

Исследовано упруго-равновесное состояние пластинчатого элемента конструкции, ослабленного криволинейным отверстием, который находится под действием сосредоточенных силовых факторов. Для решения поставленной задачи использован аппарат аналитических функций и построена аналитическая функция, согласно которой осуществляется конформное отображение внешности криволинейного отверстия на внешность кругового. Такой подход в исследовании обусловил возможность получения замкнутого, аналитического решения задачи. Получены формулы комплексных потенциалов, по которым определено распределение концентрации напряжений в зависимости от геометрических характеристик криволинейного отверстия и интенсивности напряжений в зависимости от раскрытия трещины.

**Ключевые слова:** упругое состояние, предельно равновесное состояние, пластинчатый элемент конструкции, конформное отображение, распределение концентрации и интенсивности напряжений, равномерное давление, сосредоточенные силы.

**Dumanskyu O.I., Bekas B.O., Protsyk Yu.S. Elastic and Extremely Equilibrium Condition of Construction's Laminar Element with a Curved Hole under the Action of Concentrated Powers**

Elastic and extremely equilibrium condition of construction's laminar element, weakened by curved hole, which is located under the influence of concentrated power factors was analysed. To solve this problem, apparatus of analytical functions was applied and analytical function was built, according to which the conformal mapping of the curved hole exterior on the exterior of the circular hole. This approach led to the opportunity to get a closed, analytical solution of the problem. The research resulted in receiving formulas of complex potentials, which define the stress distribution depending on geometrical characteristics of curved hole and stress intensity depending on crack opening.

**Keywords:** elastic, extremely equilibrium condition, construction's laminar element, conformal mapping, stress distribution and stress intensity, uniform pressure, concentrated powers.

УДК 621.518

**АЛГОРИТМИ ТА ПАРАЛЕЛЬНІ СТРУКТУРИ СОРТУВАННЯ ДАНИХ МЕТОДОМ ВСТАВКИ**

*І.Г. Цмоць<sup>1</sup>, В.Я. Антонів<sup>2</sup>*

Сформовано вимоги і вибрано інтегрований підхід до розроблення НВІС-пристроїв сортування чисел, який охоплює розроблення паралельних алгоритмів сортування масивів чисел методом вставки та нових НВІС-структур пристроїв для їх реалізації. Удосконалено алгоритми сортування масивів чисел методом вставки, розроблено узгоджені потокові графи алгоритмів сортування масивів чисел методом вставки, особливістю яких є можливість змінювати інтенсивність сортування чисел вибором кількості каналів і розрядності надходження чисел. Синтезовано паралельні і паралельно-потоккові НВІС-структури сортування чисел методом вставки та визначено їх швидкодію.

**Ключові слова:** сортування чисел, метод вставки, НВІС-структури, потоковий граф, паралельні алгоритми.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій намітилась тенденція до нагромадження великого обсягу інформації в базах даних. Однією з основних операцій роботи з інформацією у таких базах даних є сортування, яке потребує приблизно 40 % від загального часу роботи з

базами даних. Основними шляхами підвищення швидкодії операції сортування є розпаралелювання процесу сортування як у просторі, так і часі та його апаратна реалізація з використанням сучасної елементної бази – надвеликих інтегральних схем (НВІС). Апаратна реалізація операції сортування потребує вдосконалення наявних методів, розроблення нових паралельних алгоритмів і структур сортування масивів даних, орієнтованих на НВІС-реалізацію. Для найповнішого використання переваг сучасної інтегральної технології під час розроблення таких алгоритмів і НВІС-структур потрібно, щоб вони відповідали таким вимогам:

- були добре структурованими з детермінованим переміщенням даних;
- реалізовувались на базі однотипних операцій з регулярними та локальними зв'язками;
- мали мінімізовану кількість виводів інтерфейсу;
- широко використовували конвеєризацію та просторовий паралелізм.

З огляду на це, особливої актуальності набуває проблема розроблення нових паралельних алгоритмів і структур, орієнтованих на НВІС-реалізацію.

**Аналіз публікацій.** За результатами аналізу літератури [1-11] з'ясовано, що для паралельної НВІС-реалізації найбільше підходять методи сортування чисел підрахунком, витісненням, злиттям і вставкою. У [5] показано, що одно-ріднішими та орієнтованими на апаратну реалізацію є алгоритми сортування чисел, які не потребують їх одночасного порівняння. До таких алгоритмів відносять алгоритми сортування чисел методом вставки, де процес попарного порівняння чисел об'єднаний з їх перестановкою. Особливістю алгоритмів сортування методом вставками є те, що в них визначають не "числа для місць", а "місця для чисел". Базовими операціями алгоритмів сортування методом вставки є попарне порівняння чисел та їх перестановка. Збільшення кількості одночасно виконуваних таких базових операцій зменшує час сортування масиву чисел. Зі сімейства цих алгоритмів для НВІС-реалізації найбільш підходить алгоритм прямих вставок, оскільки він є добре структурованим з детермінованим переміщенням даних. Для реалізації цього алгоритму, залежно від вимог конкретного застосування, можуть бути синтезовані різні НВІС-структури пристроїв сортування чисел, які відрізняються як організацією процесу сортування, так і за технічними параметрами [5].

