

*А.Ф.Горбатюк, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк)*

*С.А.Горбатюк, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк)*

## **АЛГОСТРУКТУРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ**

Горбатюк А.Ф., Горбатюк С.А.

Алгоструктурне проектування обчислювальних моделей

У роботі розглянута алгоструктурна технологія, яка дозволяє проектувати моделі обчислювальних процесів з автоматичним перетворенням. Авторами показана послідовність виконання обчислювальних процедур в алгоструктурах. Наведені приклади алгоструктурного проектування обчислювальних моделей із автоналагодженням параметрів.

*Ключові слова:* алгоструктурне проектування, обчислювальні процеси, параметри, системи керування.

Горбатюк А.Ф., Горбатюк С.А.

Алгоструктурное проектирование вычислительных моделей

В работе рассмотрена алгоструктурная технология, которая позволяет проектировать модели вычислительных процессов с автоматическим преобразованием. Авторами показана последовательность исполнения вычислительных процедур в алгоструктурах. Приведены примеры алгоструктурного проектирования вычислительных моделей с автонастройкой параметров.

*Ключевые слова:* алгоструктурное проектирование, вычислительные процессы, параметры, системы управления.

Проблема розпаралелювання обчислювальних процесів у комп'ютерних системах виникає коли необхідно дуже швидко обробляти великі обсяги інформації. Відомо багато методів та прикладних програм для розпаралелювання обчислювальних процесів. Але у зв'язку з інтеграцією апаратно-програмних засобів та можливістю реалізувати паралельні обчислювальні процеси у структурах, що реконфігуруються подібні засоби, які

мають значну частку людської участі, не завжди підходять для автоматизованого вирішення зазначених задач. Більш того, такі структури вимагають організації обчислювального процесу, що переналагоджується. Все це і дотепер створює певні труднощі. Сучасні наукові досягнення надають для цього нові можливості, а тому інші методи і підходи.

Покажемо, що алгоструктурна технологія дозволяє вирішувати зазначену проблему та проектувати моделі обчислювальних процесів з автоматичним перетворенням: *АЛГОРИТМ* → *АЛГОСТРУКТУРНА МОДЕЛЬ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ* [1].

Припустимо, що алгоритм задано у вигляді  $Y=F(x)$ , де:  $x$  – аргумент(и);  $F$  – функція(ї), що обчислюється;  $Y$  – результат. Скориставшись відомим у математиці методом суперпозиції функції, можна перейти до  $Y=F_1(F_2(F_3,\dots,(F_M(x))))$ . Виділимо в  $F(x)$  послідовні обчислення, як деяку обчислювальну послідовність  $F_M, F_{M-1}, \dots, F_3, F_2, F_1$ , де  $F_j$  – інші, більш простіші, ніж  $F$ , функції,  $j \in (1, M)$ . Така обчислювальна процедура орієнтована на однопроцесорні обчислювальні пристрої. Є дослідження, якими доведено, що для  $F_i$ , у ряді випадків, можна виділити паралельні обчислювальні процеси, де  $F_i$  – обчислювальні процеси, аргументами в яких можуть бути значення, отримані на попередніх обчислювальних етапах,  $i \in (1, N)$ . Тоді для  $F(x)$  можна отримати змістовну картину обчислювальних процесів, що мають місце, у вигляді матриці, яка характеризує наявні в алгоритмах паралельні і послідовні

обчислювальні процеси  $Y = \begin{bmatrix} F_{1,1}(x) & F_{1,2}(x) & \dots & F_{1,N}(x) \\ F_{2,1}(x, F_{1,j}(x)) & F_{2,2}(x, F_{1,j}(x)) & \dots & F_{2,N}(x, F_{1,j}(x)) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{M,1}(x, F_{i,j}(x)) & F_{M,2}(x, F_{i,j}(x)) & \dots & F_{M,N}(x, F_{i,j}(x)) \end{bmatrix}. \quad (1)$

Зазначимо, що процедура складення обчислювальної конструкції для (1) із алгоструктур є алгоструктурним проектуванням [1]. Один з підходів практичної реалізації алгоструктурної технології припускає наявність декількох груп бібліотечних алгоструктур. Певні набори алгоелементів можуть становити базові бібліотеки проблемно-орієнтованих алгоструктур і для них було запропоновано механізми проектування.

В групу стандартних алгоструктур було залучено такі, що дозволяють розширити алгоритмічні можливості алгоструктурної технології, а саме: **BLOK** – конструкція, яка призначена для структурування алгоритму або його частини; **EXPRESSION** – обчислювальна конструкція (список формул); **IF** – конструкція розгалуження з умовою; **FOR** – конструкція для організації циклічних обчислень; **PROGRAM** – обчислювальна конструкція, що задається програмою. Але обмежитись тільки одними базовими алгоструктурами навряд чи вийде. Так, наприклад, реалізація алгоритмів комп'ютерних систем керування у багатьох випадках передбачає використання типових динамічних ланок при наявності нелінійностей [1].

