. Таким чином, утворюється півгрупа степені $N+2$. Впроваджуються базові часткові перетворення, які переводять деякі набори стану у невизначеність, а решта наборів збігається з тотожним.

У термінах перетворень і логічних умов ці перетворення мають вигляд R^{Φ_i}, де $\Phi_i = a_1 a_2 .. a_n$. Кожному такому перетворенню можливо поставити у відповідність деякі алгебраїчні підстановки елементів розширеної множини станів регістру. Такі підстановки мають вигляд $\begin{pmatrix} s & p \\ p & p \end{pmatrix}$, де s - елемент множини станів. Множина $B' = \{R^{\Phi_i}\} \cup B$ утворює породжувальну систему для півгрупи перетворень, включаючи часткові перетворення. При послідовному виконанні мікрооперацій R^{Φ_i} ці мікрооперації зводяться до однієї мікрооперації R^{Ψ}, де логічна умова Ψ - визначається диз'юнкцією логічних умов вихідних мікрооперацій. Множина B' має властивість цілковитої повноти на розширеній множині перетворень регістру. Довизначення часткових перетворень до повних

може відбуватися шляхом усунення символів часткових операцій з мікропрограм, які реалізуються частковими перетвореннями.

Для вивчення властивостей елементів півгрупи перетворень через їх добуток, зокрема, в базовій системі мікрооперацій, як системі твірних півгрупи перетворень, пропонується методика побудови таких добутків.

Ця методика є переліком перетворень і з'ясування співвідношень в заданій системі твірних півгрупи. Методика базується на головній операції, яка утворює півгрупу перетворень. Використовуючи співвідношення, які зв'язують елементи базової системи, можна одержувати співвідношення у системі перетворень локальної дії з метою зміни послідовності таких перетворень у мікропрограмах для одержання нових форм мікропрограм. Зображення твірних півгрупи перетворень буквами деякого довільного алфавіту у співвідношенні з запропонованою методикою дає можливість переліку усіх мінімальних зображень елементів півгрупи у заданій системі твірних.

В розглянутій моделі обчислень оцінки *складності* довільних перетворень зводяться до оцінок складності перетворень локальної дії, так як довільні перетворення зображуються перетвореннями локальної дії. Складність окремих перетворень локальної дії визначається складністю логічних функцій, які перетворюють стан вибраного локалізованого елементу регістру. Таким чином, логічні умови або їх функції визначають складність перетворень.

Іншим абстрактним критерієм оцінки перетворень є *ефективність*. Аналіз співвідношень для елементів базової системи показує, що ці елементи комутативні, коли вони є елементами, які локалізовані у розряді ij, або утримують в логічній умові їх виконання хоча б одну логічну змінну, яка входить з протилежним значенням, у випадку дії цих базових елементів у різних розрядах регістру. Розглядаються перетворення, які мають вигляд $bk = bibj = bjbi$, де $bibj$ - перетворення базової системи, або перетворення вигляду bk - утворені елементами базової системи мікрооперацій. Якщо bk -перетворення на різних ділянках регістру, тоді вважається, що перетворення bi, bj, bk мають однакову ефективність при дії множини незалежних перетворень. Внаслідок побудови множини перетворень, які задовольняють співвідношенню для bk, будується новий базис перетворень однакової ефективності (ефективний базис). Ці перетворення мають найбільшу ефективність, тобто мінімальну довжину. Перетворення, зображені в ефективному базисі, мають ефективне зображення або розклад. Перетворення ефективного базису породжують півгрупу перетворень на регістрі, так як утримують у складі базову систему мікрооперацій. Використовуючи

методику породження перетворень, можливо одержати ефективне зображення перетворень. Треба визначити, що перетворення зображені у базовій системі, утримуються в ефективному зображенні. Ці зображення утворюють мінімальні розклади ефективного зображення перетворень у базовій системі мікрооперацій.