З аналізу публікацій [1-11] випливає, що зменшення часу сортування масиву чисел вимагає розроблення нових алгоритмів сортування та методів просторово-часового перетворення їх у паралельні НВІС-структури.

**Формування мети дослідження.** Метою роботи є вдосконалення алгоритмів сортування масивів чисел методом вставки, розроблення їх узгоджених поточкових графів, синтез паралельних і паралельно-поточкових НВІС-структур сортування чисел методом вставки.

**Основна частина**

**Розроблення узгоджених поточкових графів алгоритмів сортування чисел методом вставки.** Розроблення високошвидкісних паралельних структур сортування масивів чисел методом вставки пропонуємо здійснювати з вико-

<sup>1</sup> проф. І.Г. Цмоць, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> аспір. В.Я. Антонів – НУ "Львівська політехніка"

ристанням інтегрованого підходу, який охоплює розроблення паралельних алгоритмів сортування масивів чисел методом вставки та нових НВІС-структур пристроїв для їх реалізації.

Для оцінки обчислювальних і структурних характеристик алгоритмів сортування чисел методом вставки використаємо їх подання у вигляді узгодженого потокового графу  $F=(\Phi, \Gamma)$ , де:  $\Phi=\{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$  – множина функціональних операторів (базових операцій сортування);  $\Gamma$  – закон відображення зв'язку між базовими операціями [5, 6, 11]. Узгоджений потоковий граф сортування графічно відображається у вигляді вершин, що відповідають базовим операціям сортування  $\Phi_i$  та дуг, які відображають зв'язки між операторами. Особливістю такого подання алгоритму сортування є можливість знаходження оптимальних просторово-часових рішень для переходу від графу до структури.

Для переходу від алгоритмів сортування до НВІС-структури з високою ефективністю використання обладнання пропонуємо алгоритми подавати у вигляді узгодженого потокового графу. Процес розроблення узгодженого потокового графу сортування здійснюється за чотири етапи: декомпозиція алгоритму сортування чисел; формування каналів обмінів між базовими операціями; укрупнення базових операцій; планування процесу сортування чисел [11].

На етапі декомпозиції алгоритм сортування масивів чисел методом вставки  $\Phi$  розбивається на базові операції  $\Phi_{ji}(i=1, \dots, m; j=1, \dots, m-1; m$  – кількість чисел у масиві), між якими устанавлюються зв'язки, що відповідають алгоритму сортування. Використання методу функціональної декомпозиції забезпечує відображення структури алгоритму сортування масивів чисел методом вставки у вигляді граф схеми на рівні базових операцій.

Сортування масиву чисел  $\{a_i\}_1^m$  методом вставки полягає в отриманні нового масиву чисел  $\{b_i\}_1^m$ , який складається із чисел  $a_i$ , переставлених у потрібному порядку. Сортування масиву чисел  $\{a_i\}_1^m$  методом вставки полягає в тому, що масив розбивається на дві частини: відсортовану та невідсортовану. Спочатку відсортована частина містить тільки перше число  $a_1$ , яке само по собі є впорядкованим. На кожному  $j$  кроці сортування беремо  $a_{i+1}$  число з невідсортованої частини та вставляємо його до відсортованої частини так, щоб вона не втратила впорядкованості.

Базова операція  $\Phi_{ji}$  алгоритму сортування масиву чисел  $\{a_i\}_1^m$  методом вставки зводиться до виконання двох елементарних операцій: попарного порівняння числа  $a_{i+1}$  з  $i$ -м числом  $b_{ji}$  відсортованої частини та перестановки чисел. Парне порівняння чисел здійснюємо так:

$$y_{ji} = \begin{cases} 0, & \text{при } a_{i+1} > b_{ji} \\ 1, & \text{при } a_{i+1} \leq b_{ji} \end{cases} \quad (1)$$

Результати попарного порівняння числа  $y_{ji}$  використовують для перестановки чисел і формування виходу базової операції згідно з таким виразом:

$$b_{ji} = \begin{cases} b_{(j-1)i-1}, & \text{коли } y_{j(i-1)} = y_{ji} = 0 \\ a_{i+1}, & \text{коли } y_{j(i-1)} = 1, y_{ji} = 0 \\ b_{(j-1)k}, & \text{коли } y_{j(i-1)} = y_{ji} = 1 \end{cases} \quad (2)$$

де:  $b_{(j-1)i-1}, b_{(j-1)i}$  – числа з виходів відповідно  $\Phi_{(j-1)i-1}, \Phi_{(j-1)i}$ ;  $Y_{j(i-1)}$  – результат порівняння з виходів  $\Phi_{j(i-1)}$ .

