



2. Докучаев А.В., Котенко А.П. Построение графа задачи оптимизации сетевого планирования и управления // Информационные, измерительные и управляющие системы (ИИУС-2010): Материалы международной научно-технической конференции. 17-21 мая 2010 г. Самар. гос. техн. ун-т. – Самара, 2010. – с. 291-294.

3. Докучаев А.В., Котенко А.П. Построение графа задачи оптимизации сетевого планирования // Сб. Математическое моделирование и краевые задачи: Тр. седьмой Всероссийской научной конференции с международным участием. Ч.2: Моделирование и оптимизация динамических систем и систем с распределёнными параметрами. – Самара: Самар. гос. тех. ун-т, 2010. – с. 86-90.

4. Дидрих И.В. О надёжности программно-технических комплексов // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. – с. 442-444.

5. Мясникова Е.А., Тюгашев А.А. Параметрический генератор управляющих программ реального времени // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013. – с. 354-357.

6. Постовалова И. П. Эффективный синтез сетевой модели «работы-дуги» с минимальным числом фиктивных работ. Управление большими системами, 2014, выпуск 52, – с. 118–132.

Н.В. Ефимушкина, Д.А. Панюшкин

## ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАМЯТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

### Введение

Общеизвестно, что современные вычислительные системы характеризуются сложными структурами и режимами функционирования. Для изучения особенностей их работы используются методы теории вычислительных систем (ВС) [1, 3]. Наиболее достоверные результаты позволяют получить эксперименты непосредственно над объектом в реальных или специально созданных условиях. Высокая сложность вычислительных систем ограничивает применение этих методов для обучения студентов.

### Формулировка проблемы

Наиболее перспективными представляются методы имитационного моделирования, которые предполагают описание системы в виде алгоритма, называемого имитационной моделью. Соответствующая программа содержит процедуры, воспроизводящие структуру системы и протекающие в ней процессы. Важнейшее свойство имитационного моделирования — универсальность. Ме-



тод позволяет исследовать системы любой сложности, учитывать влияние различных факторов и воспроизводить типовые ситуации. Важной особенностью рассматриваемого метода является возможность использования средств анимации, которые обеспечивают большую наглядность.

В настоящее время из аналогов автору известен только пакет программ имитационного моделирования компьютерных сетей, Ornet. Этот пакет не пригоден для изучения отдельных ЭВМ и систем на их основе. Предлагаемый комплекс включает в себя модели именно таких объектов.

При разработке моделей решался целый ряд проблем:

- 1) Выбор основных элементов исследуемых систем, которые должны быть отображены в модели;
- 2) Определение уровня детализации параметров объекта;
- 3) Оценка адекватности модели.

При решении первой проблемы в качестве объектов исследования были выбраны:

- а) Центральная часть современного компьютера, содержащая центральный процессор и кэш память;
- б) Подсистема памяти, включающая в себя оперативное (ОЗУ) и внешнее (ВЗУ) запоминающие устройства, работающие в режиме прямого доступа.

В моделях необходимо было отобразить основные элементы систем, которые определяют особенности их функционирования. Подсистема памяти имеет иерархическую многоуровневую структуру. Именно такая структура и исследуется в моделях. Подсистема «кэш – оперативная память» может быть организована тремя различными способами. Соответствующая модель позволяет исследовать все три типа кэш, а также различные режимы обмена строками, применяемые в реальных подсистемах. Традиционным способом обращения к файлам на внешних носителях является прямой доступ между ОЗУ и ВЗУ. Соответствующая модель позволяет исследовать такой режим работы этих устройств.

Другой проблемой при разработке моделей был выбор состава параметров, описывающих объекты. Они должны обеспечивать уяснение основных особенностей функционирования вычислительных систем и их устройств. При этом второстепенные факторы, усложняющие объекты, необходимо отбросить.

Описываемый подход привел к использованию упрощенных моделей подсистем. Так, в них не отображаются периферийные устройства, а в первой – даже центральный процессор. Модели содержат минимальное количество элементов, оказывающих влияние на работу объекта.

#### **Описание моделей для исследования памяти вычислительных систем**

Рассматриваемые модели представляют собой пакет программ имитационного моделирования подсистемы памяти современных вычислительных систем. Он предназначен для проведения лабораторных работ по дисциплине «ЭВМ и периферийные устройства» для направлений 09.03.01 и 09.03.04. Пакет может быть полезен при исследовании реальных компьютеров, имеющих по-



добную архитектуру. Он позволяет изучить особенности организации вычислительных процессов в подсистеме их памяти. Имеется возможность исследовать влияние самых разнообразных факторов на производительность этих устройств и систем. Пакет обеспечивает оценку временных характеристик. Он включает в себя имитационные модели для исследования следующих подсистем:

- 1) Кэш – оперативная память;
- 2) Оперативная память – ВЗУ.

