

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СТАТИКО-ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МУЛЬТИПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ**

д.т.н., проф. Г.А. Поляков, В.В. Онищенко

*Констатируется тенденция перехода к созданию систем автоматического проектирования мультипараллельных аппаратных и программных средств и невозможность решения этой проблемы на основе существующих САПР. Отмечается высокая актуальность разработки системы сквозной визуализации всех этапов автоматического мультипараллельного проектирования. Рассматривается обобщенная блок-схема системы визуализации и семантика основных этапов, приводятся примеры, иллюстрирующие различные этапы работы системы.*

**Постановка проблемы.** В настоящее время признается, что основной дальнейший шаг развития компьютерной техники и расширения областей ее эффективного применения является совершенствование элементной базы на основе программируемых СБИС и создание динамически реконфигурируемых и самоорганизующихся компьютерных систем [1, 2, 3, 8, 9]. Решение этой проблемы требует создания интеллектуальных технологий автоматического проектирования мультипараллельных аппаратных и программных средств [4, 5]. Автоматический характер технологий делает исключительно актуальной задачу оперативной оценки человеком корректности результатов всех этапов проектирования на основе средств автоматической верификации и визуализации.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Анализ существующих Систем Автоматизированного Проектирования (САПР) показывает, что они не используют для повышения эффективности все известные методы параллельной обработки данных, адекватные задачам и требованиям, и не обеспечивают автоматического проектирования мультипараллельных цифровых устройств [4, 5].

Применяемые в САПР средства визуализации решают специфические задачи и не могут удовлетворять требованиям по интеллектуальному уровню, предъявляемым к средствам визуализации перспективных систем автоматического проектирования аппаратно-программных средств самоорганизующихся процессоров и многопроцессорных ЭВМ [6, 7].

**Формулирование целей статьи.** В статье рассматривается система визуализации статико-динамических объектов, соответствующих основным этапам работы Системы Автоматического Проектирования Мультипараллельных Цифровых Устройств – **Интеллектуального Автоматического Проектировщика (ИАП)** [3, 4].

#### **Исследования и результаты.**

**а) Исходные данные системы визуализации.** Исходными данными для системы визуализации являются:

- Состав основных статико-динамических объектов, являющихся результатами выполнения различных этапов автоматического проектирования на основе ИАП [4, 5]:

- исходные Си-программы, специфицирующие поведенческие описания задач;

- временные мультипараллельные модели решения задач;

- функциональные (F), логические (L) и вентильные (G) схемы библиотечных или создаваемых пользователем компонентов и цифровых устройств;

- технические характеристики (время задержки, тактовая частота, вентильная сложность) применяемых при проектировании компонентов и устройств;

- временные модели работы функциональных и вентильных схем компонентов и цифровых устройств;

- показатели эффективности мультипараллельных цифровых устройств.

- Спецификации перечисленных объектов визуализации, синтезированные в числовом формате **Сопряженно-Внешних Множеств (СВМ)** с помощью инструментальных средств ИАП [10].

**б) Выходные результаты системы визуализации** – графическая визуализация перечисленных статико-динамических объектов ИАП.

**Состав и назначение основных модулей системы визуализации.** Обобщенную блок-схему и функциональность основных модулей системы визуализации поясняет рис. 1.

**Первый модуль** (рис. 1) – обеспечивает решение двух задач: а) переход от исходного текста Си-программы к ее представлению числовыми файлами в формате СВМ; б) синтез Си-графа с сохранением эквивалентности текстового и результирующего графового представления Си-программы задачи.

Текст 1 и рис. 2 поясняют семантику визуализации. Текст 1 представляет Си-программу задачи 1 расчета корней системы двух линейных уравнений с двумя неизвестными. Рис. 2 иллюстрирует случай визуализации

ции Си-программы задачи, заданной текстом 1, в виде Си-графа. Машинным представлением Си-графов являются числовые файлы формата СВМ.

```
void main(void)
{
    int a,b,c,d,e,f;
    int m,x,y;
    m = b * d - a * e;
    x = ( b * f - c * e ) / m;
    y = ( a * f - c * d ) / m;
}
```

Текст 1. Исходная Си-программа задачи 1

**Второй модуль** (рис. 1) – обеспечивает визуализацию (в виде **Временных Параллельных Граф-Схем, ВПГС** [10]) временных параллельных моделей задачи, синтезированных в формате СВМ применительно к априорно заданному или автоматически выбранному оптимальному составу методов параллельной обработки данных, адекватных задаче и заданной системе требований / ограничений (время решения, тактовая частота, эквивалентная вентиляющая сложность проектируемого устройства) [10, 11].