На етапі формування каналів обмінів між базовими операціями визначається структура та розрядність каналів обміну даними між базовими операціями сортування  $\Phi_{ji}$ . Для цього виконується перехід від граф схеми алгоритму сортування методом вставки до потокового графу, в якому здійснюється просторово-часове розміщення і закріплення базових операцій  $\Phi_i$  за ярусами. Структура каналів обміну визначається кількістю каналів і розрядністю надходження даних у кожному ярусі та між сусідніми ярусами. Потоковий граф алгоритму паралельного сортування методом вставки наведено на рис. 1, де  $\Phi_{ji}$  – функціональний оператор попарного порівняння та перестановки даних.

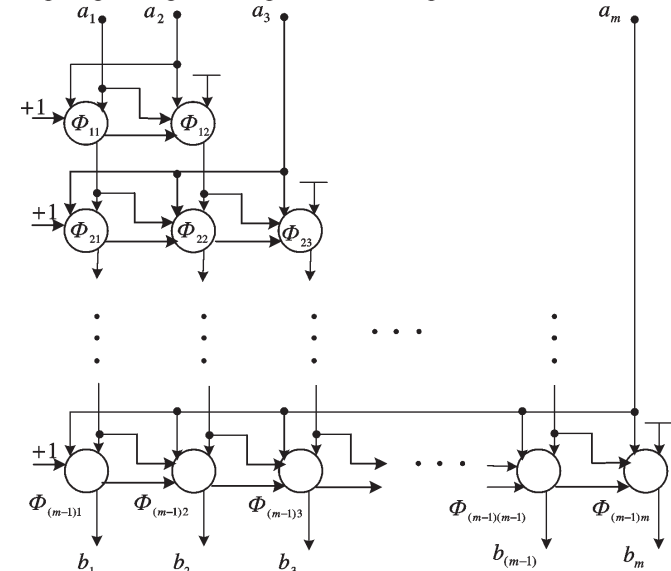


Рис. 1. Потоковий граф алгоритму паралельного сортування чисел методом вставки

Потоковий граф алгоритму паралельного сортування методом вставки масиву із  $m$  чисел має висоту  $h=m-1$ , ширину  $L=m$ . Складність паралельного алгоритму сортування чисел методом вставки дорівнює  $R=(m^2+m)/2-1$  базових операцій. За результатами перших двох етапів розробки можна оцінити інтенсивність сортування масивів даних  $D_c$ , яку можна отримати при апаратній реалізації потокового графу сортування. Вихідними даними для визначення інтенсивності сортування  $D_c = mn / T_k$  масивів даних є:

- кількість каналів сортування даних  $m$  і їх розрядність  $n$ ;
- конвеєрний такт сортування  $T_k$ , який визначається часом виконання базової операції  $\Phi_{ji}$  та швидкістю елементарної бази.

Для оцінки узгодженості інтенсивності надходження чисел  $P_d=mn_d$  ( $m$  – кількість каналів надходження чисел,  $n_d$  – розрядність чисел) із інтенсивністю сортування  $D_c$  вводиться коефіцієнт узгодженості, який визначається як

$L = \lceil P_d / D_c \rceil$ , де  $\lceil \cdot \rceil$  – знак округлення до більшого цілого. Коефіцієнт узгодженості  $L$  може бути  $L = 1$ ,  $L > 1$  та  $L < 1$ . Коли  $L = 1$ , то розроблений граф сортування даних є узгодженим і його апаратна реалізація забезпечує високу ефективність використання обладнання.

Якщо  $L > 1$ , то розроблений граф сортування не є узгодженим і для його узгодження потрібно збільшувати інтенсивність сортування  $D_c$ . Підвищення інтенсивності сортування  $D_c$  може бути досягнуте шляхом збільшення кількості каналів сортування даних  $m$  і їх розрядності  $n$  або зменшення складності базової операції  $\Phi_{ji}$ . Якщо зміною перерахованих параметрів не вдається досягнути потрібної інтенсивності сортування  $D_c$ , тоді підвищення інтенсивності сортування  $D_c$  досягається за рахунок паралельної реалізації  $L$  графів.

Третій етап проектування, який зводиться до укрупнення операцій шляхом об'єднання функціональних операторів  $\Phi_{jk}$   $i$  каналів передачі даних як у межах ярусу, так і між ярусами. Цей етап використовується для випадку  $L < 1$ , тобто, коли потрібно зменшити інтенсивність сортування  $D_c$ . Граф сортування, який отримаємо внаслідок такого об'єднання, будемо називати конкретизованим потоковим графом. Етап укрупнення тісно пов'язаний з етапом планування процесу сортування.

Четвертий етап планування процесу сортування зводиться до збереження інформації про структуру потокового графу алгоритму сортування. На цьому етапі виконується планування процесу сортування, визначаються величини затримок і перестановки даних. Для відтворення процесу сортування даних у конкретизований потоковий граф вводяться оператори управління, затримки та перестановки даних. Розглянемо можливі три основні варіанти укрупнення операцій (об'єднання функціональних операторів) для отримання конкретизованого потокового графу сортування даних.