На підставі стандартних алгоструктур було розроблено інші алгоструктурні компоненти, які можна залучити до бібліотек користувача. Організація обчислень в алгоструктурах пов'язана з поняттями обчислювального процесу та обчислювальних процедур. Виконувана однією алгоструктурою функція (якщо вона є) розглядається як обчислювальна процедура, що задається при її налагодженні, і може включати паралельні та послідовні обчислення. Задача складається з однієї або сукупності алгоструктур. Послідовність виконання обчислювальних процедур створює в алгоструктурних моделях обчислювальні процеси. А це пов'язано з структуруванням обчислювальних процедур і процесів й обумовлює наступні перетворення.

**Перетворення 1.** Обчислювальна процедура, що представлена сукупністю із  $n$  незалежних обчислювальних процесів, тотожна обчислювальній процедурі, яка включає сукупність  $n$  паралельних обчислювальних процесів згідно з (2).

$$\langle \text{EXPRESSION} \langle y = [f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_n(x_n)] \rangle \rangle \Leftrightarrow \langle \text{EXPRESSION} \left\langle \begin{array}{l} y_1 = f \\ y_2 = f \\ \vdots \\ y_n = f \end{array} \right\rangle \rangle \quad (2)$$

**Перетворення 2.** Обчислювальна процедура, що представлена сукупністю із  $n$  залежних (вкладених) обчислювальних процесів, тотожна

обчислювальній процедурі, яка включає сукупність  $n$  елементарних залежних послідовних обчислювальних процесів згідно з (3).

$$\langle \text{EXPRESSION} \langle y = [f1(f2(...fn(x)))] \rangle \rangle \Leftrightarrow \langle \text{EXPRESSION} \left\langle \begin{array}{l} y1 = [fn(x) \\ y2 = [fn-1( \\ \dots \\ ym = [f1(yn) \end{array} \right\rangle \rangle \quad 3)$$

**Перетворення 3.** Обчислювальна процедура, що представлена сукупністю із  $n$  незалежних обчислювальних процесів, тотожна сукупності із  $n$  паралельних обчислювальних процедур, в котрих обчислюється окремий (незалежний) процес згідно з (4).

$$\langle \text{EXPRESSION} \left\langle \begin{array}{l} y1 = [f1(x_1)] \\ y2 = [f2(x_2)] \\ \dots \\ ym = [fn(x_n)] \end{array} \right\rangle \rangle \Leftrightarrow \langle \text{EXPRESSION} \langle y = [f1(x_1) \\ \text{EXPRESSION} \langle y = [f2(x_2) \\ \dots \\ \text{EXPRESSION} \langle y = [fn(x_n)] \rangle \rangle \rangle \rangle \quad 4)$$

**Перетворення 4.**  $N$  вкладених обчислювальних процедур, серед яких є такі, що не містять будь-яких процесів, тотожні обчислювальній процедурі згідно з наведеною в (5).

$$\langle \text{BLOCK 1} \langle \text{BLOCK 2} \langle \dots \text{BLOCK N} \langle \rangle \rangle \rangle \rangle \Leftrightarrow \langle \text{BLOCK 1} \langle \rangle \rangle \quad 5)$$

де: BLOCK1- BLOCK N-1 – не містять інших елементів.

**Перетворення 5.**  $N$  вкладених обчислювальних процедур з умовами, серед яких є такі, що не містять будь-яких процесів, тотожне обчислювальній процедурі з умовою, яка поєднує всі ці умови згідно з (6).

$$\langle \text{IF 1} \langle \text{IF 2} \langle \dots \text{IF N} \langle \rangle \rangle \rangle \rangle \Leftrightarrow \langle \text{IF 0} \langle \rangle \rangle \quad 6)$$

**Перетворення 6.** Обчислювальна процедура циклу, що передбачає виконання  $n$ -разів обчислювальних процесів, тотожні сукупності із  $n$  обчислювальних процедур згідно з (7).

$$\langle \text{FOR} \langle \langle \dots fi(x_i) \rangle \rangle \rangle \Leftrightarrow \left\langle \begin{array}{l} \langle \dots f1(x_1) \rangle \\ \langle \dots f2(x_2) \rangle \\ \dots \\ \langle \dots fn(x_n) \rangle \end{array} \right\rangle \quad 7)$$

де:  $i=1, \dots, n$  – параметр циклу,  $n$  – кількість обчислювальних процедур.