Текст 1, рис. 3 и 4 поясняют семантику визуализации. На рис. 3 показана "сжатая" ВПГС 1, удовлетворяющая требованию минимального времени параллельного решения задачи 1, обеспечиваемого при значении ширины параллельного процесса  $NM = 6$ . Принятые значения времени выполнения операций  $TO$  задачи 1 (в условных единицах) даны в табл. 1. Табл. 2 определяет распределение операций с номерами  $NO$  задачи 1 по временным ярусам  $NY$  ВПГС 1 и значения ярусного времени  $NT$  (начала реализации операций). При ограничениях на ширину параллельного процесса  $NM = 2$  распределение операций по временным ярусам представляет табл. 3. Соответствующая ВПГС 2 представлена на рис. 4. Машинным представлением ВПГС 1 и ВПГС 2 является числовой формат СВМ.

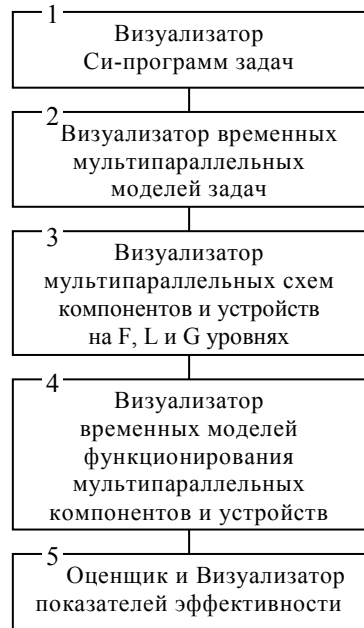


Рис. 1. Обобщенная схема и функциональность модулей системы визуализации

Таблица 1  
Время выполнения операций

Операция	ТО
-	1.00
*	10.00
=	2.00
stop	1.00
bp	1.00
/	35.00