Для підвищення ефективності зображення перетворень півгрупи системою перетворень локальної дії (керування ефективністю) застосовується операція доповнення регістру. Перетворення на доповненому регістрі формуються за рахунок часткового визначення перетворень доповненого регістру, які відповідають повним перетворенням на наборах рівних вихідному та доповненому регістра.

Наводяться оцінки довжини мікропрограм. У базовій системі довжина мікропрограми не перевищує розміру $n2^{n-1}$, де n - кількість розрядів абстрактного регістру. У ефективному базисі довжина мікропрограми не перевищує $n+1$.

У третьому розділі дається опис вибору напрямку процесу автоматизації зображення довільних перетворень системою локальної дії. Цей напрямок пов'язаний з процесом породження перетворень у довільних базисах півгрупи. Для побудови практичних методик для таких зображень розробляються системи переліку та нумерації елементів півгрупи перетворень на регістрі.

Методика породження перетворень, яка запропонована у дисертації, використовує закон композиції перетворень (їх послідовне виконання). Необхідним елементом побудови методики є базова множина розкладу перетворень. У процесі породження перетворень формуються мінімальні за довжиною еквівалентні форми, які використовуються для аналізу структурних особливостей перетворень. Ці розклади необхідно мати з мінімальною довжиною як у системі базових мікрооперацій, так і в ефективному базисі, тобто мати дослідження їх *зображеності*.

Головним завданням побудови практичних методик породження перетворень є запровадження обмежень на запропоновану методику породження перетворень для зображення конкретних перетворень у системі перетворень локальної дії або їх сукупностей. Обгрунтовується можливість запровадження таких обмежень шляхом аналізу розподілень елементів півгрупи перетворень і пошуку нових властивостей елементів півгрупи. Як вихідне розподілення, на шляху формування ознак обмежень, вибрано розклад елементів півгрупи перетворень на суміжні, непересічні класи відносно групових елементів. Потім виділяються групові елементи y, які задовольняють співвідношенню $yx_{ik} = x_{ik}$, де x_{ik} елементи

різних суміжних класів. Всі елементи y, які задовольняють цьому співвідношенню, утворюють півгрупу, що поглинається елементами вибраного суміжного класу. Відповідність підгруп і суміжних класів взаємно-однозначна. Підгрупи поріднюються транспозиціями. Відношення включення підгруп характеризують подільність елементів півгрупи перетворень. Іншими словами, підгрупи упорядковують елементи суміжних класів і, таким чином, дають можливість визначити направленнність процесу, який породжує: з точністю до класу суміжності. Подальше дослідження на шляху удосконалення методик цілеспрямованого породження пов'язане з системами нумерації елементів півгрупи перетворень. Системи нумерації звужують класи досліджуваних об'єктів, які володіють виділеними властивостями. Нумерації елементів півгрупи перетворень на регістрі здійснюються у межах подільності елементів півгрупи.

Розглянутий у розділі підхід до нумерації елементів півгрупи перетворень, грунтується на кількісних співвідношеннях, які зв'язують елементи півгрупи перетворень. Для здійснення нумерацій досліджується вибране розбиття півгрупи на суміжні класи відносно до групових елементів. Нумерації групових елементів грунтуються на теоремі Лагранжа (про порядок підгрупи деякої скінченої групи).

Відповідність підстановок і зображуючих їх номерів - взаємно-однозначна. Подальше дослідження нумерацій пов'язане з негруповими елементами симетричної півгрупи. В основі побудови лежить відрізненність r між елементами (r - складає кількість різних символів) у підстановках. Сукупності класів суміжності, отримані за результатом правостороннього розбиття негрупових елементів, мають цю характеристику. Потім проводяться дослідження оцінки потужності таких класів і нумерації елементів у цих класах. Утворений природній перелік елементів класів суміжності, зводиться до нумерації елементів класів числами, зображеними позиційною системою счислення, з вагами розрядів рівними факторіалам, що убувають (при розбитті елементів групи підстановок на факторіальні підгрупи). Організація однозначної нумерації усіх елементів симетричної півгрупи, здійснюється переліком усіх класів суміжності шляхом вибору їх представників.