Першим із варіантів отримання конкретизованого графу сортування чисел методом вставки є його лінійна проекція на горизонтальну вісь  $X$ . У цьому випадку укрупнення базових операцій здійснюється між'ярусними об'єднаннями як функціональних операторів, так і каналів передачі чисел. Проекцію потокового графу алгоритму паралельного сортування методом вставки масиву на горизонтальну вісь  $X$  для  $m$  чисел наведено на рис. 2, де:  $\Phi_i$  – функціональний оператор попарного порівняння та перестановки даних;  $\Phi_{МЗП}$  – макрооператор затримки та перестановки;  $\Phi_{МУ}$  – макрооператор управління.

Складність цього алгоритму дорівнює  $R = (m)$  базових операцій. Оцінка інтенсивності сортування масивів даних для лінійної проекції на горизонтальну вісь  $X$  дорівнює  $D_c = n / T_k$ , де  $n$  – розрядність чисел сортування.

Другим варіантом отримання конкретизованого потокового графу сортування чисел методом вставки є його лінійна проекція на вертикальну вісь  $Y$ .

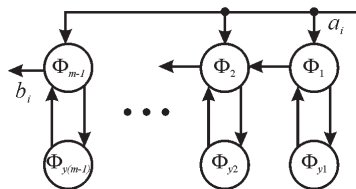


Рис. 2. Лінійна проекція графу алгоритму сортування чисел методом вставки на горизонтальну вісь  $X$

У цьому випадку укрупнення операцій здійснюється об'єднанням функціональних операторів  $i$  каналів передачі даних у межах ярусу. Внаслідок такого укрупнення операцій отримуємо конкретизований потоковий граф з одним каналом передачі чисел.

Проекцію потокового графу алгоритму паралельного сортування методом вставки на вертикальну вісь  $Y$  наведено на рис. 3, де:  $\Phi_1 - \Phi_{m-1}$  – базові операції;  $\Phi_{y1} - \Phi_{y(m-1)}$  – оператори управління. Складність цього алгоритму дорівнює складності алгоритму, наведеному на рис. 2. Реалізація таких алгоритмів забезпечує однакову інтенсивність сортування.

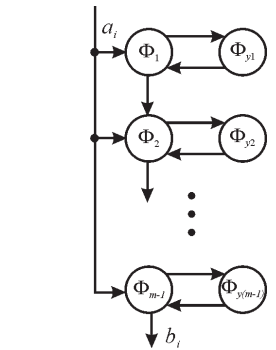


Рис. 3. Лінійна проекція графу сортування чисел на вертикальну вісь  $Y$

Третій варіант отримання конкретизованого графу сортування чисел методом вставки зв'язаний з підвищенням інтенсивності сортування масивів чисел, яке досягається збільшенням кількості каналів надходження чисел. Цей варіант конкретизованого графу є паралельно-потоковим і отримується шляхом лінійної проекції на вертикальну вісь  $Y$ . Паралельно-потоковий граф сортування масиву чисел наведено на рис. 4, де:  $\Phi_c$  – оператор сортування;  $\Phi_1 - \Phi_m$  – оператори порівняння;  $\Phi_{y1} - \Phi_{ym}$  – оператори управління;  $\Phi_{k1} - \Phi_{km}$  – оператори комутації.

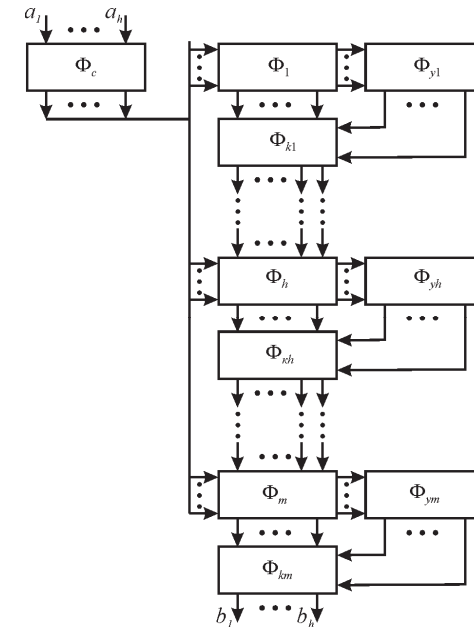


Рис. 4. Паралельно-потоковий граф сортування масиву чисел

Складність паралельно-поточкового графу алгоритму сортування масиву чисел дорівнює  $R = (mh)$  базових операцій. Оцінка інтенсивності паралельно-поточкового сортування масиву чисел дорівнює  $D_c = hn / T_k$ . Основним шляхом підвищення інтенсивності паралельно-поточкового сортування масиву чисел є збільшення кількості каналів.

**Синтез паралельних і паралельно-поточкових НВІС-структур для сортування масивів чисел методом вставки.** Синтез паралельних засобів сортування масивів чисел методом вставки будемо здійснювати з використанням відомого методу адекватного апаратного відображення структури графів алгоритмів. У разі використання цього методу кожному оператору ставляться у відповідність апаратні засоби, які його реалізують [5]. Синтезовані Отже, паралельні засоби сортування масивів чисел є алгоритмічними. У таких засобах алгоритм сортування реалізується за надходження чисел із входів на вихід. За режимами роботи алгоритмічні засоби ділять на синхронні та асинхронні.