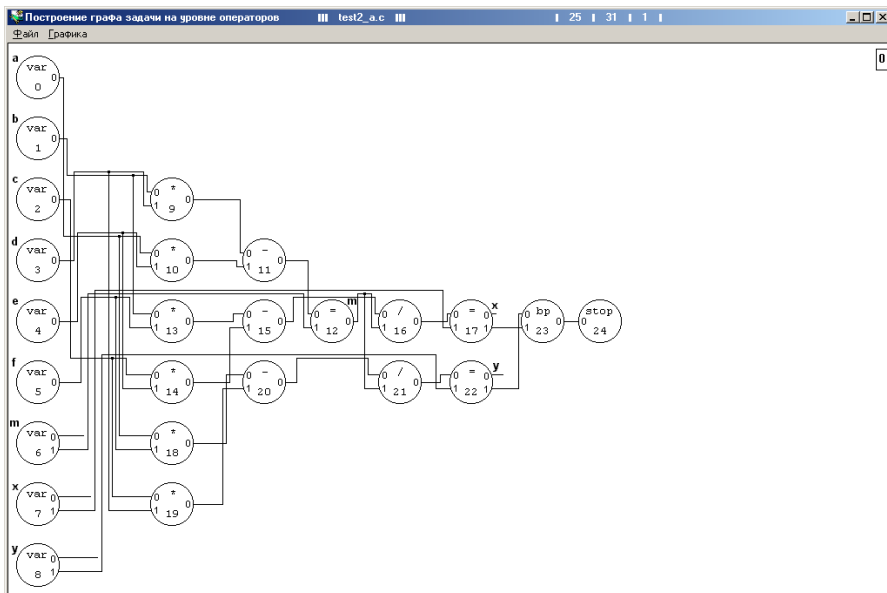


Рис. 2. Граф Си-программы задачи 1

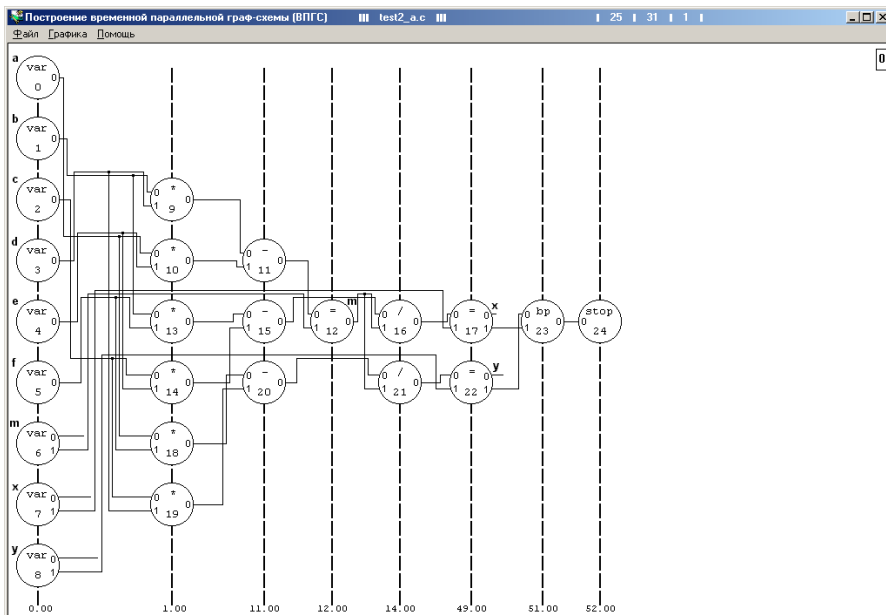


Рис. 3. Сжатая параллельная модель (ВПГС 1) задачи 1 при  $NM = 6$

Таблица 2  
Распределение операций по ярусам

NO	NY	NT	NO	NY	NT
0	0	0.00	13	1	1.00
1	0	0.00	14	1	1.00
2	0	0.00	15	2	11.00
3	0	0.00	16	4	14.00
4	0	0.00	17	5	49.00
5	0	0.00	18	1	1.00
6	0	0.00	19	1	1.00
7	0	0.00	20	2	11.00
8	0	0.00	21	4	14.00
9	1	1.00	22	5	49.00
10	1	1.00	23	6	51.00
11	2	11.00	24	7	52.00
12	3	12.00			

Таблица 3  
Распределение операций по ярусам

NO	NY	NT	NO	NY	NT
0	0	0.00	13	2	11.00
1	0	0.00	14	2	11.00
2	0	0.00	15	4	31.00
3	0	0.00	16	6	34.00
4	0	0.00	17	7	69.00
5	0	0.00	18	3	21.00
6	0	0.00	19	3	21.00
7	0	0.00	20	5	32.00
8	0	0.00	21	6	34.00
9	1	1.00	22	7	69.00
10	1	1.00	23	8	71.00
11	4	31.00	24	9	72.00
12	5	32.00			

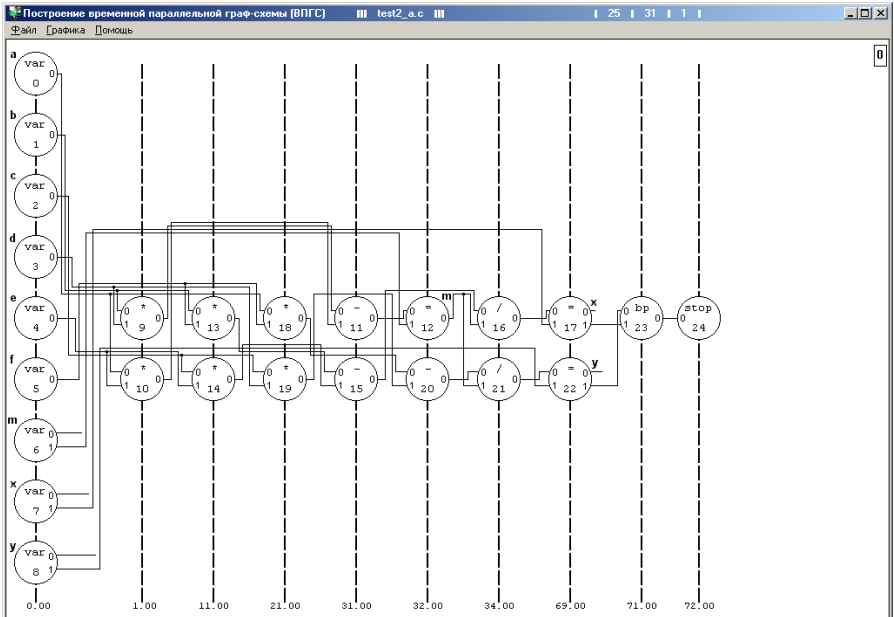


Рис. 4. Архитектурно-ориентированная параллельная модель (ВПГС 2) задачи 1 при  $NM = 2$