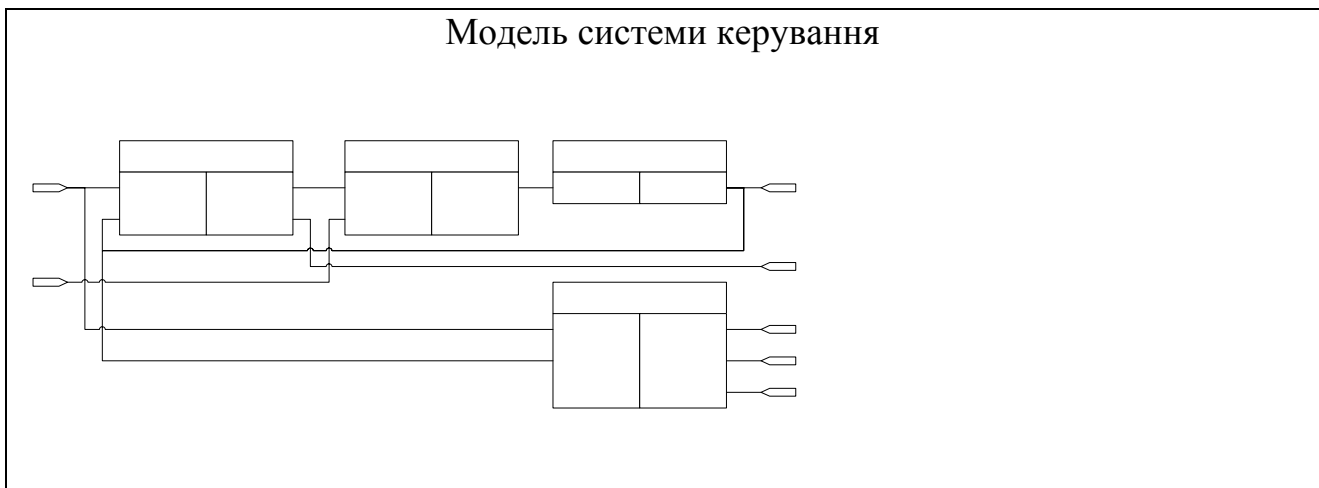
Перетворення (2) – (7) дозволяють конкретизувати вирази алгоструктур та представити їх у наступному узагальненому вигляді (8).

$$A\{X, Y, Z\} \Leftrightarrow A \left\langle \begin{array}{l} BLOCK(X, Y, Z), \\ EXPRESSION(X, Y, Z), \\ IF(X, Y, Z), \\ FOR(X, Y, Z) \end{array} \right\rangle \quad 8)$$

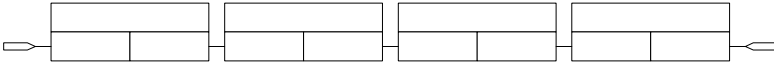
Алгоструктурна організація обчислювальних процесів з урахуванням наведених обставин включає: аналіз алгоритмів задачі, що вирішується, і побудову матриці паралельних та послідовних обчислювальних процесів; реалізацію оптимальних методів розпаралелювання; генерацію алгоструктур із заданим паралелізмом обчислень, як моделей обчислювальних процесів для структур, що реконфігуруються. Наведене в певній мірі розкриває змістовну сторону алгоструктур та доводить принципову можливість із їх допомогою автоматизувати проектування великого різноманіття моделей обчислювальних структур: із автоналагодженням параметрів, зі змінною структурою, адаптивних (табл.1). Важливо підкреслити, що з використанням спеціалізованих бібліотечних алгоструктур термін проектування моделей обчислювальних процесів скорочується 2-5 разів.

Таблиця 1

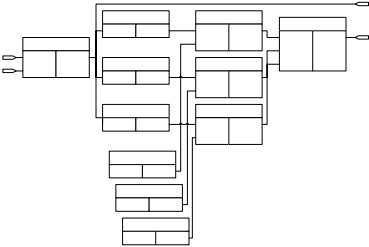
Алгоструктурне проектування обчислювальних моделей із автоналагодженням параметрів