Процес синтезу паралельних засобів сортування масивів чисел є багаторівневим та ітераційним, який передбачає аналіз характеристик, повернення назад і перегляд раніше прийнятих рішень.

Синтез матричного пристрою сортування чисел методом вставки здійснюється з використанням поточкового графу, наведеного на рис. 1. Для отримання матричного пристрою сортування кожному функціональному оператору  $\Phi_{ji}$  у відповідність ставиться процесорний елемент (ПЕ), а лініям зв'язку – канали передачі даних. Структура ПЕ, які реалізують функціональний оператор, визначається розрядністю надходження чисел. На рис. 5 наведено дві структури ПЕ: з паралельним (а) і порозрядним надходженням розрядів (б), де:  $T_2$  – тригер;  $K_m$  – комутатор; СП – схема порівняння; ПІ – вхід тактових імпульсів;  $R$  – вхід скиду в нуль.

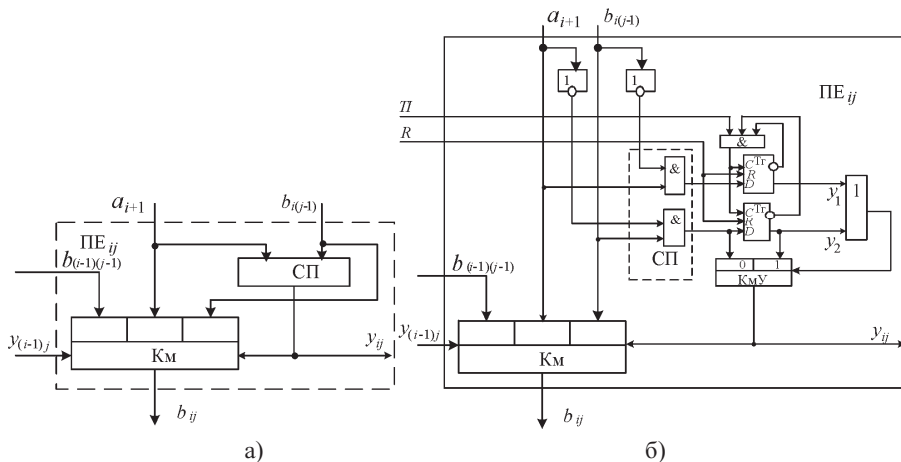


Рис. 5. Структура ПЕ матричних пристроїв сортування чисел: а) з паралельним надходженням всіх розрядів; б) з порозрядним надходженням

У ПЕ (див. рис. 5, а) числа надходять паралельним кодом і їх порівняння здійснюється за один такт, а у ПЕ (див. рис. 5, б) числа надходять порозрядно і для їх порівняння потрібно  $n$  тактів, де  $n$  – розрядність чисел. Формування сигналу порозрядного порівняння  $y_{ij}$  в ПЕ (див. рис. 5, б) здійснюється СП, яка реалізована на двох елементах І. Результати попереднього порівняння  $y_1$  і  $y_2$  зберігаються в тригерах, запис в які блокується лог.0 з інверсних виходів цих тригерів. Перед початком сортування нового масиву чисел ці тригери встановлюються в нуль.

Для зміни інтенсивності сортування пропонується використовувати вертикально-групове надходження і порівняння чисел, розрядність яких може бути  $1 < p < n$ . Проекцію поточкового графу алгоритму сортування методом вставки на горизонтальну вісь  $X$  (див. рис. 2) доцільно використовувати для реалізації на графічному процесорі. Сортування масиву із  $m$  чисел виконується за  $m$  тактів.

Для апаратної реалізації однохідного поточкового пристрою сортування використаємо проекцію графу алгоритму сортування методом вставки на вертикальну вісь  $Y$  (див. рис. 3). Однохідна потокова структура пристрою сортування чисел реалізуються на базі послідовно з'єднаних  $(m-1)$  ПЕ. Структуру  $j$ -о ПЕ наведено на рис. 6, де:  $P_2$  – регістр;  $T_2$  – тригер;  $K_m$  – комутатор; СП – схема порівняння; ПІ – тактові імпульси;  $R$  – скид (рис. 6).