**Третий модуль** (рис. 1) – выполняет визуализацию функциональных (F), логических (L) и вентиляльных (G) схем компонентов и цифровых устройств, синтезированных в формате СВМ.

```
void main(void)
{
    int a,b,c,d;
    d=(a*b+c)%3;
}
```

Текст 2. Си-программа задачи 2

Си-программа простой задачи 2, выбранной для иллюстрации, представлена в тексте 2. В качестве демонстрируемых результатов визуализации были взяты лишь функциональные (F) схемы устройства.

На рис. 5 показан результат визуализации F-схемы устройства с конвейерной обработкой данных и однофазным блоком синхронизации.

Рис. 6 дает визуальное представление устройства с синхронной обработкой данных и многофазной системой синхронизации. Си-граф задачи 2, ВПГС  $G1(t)$  и  $G2(t)$ , визуализирующие временные модели решения задачи 2 для двух рассматриваемых вариантов устройств, а также их L- и G-схемы в статье не приводятся.

**Четвертый модуль** (рис. 1) – обеспечивает визуализацию (в форме ВПГС) временных мультипараллельных моделей функционирования F- и G-схем устройств, автоматически синтезированных средствами ИАП. Отличие ВПГС-моделей работы устройства от ВПГС-моделей решения задачи заключается в наличии в моделях работы устройств операторов-вершин, интерпретирующих функции и временные задержки коммутационных и управляющих элементов синтезированных F- и G-схем. В связи с этим соответствующие модели в статье не приводятся.

**Пятый модуль** (рис. 1) – обеспечивает решение двух задач: а) расчет (по ВПГС моделей решения задачи и/или моделей работы устройств) количественных значений временных показателей эффективности: времени решения  $T$ , нормированного сокращения времени решения задачи  $DT = (T_{\text{пос}} - T_{\text{пар}}) / T_{\text{пос}}$ , коэффициента использования оборудования  $S$  и показателя эффективности распараллеливания  $W = DT \cdot S$ ; б) графическое представление временных показателей эффективности в виде гистограмм.

В табл. 4 представлены результаты оценок времени решения  $T$  задачи 1 при изменении ширины NM параллельного процесса в пределах  $NM = 1..6$  (значения времени выполнения операций задачи заданы в табл. 1). Табл. 5 показывает результаты оценок коэффициента использования оборудования  $S$ . На рис. 7 – 10 представлены гистограммы изменения соответствующих временных показателей эффективности  $T$ ,  $S$ ,  $DT$  и  $W$  в зависимости от  $NM$ .

**Выводы.** 1. Существующие САПР характеризуются ограниченной сложностью объектов проектирования (проблема SoC) и большими временными затратами (проблема T2M), обусловленными существенным творческим участием человека в проектировании. Выходом из ситуации считается создание Систем Автоматического Проектирования Аппаратных Средств.

2. Разработанная методика дает решение одной из актуальных задач процесса проектирования – обеспечивает визуализацию основных субъектов проектирования мультипараллельных цифровых устройств.