Цей процес називається природним і обгрунтовується структурою елементів вибраних представників класів суміжності. Представники класів суміжності утворюють підпівгрупи відносно основної операції півгрупи перетворень. Тому для організації однозначної нумерації необхідні оцінки потужності таких підпівгруп. Ці потужності залежать від степені

підстановок і задаються системами лінійних перетворень розмірності цих множин.

Лінійне перетворення, яке описує перелік елементів відмінності r півгрупи перетворень степені m, має вигляд:

$$1 = \beta^{0}_{m-1} = \beta^{0}_{m}$$

$$2\beta^{1}_{m-1} + \beta^{0}_{m-1} = \beta^{1}_{m}$$

$$3\beta^{2}_{m-1} + \beta^{1}_{m-1} = \beta^{2}_{m}$$

.....

$$(m-2)\beta^{m-3}_{m-1} + \beta^{m-4}_{m-1} = \beta^{m-3}_{m}$$

$$(m-1)\beta^{m-2}_{m-1} + \beta^{m-3}_{m-1} = \beta^{m-2}_{m}$$

$$1 = \beta^{m-2}_{m-1} = \beta^{m-1}_{m}$$

Елементам β^{0}_{m} відповідають перетворення с $r = 1$, які переводять усі символи до 0, а елементу β^{m-1}_{m} відповідає тотожнє перетворення з $r = m$. Лінійне перетворення описує взаємозв'язок елементів відмінності r, вони зображають суміжні класи півгрупи степені m. Як розглядалось раніше, суміжним класам, а тому і їх представникам, можуть бути поставлені у відповідність деякі підгрупи породжувані транспозиціями. Умовами подільності представників суміжних класів можуть бути відношення включення підгруп відносно вибраних представників. Тоді елементам відмінності r відповідають визначені підмножини відмінності $r - 1$. Тому, виходячи з умови подільності, справа довільних елементів x_1, x_2, тобто $x_1 b_i = x_2$ відмінності $r_{x_1} \geq r_{x_2}$, де елементи b_j можуть бути вибрані як елементи системи, що утворюють півгрупи.

Для оцінки потужності множини представників суміжних класів однакової відмінності будується схема обчислення їх кількості. При нумерації підстановок, утворених у процесі природного переліку класів, символи у підстановках можуть розглядатися як значення розрядів деякої позиційної системи зі змінною вагою. Вага розрядів обчислюється з використанням виведених співвідношень. Іншими словами, визначається послідовна нумерація елементів підмножин однакової розрізненності, яка зображує суміжні класи розбиття півгрупи перетворень відносно групових елементів.

Таким чином, довільний елемент симетричної півгрупи степені m визначається парою чисел: номером суміжного класу за груповими елементами півгрупи, що містять даний елемент, і номером положення елементу у суміжному класі. Ці номери можуть утворювати параметри процесу породження перетворень.

У четвертому розділі розглядається можлива реалізація і перспективи розвитку запропонованої моделі обчислень на абстрактному регістрі.

Аналіз обчислень на абстрактному регістрі, за допомогою системи перетворень локальної дії, показує, що ефективні обчислення у ЕОМ реалізуються глибокою перебудовою і розпаралеленням структур реальних ЕОМ. Такі перетворення можливо здійснити у двох напрямках:

- подальшого дослідження і розробки моделі ЕОМ шляхом автоматизації процесу породження перетворень регістру і побудови універсальних і ефективних перетворювачів на їх основі;

- перебудови і оптимізації структур сучасних ЕОМ у межах блочного розбиття ЕОМ на відомі складові на основі аналізу моделі обчислень на абстрактному регістрі.

Розглядається другий напрямок, який веде до реалізації ефективних обчислень, стосовно до складних спеціалізованих систем обробки інформації, зокрема, до системи автоматизації натурного експерименту. Уточнення задач, рекомендації до структурної організації системи розглядаються з позиції розробки компонент, що впливають на продуктивність такої системи обробки даних. Визначаються напрямки їх глибокої структурної перебудови. Розробка компонент виконується для багатоканальної системи обробки і візуалізації процесів натурного експерименту.