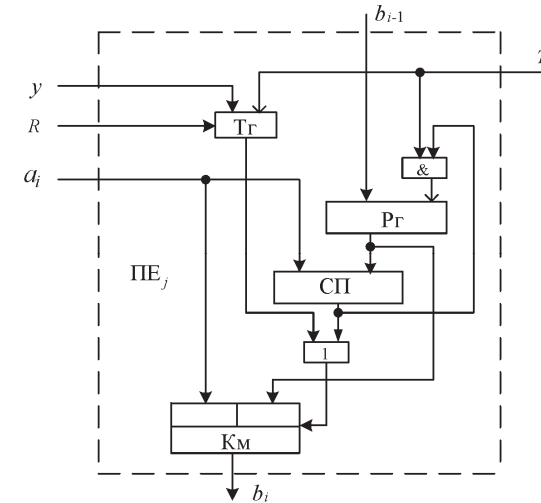


Рис. 6. Структура ПЕ однохідного поточкового пристрою сортування чисел

Особливістю цього пристрою сортування є суміщення в часі процесу сортування одного масиву чисел з виводом другого. Однохідний потоковий пристрій сортування чисел працює за конвеєрним принципом з тактом рівним  $T_k = t_{P_2} + t_{СП} + t_{K_m}$ , де  $t_{P_2}$ ,  $t_{СП}$  і  $t_{K_m}$  – час затримки відповідно регістра, схеми порівняння і комутатора. Сортування масиву із  $m$  чисел у цьому пристрої виконується за  $m$  тактів.

Зменшити час сортування даних можна шляхом збільшення кількості каналів надходження чисел. Для реалізації такого підходу потрібно синтезувати

багатоканальний паралельно-потоківий пристрій сортування чисел, який апаратно відображає проекцію потокового графу алгоритму сортування на вертикальну вісь  $Y$  (див. рис. 4). Такий пристрій синтезується на базі  $ПЕ$ , схему якого наведено на рис. 7, де  $ВК$  – вузол керування.

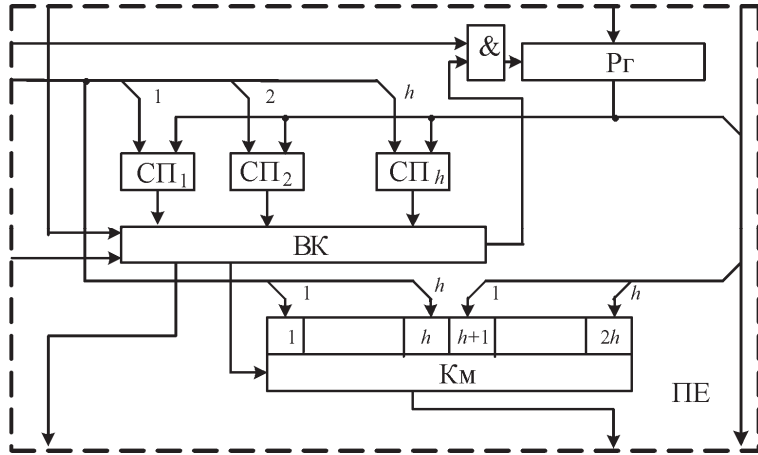


Рис. 7. Схема процесорного елемента  $ПЕ$  пристрою паралельно-потоківий сортування чисел

На основі методу вставки розроблений паралельно-потоківий алгоритм сортування масиву із  $m$ , який передбачає в кожному такті на основі порівняння включення нової групи чисел  $\{a_{pr}\}_{r=1}^h$ , де  $p=1, \dots, k, k=m/h$ , до раніше відсортованих чисел масиву  $\{b_g\}_{g=1}^{(p-1)m}$ . Базова операція паралельно-потоківий алгоритму сортування методом вставки виконується у два етапи. На першому етапі шляхом одночасного попарного порівняння числа  $b_g$  з кожним числом групи  $\{a_{pr}\}_{r=1}^h$ , визначається кількість чисел більших  $Q_{g\sigma}$  цього числа. Значення  $Q_{g\sigma}$  обчислюється так:

$$Q_{g\sigma} = \sum_{r=1}^h y_r, \text{ де } y_r = \begin{cases} 0, & \text{якщо } a_{pr} \leq b_g; \\ 1 - \text{інакше.} \end{cases}$$

На другому етапі за результатами порівняння та інформацією про кількість чисел з групи  $\{a_{pr}\}_{r=1}^h$ , які включені в  $ПЕ_1, \dots, ПЕ_i$ , де  $i=1, \dots, m$ , визначається число, яке буде зберігатися в  $ПЕ_{i+1}$ . Це число визначається згідно з виразом

$$b_{i+1}^* = \begin{cases} b_{i+1}, & \text{якщо } Q_{g\sigma} = 0; \\ a_{s+1}, & \text{якщо } Q_{g\sigma} - s > 0; \\ b_{i+1-Q_{g\sigma}}, & \text{якщо } Q_{g\sigma} = s, \end{cases}$$

де  $s$  – кількість чисел з групи  $\{a_{pr}\}_{r=1}^h$ , які включені в  $ПЕ_1, \dots, ПЕ_i$ .

Структуру паралельно-потоківий пристрою сортування наведено на рис. 8, де  $ПС$  – пристрій сортування  $h$  чисел,  $БРг$  – буферні регістри.

