

УДК 004.3

**А. С. Кобайло**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
**Н. А. Жиляк**, кандидат технических наук, старший преподаватель (БГТУ)

### МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА СИНТЕЗА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В статье предлагаются подходы к модификации базового алгоритма синтеза вычислительных структур реального времени с целью устранения его основного недостатка – высокой трудоемкости, обусловленной многократным прохождением цикла основных его процедур в связи с необходимостью накапливания информации о множестве альтернативных вариантов проектируемой системы и дальнейшего выбора из них оптимального на последнем шаге алгоритма.

Модификация алгоритма заключается в переносе блока анализа проектных решений на одну из более ранних стадий синтеза, что позволяет сократить длительность основного цикла проектирования.

The paper presents a novel approach to updating the basic algorithm used for synthesis of real-time computing structures and aimed at elimination of its basic disadvantage, tedious computing, due to multiple runs of its basic procedures in view of the necessity to acquire data of alternative options of a system being designed and further choice of the optimum at the last job step. Algorithm updating comprises the transfer of design solutions analysis block to one of the previous synthesis stages, thereby reducing the time of the main design cycle.

**Введение.** Базовый алгоритм (БА), разработанный на основе теории синтеза вычислительных структур реального времени, предполагает многократное выполнение значительного числа его блоков, так как выбор оптимальной структуры из множества работоспособных вариантов в соответствии с данным алгоритмом осуществляется на заключительном этапе выполнения алгоритма, при этом объем памяти, требуемой для хранения информации об альтернативных вариантах, и трудоемкость алгоритма пропорциональны числу этих вариантов, которое представляет NP-полный перебор всех комбинаций функциональных устройств (ФУ), удовлетворяющих требованиям реализации вычислительного процесса в реальном времени [1, 2].

Таким образом, одной из центральных задач, решаемых при проектировании сложных технических объектов, к которым относятся вычислительные системы реального времени (ВСПВ), является поиск снижения трудоемкости проектирования [3].

Второй особенностью базового алгоритма является ограниченность дерева поиска вариантов только перебором всех возможных векторов назначения, что может привести к игнорированию некоторых перспективных вариантов [1].

**Основная часть.** Согласно базовому алгоритму синтеза ВСПВ, общее количество вариантов проектируемой системы определяется как мощность множества векторов назначения:

$$M = [\bar{R}] = \prod_{i=1}^I \sum_{j=1}^J d_{ij}, \quad (1)$$

где  $[\bar{R}]$  – мощность множества векторов назначения,  $d_{ij}$  – элемент матрицы соответствия,  $I$  – количество строк матрицы инцидентности графа вычислительного алгоритма реализации математической модели проектируемой ВС,  $J$  – количество функциональных устройств заданного набора.

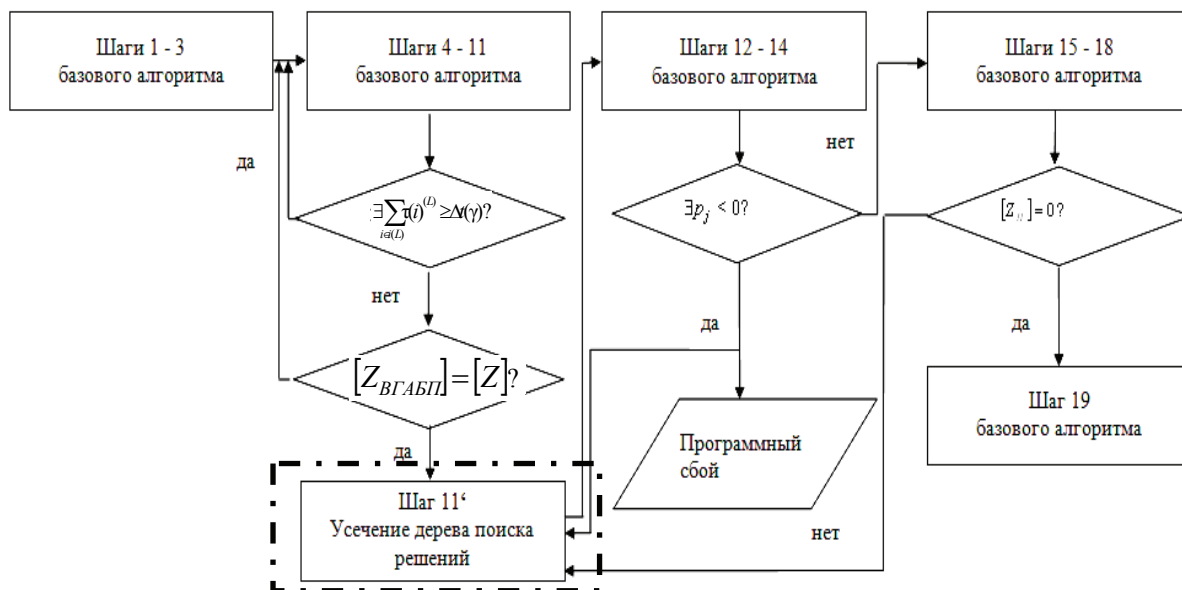
При достаточно сложных математических моделях значение  $M$ , определяющая трудоемкость базового алгоритма, может достигать десятков или сотен тысяч.

Базовый алгоритм синтеза ВСПВ представляет собой последовательность циклически повторяющихся процедур, определяемых в рамках теории синтеза вычислительных структур реального времени [2].