Общеизвестно, что память вычислительных систем имеет многоуровневую иерархическую структуру и включает в себя регистровое, кэш, оперативное и внешние запоминающие устройства. Основная идея такой иерархии – согласование скоростей работы операционных устройств, в первую очередь процессора, с запоминающими. При этом если информация хранится на верхнем уровне, то имеется ее копия и на нижнем [1].

Например, кэш-память исполняет роль буфера между ОП и процессором. Ее организация существенно влияет на производительность системы в целом. В основу иерархии памяти положен принцип локальности ссылок, в соответствии с которым программа и обрабатываемые ею данные образуют компактные области, занимающие ячейки с последовательными адресами. Обращение к кэш-памяти может закончиться двояко: попаданием (если информация найдена) или кэш-промахом (если информации нет).

Существует три типа организации описываемой памяти [1-3]:

- с прямым отображением;
- полностью ассоциативная;
- множественно-ассоциативная.

Первая является наиболее простой, но считается, что она характеризуется большим числом промахов. Полностью ассоциативный кэш – самый быстродействующий и самый сложный. Наиболее распространенной является множественно-ассоциативная память, содержащая несколько параллельных блоков. В ней для поиска блоков используется прямое отображение, а внутри блока - полностью ассоциативный метод или наоборот. Программный комплекс включает в себя модель подсистемы «кэш - оперативная память», которая позволяет изучить различные структуры кэш, основные методы замещения строк в ней, а также влияние объемов памяти обоих типов и времени выполнения операций обращения к ним на общие характеристики работы системы. При этом важная роль отводится визуализации процессов, протекающих в подсистеме. Пример экранной формы для исследования множественно-ассоциативной кэш-памяти приведен на рис. 1.

Использование в моделях принципа локальности ссылок, который упоминался ранее, привело к тому, что отображение информации из ОП в кэш прямого отображения и полностью ассоциативный осуществляется практически одинаково. Это приводит к тому, что частота промахов у таких устройств практически одинакова. Она растет только с увеличением размеров программ и массивов данных до значений, превышающих размеры кэша.

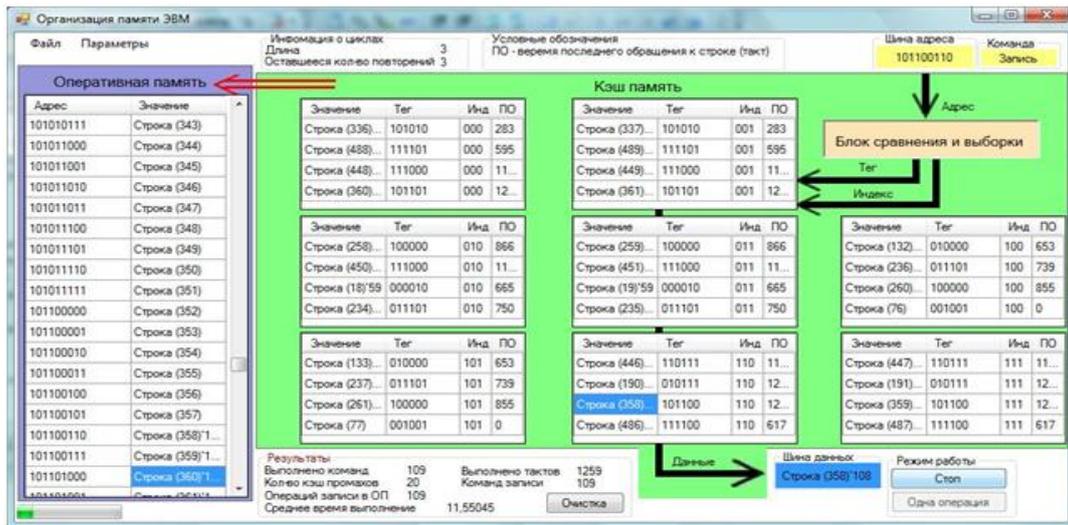


Рис. 1

Вычислительный процесс, порождаемый программой в современных ЭВМ неймановской архитектуры, начинается с процессорной обработки. Затем происходит его прерывание и обращение к одному из внешних устройств: накопителю или устройству ввода-вывода. Выполнение программы представляет собой последовательность этапов «счет на процессоре – обращение к внешнему устройству», которая завершается процессорной обработкой. Программный комплекс включает в себя модель, имитирующую реализацию такого процесса в подсистеме «оперативная память – ВЗУ». Пример экранной формы для исследования вычислительного процесса, протекающего в такой подсистеме, входящей в состав современной ЭВМ с типовой архитектурой, представлен на рис. 2.