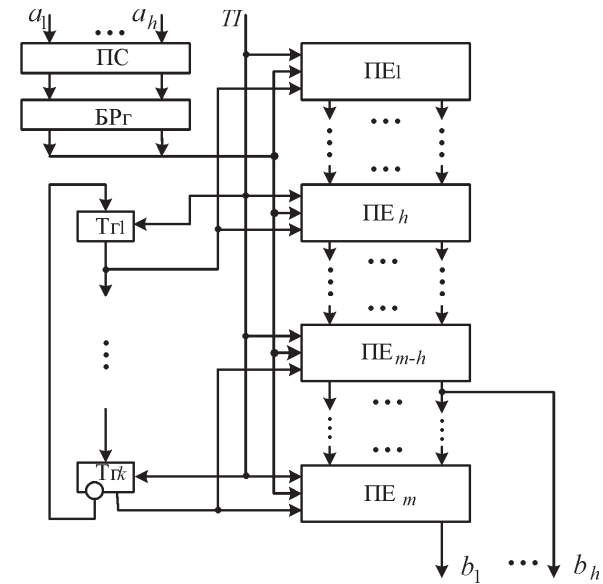


Рис. 8. Паралельно-потоківий пристрій сортування чисел методом вставки

У кожному такті роботи пристрою в  $БРг$  записується нова відсортована група  $\{a_{pr}\}_{r=1}^h$  чисел, де найбільше число знаходиться на першому виході, а найменше – на  $h$  виході. Числа з виходів  $БРг$  надходять на входи  $ПЕ$ , де в кожному  $ПЕ_i$  за допомогою схем  $СП_1, \dots, СП_h$  вони порівнюються з числом, записаним в  $Рг$  та за результатами порівняння визначається число  $b_{i+1}^*$ . Після  $(k+1)$ -го такту отримуємо відсортований масив чисел (найбільше знаходиться у  $Рг$  першого  $ПЕ_1$ , наступне за величиною – у  $Рг$  другого  $ПЕ_2$  і т. д.).

Наявність у паралельно-потоківий пристрої сортування тригерів  $Тг$  дає змогу одночасно зі сортуванням чисел другого масиву здійснювати послідовний вивід чисел першого масиву. Сортування масиву з  $N$  чисел у такому пристрої виконується за час

$$t_3 = k(t_{P_r} + t_{СП} + t_{КМ} + t_i + t_{ВК}),$$

де:  $t_i$  – час спрацювання елемента  $І$ ;  $t_{ВК}$  – час спрацювання вузла керування.

**Висновки:**

1. Просторово-часове відображення алгоритму сортування чисел методом вставки у вигляді узгодженого потокового графу дає змогу виявити паралелізм і керувати ним, забезпечуючи цим самим розробку вискоєфективних паралельних і паралельно-потоківий НВІС-структур сортування чисел.
2. У матричному пристрої сортування чисел методом вставки зміна інтенсивності сортування досягається зміною розрядності каналів надходження чисел.
3. У паралельно-потоківий пристрої сортування чисел методом вставки зміна інтенсивності сортування досягається зміною кількості каналів надходження чисел.

УДК 004.[3+89]

## МОДЕЛЬ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ "ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО БУДИНКУ"

*В.М. Теслюк<sup>1</sup>, О.Ю. Борейко<sup>2</sup>, А.Р. Сидор<sup>3</sup>, Х.В. Береговська<sup>4</sup>*

Розроблено структуру телекомунікаційної мережі "інтелектуального будинку". Дослідження побудованої структури проведено з використанням розробленої структурної моделі на основі теорії мереж Петрі, а отримані результати представлено у формі графу досяжності станів системи. Розроблено модель оцінки надійності телекомунікаційної мережі "інтелектуального будинку". Телекомунікаційна мережа зведена до симетричної ієрархічної системи, розгалуженої до 3-го рівня, що дає змогу оцінити ймовірнісні та часові характеристики надійності, а також ймовірності відмови, частоти та інтенсивності відмов.

**Ключові слова:** модель, "інтелектуальний будинок", телекомунікаційна мережа, надійність, мережі Петрі.

**Вступ.** Ми живемо в час, коли відбувається "інтелектуалізація" багатьох технічних систем та впровадження "інтелектуальних" технологій у звичні побутові пристрої, внаслідок чого вони стають більш конкурентоспроможними в умовах жорсткої ринкової економіки. Однією з таких галузей, де інтенсивно впроваджуються інтелектуальні технології є сфера побуту. Використання технології "інтелектуального будинку" дає змогу покращити рівень комфорту мешканця та істотно економити енергоносії. За даними з різних джерел, економія енергоресурсів може сягати до 40-50 % [2, 4, 5, 9]. Однією з базових складових елементів системи ІБ є телекомунікаційна мережа (ТКМ), основним завданням якої є передача даних та попереднє опрацювання блоків даних. На базі однієї телекомунікаційної мережі можна створити кілька інформаційних мереж, за допомогою яких відбувається об'єднання підсистем "інтелектуального будинку" в єдину систему.

