

Статья. Библиографические данные:

Мунасыпов Р.А., Житников А.П.  
Прикладная теория алгоритмов роботизированных технологических систем.  
// Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях  
металлообрабатывающих машин: Международный научный сборник.  
– Уфа: УГАТУ, 2015.  
– С. 148-154.

**ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ  
РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

# ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Мунасыпов Рустэм Анварович

Уфимский государственный авиационный технический университет

[rust40@mail.ru](mailto:rust40@mail.ru)

Житников Александр Павлович

Уфимский государственный авиационный технический университет

[paralg@mail.ru](mailto:paralg@mail.ru)

## APPLIED THEORY OF PARALLEL ALGORITHMS OF ROBOTIC TECHNOLOGICAL SYSTEMS

*Кратко излагается проблематика приложений структурной теории параллельных алгоритмов для алгоритмизации управления дискретными процессами в области автоматизированных технологических систем, роботизированных технологических комплексов и систем.*

*The applications tasks of the structural theory of parallel algorithms for algorithmization of discrete processes control in the field of the automated technological systems, the robot-based technological complexes and systems is briefly described.*

Роботизированные технологические системы; параллельные дискретные процессы; структурная теория параллельных алгоритмов.

Robotic technology systems; parallel discrete processes; structural theory of parallel algorithms.

### **Введение**

В статье [1] ставится актуальная общая проблемная задача массового внедрения методов и средств теории параллельных (и последовательных) алгоритмов в повседневную практику разработок, моделирования и применения гибких производственных модулей (ГПМ) и систем (ГПС) и, в особенности, роботизированных технологических комплексов (РТК) и систем (РТС). Выявляются основные исходные причины, тормозящие решение этой общей задачи, и частные задачи преодоления этих причин.

Первоочередной такой частной задачей в решении данной общей проблемы является целенаправленное **формирование прикладной технической теории параллельных (и последовательных) алгоритмов**, непосредственно пригодной и практически полезной для применения в области ГПМ и ГПС, РТК и РТС (в отличие от подавляющего преобладания математических приложений теории алгоритмов).

В данной статье приводятся общие сведения по содержанию этой актуальной задачи в области технических приложений теории алгоритмов.

## Исходное наименование проблемной тематики

Принимается краткое исходное именование излагаемой тематики:

**Параллельные алгоритмы и логика** – в их целевом приложении к задачам алгоритмизации ГПС и РТС.

Этому соответствует одноименный сайт по адресу: [paralg.ucoz.com](http://paralg.ucoz.com).

В частности, в эту тему включаются последовательные алгоритмы, как вырожденный, но базисный частный случай параллельной алгоритмики (параллелизм отсутствует), что отражается кратким уточнением исходного наименования тематики (рис. 1):

**Параллельные (и последовательные) алгоритмы и логика.**



Рис. 1. Виды и формы логико-алгоритмических систем (ЛАС)

## Системный аспект параллельной алгоритмики

Параллельная алгоритмика принимается как научно-техническое направление информатики, представляющее собой область существования и применения систем отображения и реализации параллельных (и последовательных) алгоритмов, а также систем их логико-математического обеспечения. Одновременно это область разных приложений теории алгоритмов. Соответственно данному системному аспекту принимается следующее краткое уточнение общей проблемной тематики:

**Параллельные (и последовательные) логико-алгоритмические системы (ЛАС)** информатики – в приложении к задачам ГПС и РТС (рис. 1, 2).

Выделяются следующие виды ЛАС:

1) **Алгоритмы** как предписания – это алгоритмические тексты, языки и грамматики (в широком понимании термина "текст") – знаковые ЛАС определенной структуры и разных знаковых форм представления.

2) **Системы реализации** алгоритмов – процессные и объектные ЛАС:

- заданные текстами алгоритмов **дискретные процессы** определенной (последовательной или параллельной) структуры во времени;
- заданные текстами или контекстами алгоритмов **исполнительные объекты** определенной необходимой структуры разных форм реализации.

Эта проблемная тематика излагается в рамках комплексного системного анализа ЛАС, в основу которого принимается **методология системотехники автоматизированных систем** и дополнительно: общая **полюсно-оболочковая методология** анализа (материально-информационных) систем информатики, излагаемая в работе [2].

### Уточнение приложений теории алгоритмов

Конкретно ставится актуальная задача формирования прикладного направления теории алгоритмов – в приложении для АТС, ГПС и РТС:

**Полиморфная структурная теория** параллельных (и последовательных) логико-алгоритмических систем – всех указанных выше видов ЛАС.

Эту задачу целесообразно решать поэтапно. В содержание такой теории включаются следующие ключевые аспекты (рис. 1, 2):

1) **Техника полиморфных структурных построений** (текстов) параллельных (и последовательных) алгоритмов разных знаковых форм представления и их разновидностей (табл. 1, 2, рис 3 – простые примеры, приводятся для обеспечения конкретности общего изложения).