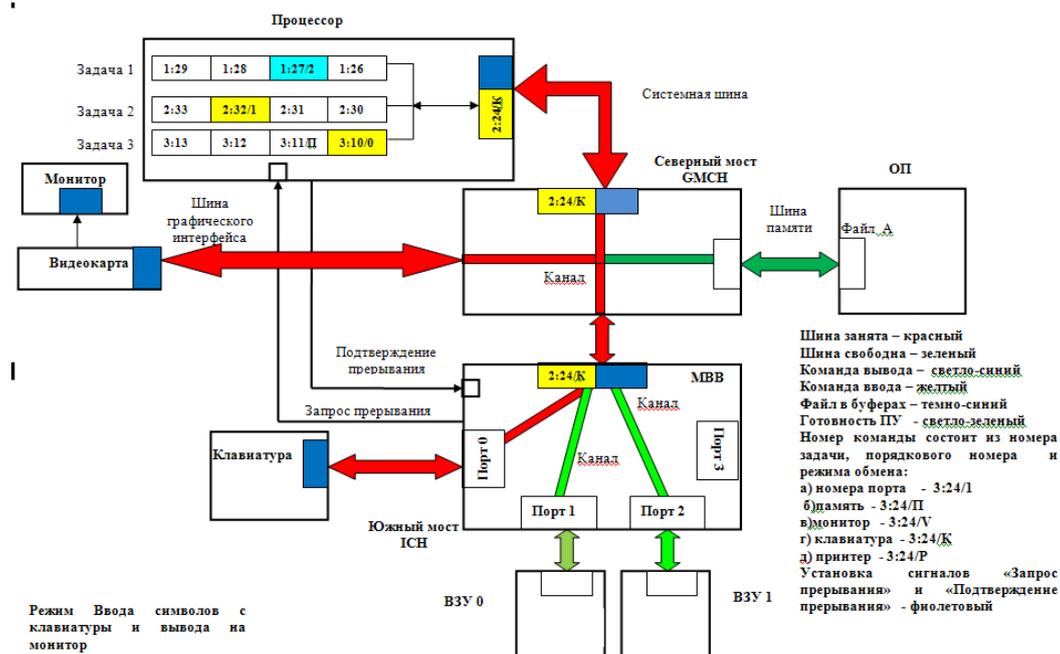


Рис. 2



### Заключение

Предлагаемый программный комплекс содержит три модели типовых многопроцессорных систем. Он используется при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Высокопроизводительные вычислительные системы» студентами направлений 230100 и 231000. Имитационные модели разработаны с использованием универсальных сред (Delphi и C++). Они являются упрощенными и воспроизводят основные элементы структур и режимов функционирования объектов, что обеспечивает простоту усвоения материала и позволяет определять наиболее оптимальные параметры структур и режимов. Важной особенностью моделей является визуализация исследуемых процессов. Она обеспечивает максимальную наглядность и оптимальный режим обучения.

### Литература

1. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера: пер. с англ. / Э. Таненбаум.- Изд. 5-е.- СПб., 2010. - 848 с.
2. Хамахер, К. Организация ЭВМ: пер. с англ. / К. Хамахер, З.Вранешич, С. Заки; Сер.: Классика computer science.- Изд. 5-е.; - СПб: Питер, 2003г. - 845 с.
3. Орлов С.П. Организация компьютерных систем: учебное пособие/С.П. Орлов, Н.В. Ефимушкина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – 188 с.

С.Л. Забелин, К.В. Жеголко, В.Д. Фроловский

## МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОЛИВА

(Новосибирский государственный технический университет, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики)

Одним из путей ускорения научно-технического прогресса является автоматизация конструкторских и технологических решений в САПР и АСТПП на базе широкого внедрения современных информационных технологий. При решении многих задач проектирования необходимо учитывать их геометрические особенности, что позволило выделить их в отдельный класс задач геометрического проектирования. В качестве примеров можно назвать задачи рационального раскроя материалов, задачи автоматизированного проектирования генеральных планов промышленных предприятий, задачи проектирования цифровой аппаратуры, проектирования систем воздушного и космического наблюдения, систем безопасности, систем освещения, агротехнических систем, и других. Задача геометрического покрытия относится к проблематике «раскроя и упаковки» (*Cutting and Packing, C&P*). В течение последних шестидесяти лет эта проблема привлекает внимание научных исследователей и производителей. Научное начало рациональному использованию материалов заложено