Проведено аналіз особливостей обробки і візуалізації процесів натурних випробувань. Візуалізація розглядається як процес відображення або візуального зображення інформації при проведенні натурного експерименту, людиною - оператором засобами автоматизованих обчислювальних комплексів.

Аналіз задач випробувань визначає місце візуалізації у загальних етапах обробки експериментальних даних. При цьому виділяється головна особливість функціонування засобів візуалізації і обробки - відображення процесів випробувань у реальному часі експерименту. Формулюються вимоги до ЕОМ та технічних засобів обробки і візуалізації процесів натурних досліджень, функціонуючих у реальному масштабі часу. Проте аналіз комплексу вимог до системи обробки і візуалізації виявляє їх суперечний характер

висока інформативність візуального зображення даних експерименту і вимоги по обмеженню габаритів і високої надійності системи;

формування телевізійних зображень високої роздільної здатності і одержання твердих копій результатів у процесі експерименту;

багатоканальність, наявність множини каналів експериментів, відео даних у широкому спектрі частот, вимоги уніфікації каналів та інше.

Реалізація суперечних вимог досягається розмежуванням функцій, виділенням каналів обробки, її ефективної організації, а також шляхом концентрації обчислювальних, керуючих і запам'ятовуючих засобів. Цей процес з точки зору реалізації уявляється організацією ***ієрархії локальної*** обробки, її подальшій глибокій оптимізації.

У цьому зв'язку, аналіз вимог до системи обробки і візуалізації процесів натурного експерименту приводить до необхідності детального дослідження та розробки логічної організації технічних засобів як системи у цілому, так і компонет комплексу високої продуктивності. Розробка компонет здійснюється у межах основного розбиття ЕОМ на операційну і керуючу частини і відноситься до побудови:

операційних пристроїв у складі спеціалізованих процесорів, реалізованих на базі перетворень локальної дії;

високоефективних мікропрограмних пристроїв керування з можливістю аналізу переходів і виробки керуючих сигналів за множиною логічних умов;

оперативної пам'яті зі змінним форматом даних для здійснення незалежного паралелизму в обробці;

систем комутації множини потоків даних, які проходять у багатоканальній системі обробки даних натурних досліджень та спеціалізованих пристроїв комплексу.

Глибокі структурні перетворення операційних блоків безпосередньо пов'язані з зображенням алгоритмів у вигляді перетворень локальної дії. Розглянуті нові реалізації простих арифметичних пристроїв (множення на 3, пристрій для обчислення функції $\sum_{i=1}^{x} i$, пристрій піднесення до квадрату) одержані в результаті перебудови відомих арифметичних перетворювачів, утворених на основі операції складання. Мікрооперації цих пристроїв описуються періодично визначеними перетвореннями компактної форми, які не мають підсумовуючої логіки в явному вигляді.

Перетворення операційної частини ЕОМ і її широкі функціональні можливості підтримуються засобами мікропрограмування. Особливістю мікропрограмних пристроїв управління систем реального часу є

швидкісна реакція на множину логічних умов, які визначають хід обчислювального процесу у ЕОМ. Швидкісна реакція реалізується за допомогою розробки механізмів розгалужень. Пам'ять таких пристроїв виконує функції шифраторів керуючих сигналів операційних пристроїв. Зі збільшенням множини умов формувачі керуючих сигналів перетворюються у комбінаційну мережу.

Збільшення ефективності обчислень у системі обробки і визуалізації даних натурного експерименту, рішення задач багатоканальної обробки, торкається також питань перебудови оперативної пам'яті. Підтримка паралельної, розподіленої обробки здійснюється засобами оперативної пам'яті зі змінним форматом даних.