а) Основные взаимосвязанные знаковые формы алгоритмов:

- **структурные (и функциональные) формулы алгоритмов (СФА)**: инфиксные, префиксные, постфиксные и комбинированные синтаксические классы СФА, **одномерные** и **двухмерные** формы горизонтального и вертикального исполнения, прямая и обратная запись;
- **структурные (и функциональные) схемы алгоритмов (ССА)**: блок-схемы, производные от них более компактные штрих-схемы, граф-схемы алгоритмов, горизонтального и вертикального исполнения и т.п.

б) Дополнительные знаковые формы представления алгоритмов:

- **псевдокоды алгоритмов (ПКА)** разных синтаксических классов и лексических групп, ориентированные на синтаксис и лексику исходных кодов параллельных (и последовательных) программ в разных языках программирования – это связь программ и основных форм алгоритмов;
- возможны **матричные, табличные формы** задания алгоритмов и т.п.

2) **Протоколы процессов** исполнения алгоритмов (рис. 4):

символьные протоколы (например, цифровые записи арифметических вычислений столбиком), масштабированные временные диаграммы линейные и сетевые, горизонтального и вертикального исполнения и т.д.

3) **Потоки управления и потоки данных** (в каналах управления и каналах данных) объектных систем реализации алгоритмов, и их отображение в алгоритмах. Обобщение понятия данных и потоков данных: информационные и материальные данные и потоки (детали, узлы и т.д.).

4) Взаимное **структурное соответствие** (изоморфизм) и взаимная **обратимость** разных форм представления и реализации ЛАС.

5) **Формализация и автоматизация** полиморфных структурных построений и преобразований ЛАС.

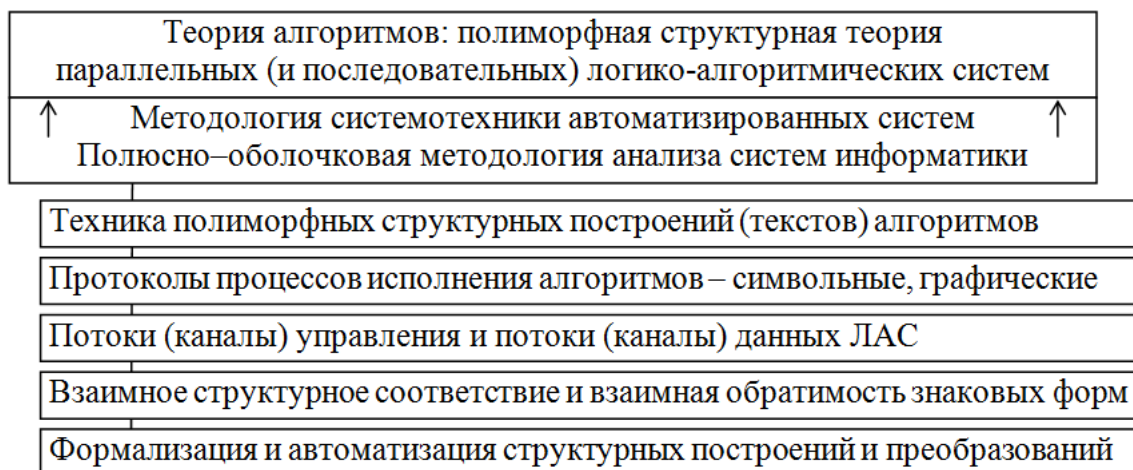


Рис. 2. Уточнение содержания формируемой теории алгоритмов

### Структурный аспект параллельной алгоритмики

В структурный аспект ЛАС включаются следующие сущности:

- поток (канал) управления и поток (канал) данных ЛАС, их взаимосвязь: ключевой исходный структурный вопрос прикладной теории [3];
- потенциальный параллелизм потока данных, реализация (или нереализация) потенциального параллелизма потоком управления;
- структурная классификация ЛАС по потоку данных и потоку управления, последовательные и параллельные дискретные процессы и алгоритмы – ведущее структурное деление общего класса ЛАС.

Структурные классификации потоков данных мало разработаны в теории алгоритмов (ЛАС) и пока менее актуальны в ее технических приложениях. Первичное значение имеют структурные классификации потока управления алгоритмов (ЛАС). За основу принимается поэтапное классификационное расширение ЛАС в следующем порядке:

1) **Базовые двухполюсные структуры** – постоянные (жесткие) структуры (табл. 1, табл. 2). Это самые простые и распространенные последовательные и параллельные системы, на основе которых ставится и решается множество основополагающих частных и общих вопросов содержания прикладной теории (рис. 2, табл. 1, табл. 2), где:

$A_i = \rightarrow A_i \rightarrow$ ,  $Z_{ij} = \rightarrow Z_{ij} \rightarrow$ : двухполюсные операторы алгоритмов  $A_i$  и простых (не составных) команд  $Z_{ij}$  алгоритмов ( $i, j = 0, 1, 2, 3, \dots$ );