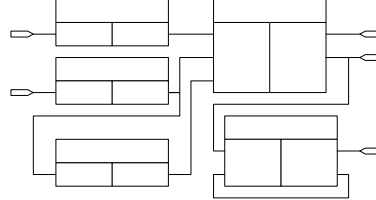
### Модель об'єкта керування



### Модель керуючого пристрою



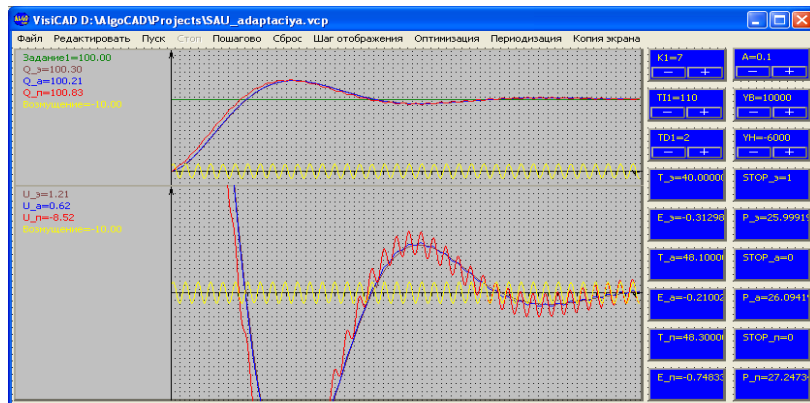
### Модель аналізатора процесу



### Моделювання обчислювальних процесів

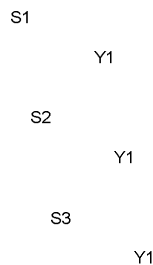
P

FIL1

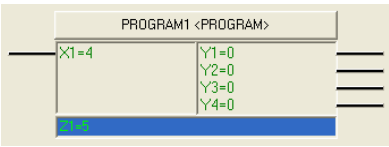
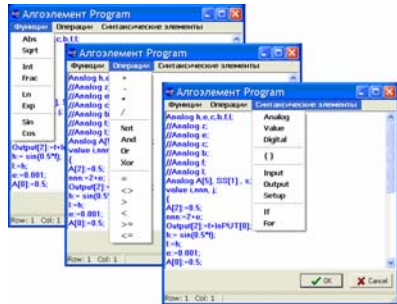
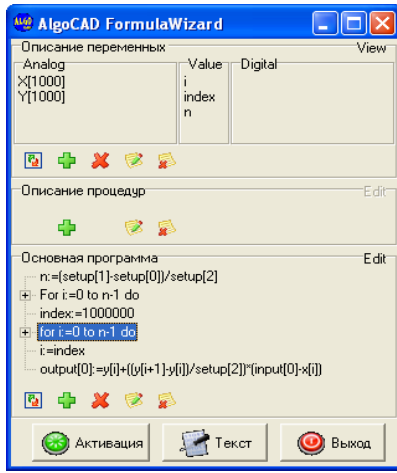
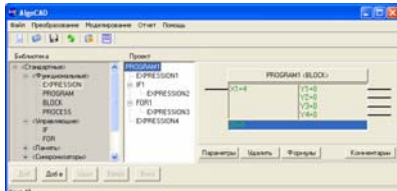


Приклад процесу проектування в системі AlgoCAD за допомогою алгоелемента PROGRAM представлено у таблиці табл. 2.

Отже, у разі застосування алгоструктурної технології для організації обчислювальних процесів у реконфігуруємих структурах, конфігурування та організація обчислень буде здійснюватися вже на етапі алгоструктурного проектування. Отримані алгоструктури забезпечують найкращим чином використання ресурсів структури, що реконфігурується, як це демонструє табл.3.



Алгоструктурне проектування з використанням алгоелемента PROGRAM

<p><b>Початкова алгоструктура</b></p> 	<p><b>Віконні ілюстрації програми</b></p> 
<p><b>Вікно проектування</b></p> 	<p><b>“Дерево” перетвореної алгоструктури</b></p> 

Таблиця 3

Розподілення наявних ресурсів в алгоструктурних моделях

<p><b>Послідовні обчислення</b></p>	<p><b>Паралельні обчислення</b></p>	
	 <p>Ресурси не обмежені</p>	 <p>Ресурси обмежені</p>

Висновки: створення моделей обчислювальних процесів полягає в тому, щоб із проблемно-орієнтованих алгоструктурних компонент “зібрати” відповідну алгоструктуру; алгоструктурну технологію можна розглядати як інструментарій для автоматизованого проектування моделей обчислювальних

структур; зазначене знаходить застосування у наукових дослідженнях, у виробництві, в навчальному процесі.

### Література

1. **Горбатьок А.Ф., Бешкарев А.В.** Применение алгоструктурной технологии в компьютерных системах управления. – Луганськ : Восточноукраинский гос. ун-т, 2000. – 200 с.

Gorbatyuk A.P., Gorbatyuk S.A.

Algorithm-structural projection of computing models

The algorithm-structural technology that allows to project models of calculating processes with automated transformation is considered in the work. The authors showed consecution of executing of calculating procedures in the algorithm structures. The examples of algorithm-structural projecting of computing models with the automated setting of parameters are given.

*Keywords:* algorithm-structural projecting, calculating processes, parameters, control systems.