При високій швидкодії елементів пам'яті канали паралельного обміну та швидкісної обробки даних формують зображення телевізійних пристроїв комплексу. Робота зі словами змінної довжини організується з урахуванням типу формату даних. Кожному циклу роботи пам'яті відповідає свій формат. Перебудова форматів пам'яті вирішує задачу узгодження пристроїв різної продуктивності і забезпечується системою комутації пам'яті. Пам'ять зі змінним форматом дуже близько реалізує абстрактну модель ЕОМ.

Наступним рівнем локалізації обробки і розподілу потоків даних є комутація каналів багатоканальної системи обробки та візуалізації. У основі такої комутації лежить генерація конфігурації для розподілу потоків даних у експериментах та випробуваннях.

Для гнучкої перебудови структури управління потоками даних розроблена та досліджена комутаційна система розподілу та переключення даних. Система утворюється об'єднанням однотипних каналів, в яких здійснюється збір, обробка та візуалізація експериментальних даних, і вона являє собою комутаційний процесор розподілу та фіксації комутаційних зв'язків у різноманітних режимах обробки.

Обчислення багатоканального комплексу обробки та візуалізації даних утворюються взаємодією його розроблених компонент, утворюючи локальні обчислення різних рівнів.

Для складних систем обробки даних модель обчислень складається з реалізації ієрархії локальної обробки, яка може утворюватись із зображення перетворень в складних знакових комплексах.

Локальна ієрархія ефективна для обчислювальних засобів з функціональною орієнтацією на класи задач з обмеженнями у часі та просторі.

Перспективи розвитку моделі обчислення на абстрактному регістрі пов'язані з загальною реалізацією алфавітних операторів та організацією локальної обробки даних, необхідних для побудови ефективної ЕОМ. Глибока подальша оптимізація ЕОМ лежить на шляху породження перетворень абстрактного регістру і дослідження особливостей структурної побудови перетворень та їх класів. Таким чином, розвиток моделі обчислень на абстрактному регістрі безпосередньо пов'язаний з новими технологіями обробки даних.

Основні результати та висновки

Загальним результатом роботи є розробка та дослідження моделі ефективних обчислень в ЕОМ, на базі якої автором були розроблені методи та засоби підвищення ефективності обчислень ЕОМ для вирішення задач натурних випробувань об'єктів нової техніки. У межах вирішення цієї задачі одержані наступні окремі результати:

1. Розроблена та досліджена система перетворень локальної дії в різних елементах абстрактного регістру на основі абстрактних критеріїв оцінки перетворень: повноти, ефективності, складності та зображенності.

2. Розроблена методика та принципи зображення різних перетворень на абстрактному регістрі системою перетворень локальної дії шляхом введення базових множин мікрооперацій як засобу аналізу та синтезу перетворень.

3. Розглянутий та досліджений новий підхід до побудови ефективних зображень перетворень шляхом формування ефективного базису, утвореного комутативними перетвореннями локалізованими в різних елементах регістру.

4. Розроблений та досліджений метод породження перетворень та пошуку співвідношень в півгрупі перетворень на абстрактному регістрі, а також критерії для оцінки цілеспрямованого породження перетворень в довільних системах твірних.

5. Розроблені та досліджені способи нумерації перетворень, які необхідні для відпрацювання практичних методик породження перетворень у різних системах твірних. Для побудови систем нумерацій розроблені кількісні співвідношення в півгрупі перетворень.

6 Для складних систем обробки даних розроблена і реалізована модель обчислень для розпаралелювання структур ЕОМ, яка заснована на організації ієрархії локальної обробки даних.

7 Розроблені та досліджені компоненти ЕОМ для комплексу обробки та візуалізації процесів натурних випробувань.

8. Розроблені методи та засоби підвищення ефективності обчислень в ЕОМ впроваджені в комплексах багатоканальної обробки і візуалізації процесів натурного експерименту "Експан", "Курс", "Кросс 1,2", "Пірс", "Барк" та інших. ЕОМ "Еталон" впроваджена в серійне виробництво на заводі "Еталон" у м. Мінську.

Основний зміст дисертації викладений та опублікований у таких працях.

1. Беляев А.К. Базовая система микроопераций и ее применение. Кибернетика. - 1972. - N2. - С.71-76.