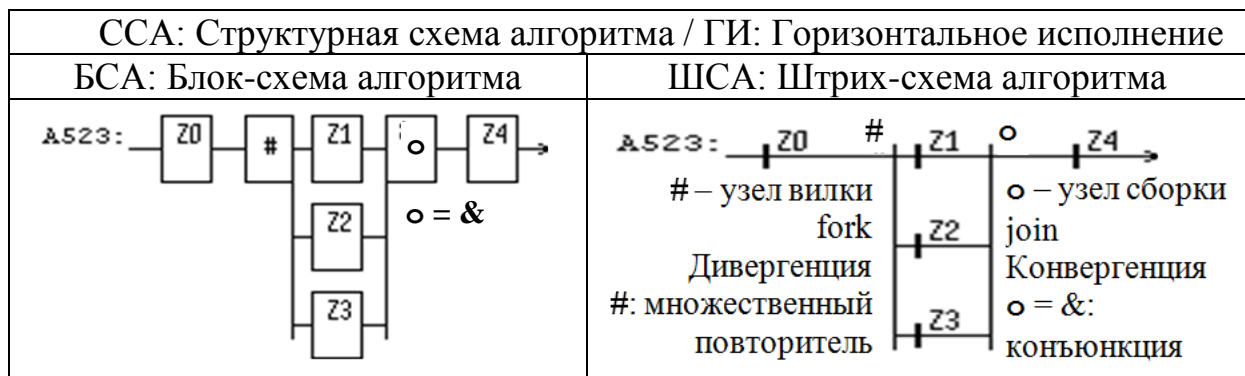


Рис. 3. Схемная графика. Линейные графические формы



Рис. 4. Временная диаграмма дискретного процесса исполнения алгоритма

2) **Переменные двухполюсные структуры** – переключаемые (гибкие) ациклические и циклические структуры: условные ветвления и циклы.

3) **Многополюсные** структуры параллельных (и последовательных) ЛАС, включая:

- **независимые** параллельные процессы и алгоритмы;
- **взаимодействующие** параллельные процессы и алгоритмы, в частности, конвейерные процессы и алгоритмы [3]:  
это наиболее сложные и многообразные структурные образования.

Все эти этапы формируются на основе СФА разных уровней:

- **низкоуровневое**, громоздкое в применении, но фундаментальное структурное представление на основе так называемых (последовательных) **логических схем алгоритмов** (ЛСА) и **параллельных логических схем алгоритмов** (ПЛСА) – особых стрелочных структурных формул [4]:

они малопригодны для практического применения, но принимаются для строго обоснования компактных высокоуровневых рабочих форм;

- строго производные от низкоуровневых ЛСА и ПЛСА более компактные **высокоуровневые формы СФА**:

это неограниченная вверх проблема компактной записи сложных структур.

## Логический аспект параллельной алгоритмики

В наименование общей алгоритмической тематики входит ключевой логический аспект. При этом имеется в виду не просто некоторая логическая компонента алгоритмов (в конструкциях ветвления типа "если-то-иначе", циклов и т.п.), а общая интерпретация параллельной (и последовательной) алгоритмики в целом как особого вида логики:

этот *логика действий во времени* – логика комплексов действий параллельной (и последовательной) структуры во времени.

Эта задача решается на основе применения методов *темпоральной логики (логики времени)*, которая активно используется для верификации (доказательной проверки) моделей параллельных программных систем [5].

## Заключение

В статье кратко отражается содержание прикладной теории параллельных алгоритмов для приложений в области гибких производственных и роботизированных технологических систем. Такое приложение определяется как полиморфная структурная теория параллельных (и последовательных) логико-алгоритмических систем – это тексты алгоритмов разных знаковых форм представления и системы реализации алгоритмов в разных формах реализации. Определяется порядок формирования структурной теории алгоритмов путем поэтапного расширения структурных классов алгоритмов. Приводятся примеры простых, но базовых исходных алгоритмических представлений.

Все это дает общее представление по необходимой структурной алгоритмической проблематике в целом и обеспечивает возможность последующей поэтапной разработки и систематического изложения приложений теории в автоматизации технологических процессов.

## Литература

1. Мунасыпов Р.А., Житников А.П. Задачи внедрения теории параллельных алгоритмов в практику разработок и применения роботизированных технологических систем. – В данном сборнике. – 7 с.
2. Зверев Г.Н. Теоретическая информатика и ее основания. В 2 т. Т. 1. – М.: Физматлит, 2007. – 592 с.
3. Житников А.П. Параллельные и конвейерные алгоритмы робототехнологических модулей. // Proceedings of the 2nd International Conference “Intelligent Technologies for Information Processing and Management”, Volume 2, November 10-12, Ufa, Russia, 2014, pp. 159-165.
4. Лазарев В. Г., Пийль Е. И. Синтез управляющих автоматов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 328 с.
5. Карпов Ю.Г. Model Checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 560 с.