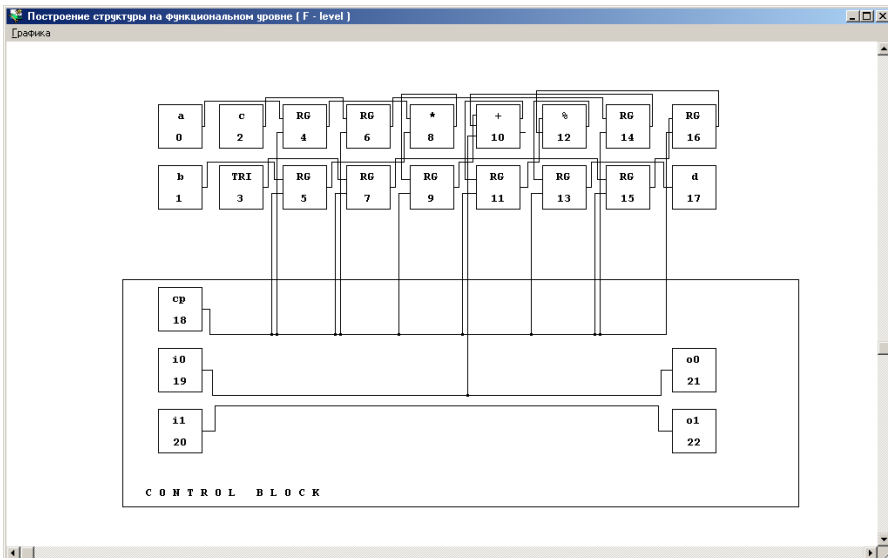


Рис. 5. Функциональная схема устройства с конвейерной обработкой и однофазной синхронизацией

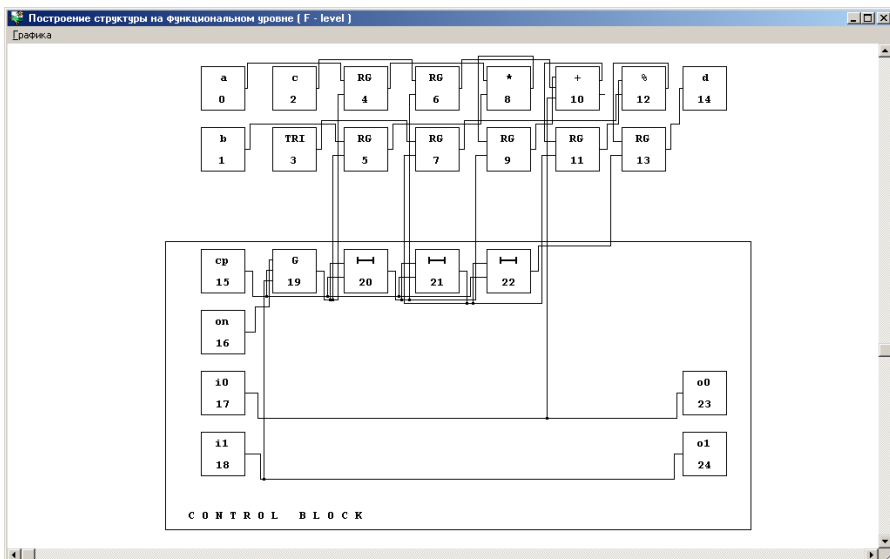


Рис. 6. Функциональная схема устройства с синхронной обработкой и многофазной синхронизацией