При анализе базового алгоритма выявлена возможность выполнения процедуры выбора из множества работоспособных синтезированных структур тех, которые наилучшим образом удовлетворяют заданным критериям оптимальности в соответствии с условиями, заданными на более ранней стадии этого алгоритма, сразу после предварительной проверки работоспособности очередного проектного решения вычислительной структуры. Это позволит сократить объем производимых вычислений на всех последующих шагах алгоритма на 3–4 порядка, что, в свою очередь, сокращает время работы процессора и потребность в машинной памяти. Модифицированный алгоритм синтеза представлен на рисунке.

Шаги 1–19 отражают основные процедуры синтеза ВСПВ:

1. Формирование графа вычислительного алгоритма (ГВА), который определяется множеством вершин и дуг.



Модифицированный алгоритм синтеза вычислительных структур:

$\tau(i)^{(L)}$  – время реализации  $i$ -й вершины усеченного пути  $L$ ;  $\Delta t(\gamma)$  – шаг дискретизации  $\gamma$ -уровня временной иерархии;  $[Z_{ВГАБП}]$  – мощность множества сформированных вариантов вычислительного графа алгоритма с буферной памятью (ВГАБП);  $[Z]$  – мощность множества альтернативных вариантов структуры;  $p_j$  –  $j$ -й элемент требования к памяти;  $[Z_H]$  – мощность множества нерассмотренных вариантов структуры

2. Определение полных путей ГВА.
3. Назначение уровней временной иерархии вершинам ГВА.
4. Назначение функциональных устройств вершинам ГВА и формирование множества векторов назначений.
5. Формирование для каждого вектора назначения соответствующего вектора реализации.
6. Формирование на основании векторов реализации графов алгоритма с буферной памятью (ГАБП).
7. Формирование усеченных путей уровней временной иерархии.
8. Определение конвейеризируемых путей и ступеней конвейера.
9. Определение множества свертываемых вершин (для неконвейеризированных путей).
10. Построение вычислительного графа алгоритма.
11. Предварительная проверка работоспособности вычислительной структуры реального времени.
12. Формирования вектора временной развертки.
13. Формирование вектора требований к памяти для хранения промежуточных результатов.
14. Анализ работоспособности вычислительной структуры.
15. Построение вычислительного графа алгоритма с регистровыми файлами (ВГАРФ).
16. Разработка графа вычислительной структуры.

17. Построение функционала временной развертки.
18. Определение такта вычислительной структуры.
19. Выбор из множества работоспособных синтезированных структур наилучшим образом удовлетворяющие заданным критериям оптимальности [3].

Шаг 11' аналогичен шагу 19 базового алгоритма. Его выполнение сразу после определения всех априорных вариантов синтезируемой ВС на шагах 4–11 позволит отобрать для дальнейшего рассмотрения некоторое ограниченное число вариантов, наилучших по заданным критериям.

При данной модификации число пройденных шагов 12–18 алгоритма сокращается до количества определенных на шаге 11' вариантов, снижая тем самым общую трудоемкость алгоритма проектирования, при этом ориентировочно-расчетная эффективность, по сравнению с БА, составляет сотни процентов.

Устранение второго из указанных недостатков достигается путем добавления в модифицированный алгоритм блока расширения дерева поиска альтернативных вариантов (РДПАВ) в соответствии с методикой, предложенной в научном источнике [4].

Согласно данной методике, позволяющей расширить дерево поиска проектных решений, общее количество альтернативных вариантов проектируемой системы определяется следующим выражением:

$$N = \sum_{w=1}^W \prod_{m=1}^{M_w} \sum_{k=1}^{K_{M_w}} K_{m_w}! / (k! (K_{m_w} - k)!), \quad (2)$$

где  $W$  – мощность множества векторов назначения,  $M_w = [S_w]$  – мощность множества множеств свертываемых вершин для вектора назначения вектора  $R_w$ ,  $K_m$  – мощность  $m$ -го множества свертываемых вершин вектора  $R_w$ .

Полученное выражение определяет количество повторов выполнения цикла, включающего шаги 12–18 базового алгоритма ВСРВ. Очевидно, что с увеличением сложности проектируемой системы такие показатели, как трудоемкость проектирования и объем памяти, требуемый для хранения информации о множестве потенциальных вариантов системы, растут пропорционально отношению  $N / M$ , где  $N$  и  $M$  определяются из (2) и (1) соответственно.

Размещение блока РДПАВ перед блоком 11' модифицированного алгоритма позволит повысить достоверность результата за счет рассмотрения множества синтезируемых структур с учетом всех возможных вариантов свертки вершин графа алгоритма проектируемой системы.

**Выводы.** Использование модифицированного алгоритма по сравнению с базовым позволяет снизить трудоемкость проектирования ВС в сотни – тысячи раз.

Включение в модифицированный алгоритм блока расширения дерева поиска решений позволит повысить вероятность выбора оптимального решения из множества возможных вариантов проектируемой ВС.

### Литература

1. Кобайло, А. С. Теория синтеза вычислительных систем реального времени / А. С. Кобайло. – Минск: БГТУ, 2010. – 256 с.
2. Кобайло, А. С. Базовый алгоритм синтеза вычислительных структур реального времени / А. С. Кобайло, Н. А. Жияк // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2007. – Вып. XV. – С.147–150.
3. Жияк, Н. А. Логико-комбинаторный подход к выбору оптимальных систем сложных технических систем / Н. А. Жияк // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2008. – Вып. XVI. – С. 125–128.
4. Кобайло, А. С. Новые положения теории синтеза вычислительных систем реального времени в учебных курсах ВУЗов / А. С. Кобайло // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития: материалы VI Междунар. науч.-практич. конф., Минск: БГУИР, 2012. – С. 222–223.

*Поступила 04.03.2013*