2. Беляев А.К. Об ефективности преобразований на регистре. Кибернетика. - 1973. - N5. - С.24-25.

3. Беляев А.К. О нумерации элементов симметрической полугруппы. Кибернетика и системный анализ. - 1997. - N1. - С.46-53.

4. А.с. 744570 СССР, МКИ G06F7/52. Устройство для умножения на три./ Беляев А.К.,Корниенко Г.И., Ткаченко В.В. - Опубл. 30.06.80.,Бюл. N14. (Автором запропонована методика синтезу логічних рівнянь пристрою).

5 А.с. 947855 СССР, МКИ G06F7/552. Устройство для вычисления функции $\sum_{i-1}^{x} i$./ Беляев А.К., Корниенко Г.И., Ткаченко В.В. - Опубл. 30.07.82., Бюл. N28. (Автором запропонована методика синтезу логічних рівнянь пристрою).

6. А.с. 1151955 СССР, МКИ G06F7/552. Устройство для возведения в квадрат./ Беляев А.К., Корниенко Г.И., Ткаченко В.В. - Опубл. 13.04.85. БЮЛ. N15. (Автором запропонована методика синтезу логічних рівнянь пристрою).

7. А.с. 1091160 СССР, МКИ G06F9/22. Микропрограммное устройство управления./ Беляев А.К.,Корниенко Г.И., Яровая Н.В., Мудла Б.Г. - Опубл. 07.05.84. Бюл. N17. (Автором запропонований спосіб реалізації галужень).

8. А.с. 887678 СССР, МКИ G11M11/00. Запоминающее устройство с переменным форматом данных./ Беляев А.К., Горша Л.Е., Гриценко В.И., Мудла Б.Г. - Опубл. 07.01.83. Бюл. N1. (Автором запропонований спосіб розподілення та комутації даних у пам'яті).

9. А.с. 713493 СССР, МКИ H03K17/04. Коммутационная система./ Беляев А.К., Берников В.Ф., Дианов В.И., Корниенко Г.И., Мудла Б.Г. Не

подлежит опубликованию в открытой печати. (Автором запропонований спосіб комутації та розподілення даних у каналах обробки і візуалізації).

Беляев А.К. **Исследование и разработка методов и средств повышения эффективности вычислений в ЭВМ для систем натурных испытаний.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08. - вычислительные машины системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления. Институт проблем математических машин и систем. НАН Украины, Киев, 1997.

Защищается 3 научных и 6 авторских свидетельств, содержащих научно-практические результаты исследований в области повышения эффективности вычислений в ЭВМ для системы натурных испытаний. Предложенный подход основывается на результатах анализа модели ЭВМ - абстрактного регистра и определенной на нем системы преобразований. Система преобразований локального действия, предложенная для анализа, рассматривается с позиции абстрактных критериев оптимизации полноты, сложности, эффективности и представимости. Технические средства и компоненты ЭВМ разрабатываются для вычислительного комплекса обработки и визуализации процессов натурных испытаний.

Belyayev A.K. **Researching and Developing Methods and Facilities of Comutations Efficiency Rising in Electronic Computers for Full-Scole Test.**

Dissertation for competition of the academic degree of the Engineering Science Candidate on speciality 05.13.08 - Computers, systems and nets, elements and devices of computer technics and control systems. The Institute for Problems of the Mathematical Machine and systems NAS Ukraine, Kiev, 1997.

3 scientific and 6 author's certificates containing the scientific and practical results of researching in the field of computations efficiency rising in Electronic computers for the full-scale tests system. The proposed approach is based on the electronic computers model analysis results-the abstract register and the system of transformations defined on it. The system the local action transformations proposed for the analysis is considered from the position of abstract criteria of complexity, efficiency, representability and completeness optimization. The electronic computer hardware and components are developed for the computational comlex of processing and visualizing the full-scale tests processes.

Ключові слова: абстрактний регістр, ефективність обчислювань, перетворення на регістрі, породнення перетворень

AB 38.258