Таблица 4  
Время решения задачи

NM	T
1	141.00
2	72.00
3	62.00
4	60.00
5	60.00
6	52.00

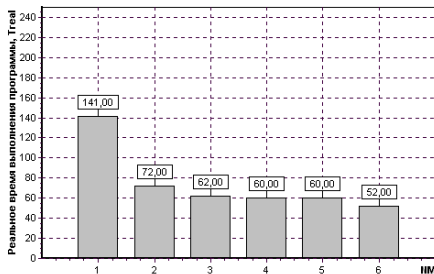


Рис. 7. Зависимость времени решения T задачи 1 от NM

Таблица 5  
Коэффициент использования оборудования

NM	S
1	1.00
2	0.74
3	0.55
4	0.42
5	0.34
6	0.31

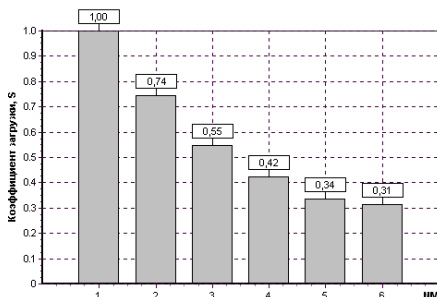


Рис. 8. Зависимость коэффициента использования оборудования S задачи 1 от NM

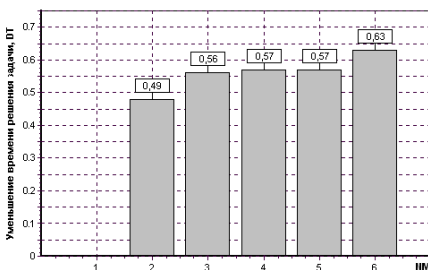


Рис. 9. Зависимость сокращения времени решения DT задачи 1 от NM

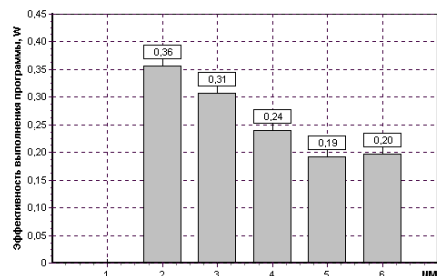


Рис. 10. Зависимость показателя эффективности распараллеливания W задачи 1 от NM

3. В отличие от существующих САПР, основанных на применении текстового формата данных (языки Verilog, VHDL и др.), данная методика базируется на спецификации всех объектов проектирования в едином числовом формате SVM. Это обеспечивает возможности существенного сокращения времени визуализации и увеличения размерности объектов проектирования.

4. Формализованный характер методики позволяет считать ее основой для создания сквозной системы автоматической визуализации стати-



ко-динамических объектов для перспективных Систем Автоматического Проектирования мультипараллельных аппаратных средств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каляев А.В. Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой. – М.: Радио и связь, 1984. – 240 с.
2. Поляков Г.А. Основы построения и автоматического проектирования самоорганизующихся систем параллельной цифровой обработки информации и повышение эффективности комплексов радиолокационного вооружения ПВО / Под общ. ред. проф. В.К. Стрельникова. – Х.: ВИРТА ПВО, 1986. – 571 с.
3. Поляков Г.А. Адаптивные самоорганизующиеся системы с мультипараллельной обработкой данных – стратегия развития цифровой вычислительной техники в XXI веке // Прикладная радиоэлектроника. – Х.: АН ПРЭ, ХНУРЭ. – 2002. – Т. 1, № 1.
4. Поляков Г.А. Проблемы создания систем совместного автоматического проектирования аппаратно-программных средств для мультипараллельной цифровой обработки данных // 1-й Международный радиоэлектронный Форум "Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития". МРФ. – 2002. Ч. 2. – Х.: АН ПРЭ, ХНУРЭ. – 2002. – 656 с.
5. Polyakov Gennady. The Hard-and-Soft Automatic Design of Self-Organizing Adaptive Systems // Radioelectronics&Informatics. – 2003. – № 3.
6. Кривуля Г.Ф., Хаханов В.И. Новые информационные технологии проектирования цифровых систем // 1-й Международный радиоэлектронный Форум "Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития". МРФ. – 2002. – Ч. 2. – Х.: АН ПРЭ, ХНУРЭ, – 2002. – 656 с.
7. The EDN System Design Series, Part 1. – P. 24, Part 2. – 2001. – 40 p.
8. Amtel Corporation Programmable Logic and System-Level ICs Data Boor. Amtel Corporation, 2000.
9. Mercury programmable logic device family. – Altera data sheet, 2001. – 83 p.
10. Поляков Г.А., Умрихин Ю.Д. Автоматизация проектирования сложных цифровых систем коммутации и управления. – М.: Радио и связь, 1988. – 304 с.
11. Толстодужская Е.Г. Методика формализованного синтеза мультипараллельных архитектурно-ориентированных моделей решения задач // Сборник научных трудов Института проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова АН Украины. – К.: ИПМЭ. – 2003. – Вып. 22. – С. 206 – 215.

Поступила 19.04.2004

**ПОЛЯКОВ Геннадий Алексеевич**, Академия наук Прикладной Радиоэлектроники, профессор, доктор технических наук. Область научных интересов – Адаптивные Самоорганизующиеся технологии и Системы с мультипараллельной обработкой данных.

**ОНИЩЕНКО Валерий Валентинович**, старший научный сотрудник ИВЦ ХВУ. В 1991 году окончил Харьковский институт радиоэлектроники. Область научных интересов – методы и средства автоматической визуализации для систем автоматического проектирования мультипараллельного аппаратно-программного обеспечения.