Поняття "інтелектуальний будинок" або "розумний дім", на сьогодні, є дискусійними. Загалом, під поняттям інтелектуальний будинок потрібно розуміти житлове приміщення, що є системою, яка пропонує абсолютно новий підхід в організації життєзабезпечення будівлі [5]. У такій системі, завдяки комплексу об'єднаних у ТКМ програмно-апаратних засобів, значно зростає ефективність функціонування і надійність керування усіма підсистемами та вищезазначеними механізмами [4].

Проведений аналіз дає змогу стверджувати, що керівними пристроями "інтелектуального будинку", зазвичай, є мікроконтролери, але використання мікроконтролерних систем для великих і складних проектів не завжди є виправданим через обмеженість їхньої функціональності. У цій роботі представлено розроблену модель ТКМ інтелектуального будинку, реалізовану на основі мікропроцесорних систем – одноплатних комп'ютерах Raspberry Pi [7]. Платформи на базі процесорів – це дещо абсолютно інше в багатьох аспектах, ніж тради-

<sup>1</sup> проф. В.М. Теслюк, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

<sup>2</sup> аспір. О.Ю. Борейко – Тернопільський НЕУ;

<sup>3</sup> викл. А.Р. Сидор – НУ "Львівська політехніка";

<sup>4</sup> аспір. Х.В. Береговська – Прикарпатський НУ ім. Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ

4. Розроблено нові алгоритми і НВІС-структури пристроїв для паралельного та паралельно-поточкового сортування масивів чисел методом вставки, в яких за рахунок зміни кількості каналів і розрядності надходження даних регулюється інтенсивність сортування чисел.

### Література

1. Кнут Д. Искусство программирования / Д. Кнут. – Т. 3: Сортировка и поиск. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М., 2000. – 832 с.
2. Высокопроизводительные вычисления для микропроцессорных многоядерных систем // Изд-во Московского университета, 2010. – 544 с.
3. Параллельные вычисления на GPU // Архитектура и программная модель CUDA. – М.: Изд-во Московского университета, 2012. – 336 с.
4. Грушицкий Р.И. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики / Р.И. Грушицкий, А.Х. Мурсаев, Е.П. Угрюмов. – СПб.: Изд-во БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
5. Цмоць І.Г. Інформаційні технології та спеціалізовані засоби оброблення сигналів і зображень у реальному часі / І.Г. Цмоць. – Львів: Вид-во УАД, 2005. – 227 с.
6. Кун С. Матричные процессоры на СБИС / С. Кун. – М.: Изд-во "Мир", 1991. – 672 с.
7. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ: пер. с англ. / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест; под ред. А. Шеня. – М.: Изд-во МЦНМО: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 960 с.
8. Левитин Ананий. Алгоритмы: введение в разработку и анализ: пер. с англ. / Ананий Левитин. – М.: Изд. дом "Вильямс", 2006. – 576 с.
9. Лорин Г. Сортировка и системы сортировки / Г. Лорин. – М.: Изд-во "Мир". 1983. – 384 с.
10. Мельничук А.С. Аналіз методів сортування масиву чисел / А.С. Мельничук, С.П. Луценко, Д.С. Громовий, К.В. Трофимова // Технологический аудит и резервы производства, 2013. – № 4/1(12). – С. 37-40.
11. Немнюгин С.А. Параллельное программирование для многопроцессорных систем / С.А. Немнюгин, О.Л. Стесик. – СПб.: Изд-во БХВ – Петербург, 2002. – 400 с.

Надіслано до редакції 04.02.2016 р.

### *Цмоць І.Г., Антонів В.Я.* Алгоритмы и параллельные структуры сортировки данных методом вставки

Сформированы требования и выбран интегрированный подход к разработке СБИС-устройств сортировки чисел, который охватывает разработку параллельных алгоритмов сортировки массивов чисел методом вставки и новых СБИС-структур, реализующих их. Усовершенствованы алгоритмы сортировки массивов чисел методом вставки, разработаны согласованные потоковые графы алгоритмов сортировки массивов чисел методом вставки, особенностью которых является возможность изменять интенсивность сортировки путем выбора разрядности и количества каналов поступления чисел. Синтезированы параллельные и параллельно-поточные СБИС-структуры сортировки чисел методом вставки и определено их быстродействие.

**Ключевые слова:** сортировка чисел, метод вставки, СБИС-структуры, потоковый граф, параллельные алгоритмы.

### *Tsmots I.G., Antoniv V.Ya.* Algorithms and Parallel Structures for Data Sorting Using Insertion Method

The requirements being set out, integrated approach to development for data sorting on VLSI-devices, which includes development of parallel algorithms for sorting arrays by insertion method and new VLSI-structures for implementing them, is selected. The algorithms of sorting of arrays of numbers by insertion method are improved. A consistent flow graph for sorting algorithms by insertion method is developed, that is characterised by the ability to change the intensity of sorting by selecting rate and number of channels of receipt numbers. Parallel and parallel-stream VLSI- structures for data sorting by the insertion method are synthesized, and performance for these structures being determined.

**Keywords:** data sorting, insertion sort, VLSI-structures, flow graph, parallel algorithms.