

ГЛАВА 7

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С ПРОГРАММИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

Десять лет, прошедшие с момента появления первой ЭВМ, позволили выявить пределы в развитии средств обработки информации на основе концептуальной машины Дж. фон Неймана, на основе модели вычислителя (см. 2.10). Исследователи и проектировщики средств обработки информации уже в начале 60-х годов 20 столетия пришли к ясному пониманию необходимости технической реализации новых принципов обработки информации.

Работы по созданию вычислительных средств, основанных на модели коллектива вычислителей, были начаты в Институте математики (ИМ) Сибирского отделения АН СССР в начале 60-х годов по инициативе математика и механика С. Л. Соболева (1908–89; академик АН СССР с 1939). Непосредственным руководителем этих работ стал специалист в области вычислительной техники Э.В. Евреинов (1928; доктор технических наук с 1968, профессор с 1972). Первая работа сотрудников ИМ СО АН СССР [1] о возможности построения вычислительных систем высокой производительности опередила американские публикации в данной области примерно на 6 месяцев. В середине 60-х годов выходит в свет монография [2], обобщающая первые результаты работ ИМ СО АН СССР по функциональным структурам вычислительных систем и параллельному программированию; под руководством Э.В. Евреинова создаются первые ВС [3]: “Минск-222” (1965-1966 гг.) и управляющая вычислительная система для автоматизации научных исследований (1964-1967 гг.). К началу 70-х годов завершается формирование концепции вычислительных систем (ВС) с программируемой структурой, как средств обработки информации, основанных на модели коллектива вычислителей. Уместно заметить, что первоначальное название рассматриваемых средств – “Однородные вычислительные системы” [2], в конце 70-х годов закрепляется название “ВС с программируемой структурой” (см. [3], стр.26), так как оно точнее отражает архитектурные возможности систем–коллективов вычислителей. “Однородные ВС” и “ВС с программируемой структурой” – следует рассматривать как синонимические термины.

Начиная с 70-х годов 20 столетия теоретические и проектные работы в Сибирском отделении АН СССР (ныне СО РАН) по вычислительным системам с программируемой структурой ведутся под руководством одного из разработчиков первой ВС с программируемой структурой “Минск-222” В.Г. Хорошевского (1940; доктор технических наук с 1974 г., член-корреспондент РАН с 2000 г.). Главными направлениями работ становятся:

- архитектура вычислительных систем;
- теория структур ВС: анализ и синтез структур сетей межмашинных связей;
- теория функционирования ВС: организация оптимального (субоптимального, стохастически оптимального) функционирования ВС в моно- и мультипрограммных режимах (обработки наборов и обслуживании потоков параллельных задач);
- надежность и живучесть (потенциальная и структурная) ВС;
- самодиагностика и самоконтроль ВС;
- отказоустойчивые параллельные вычислительные технологии;
- проектирование вычислительных систем;
- распределенные операционные системы;
- системы параллельного программирования;
- параллельные алгоритмы и программы для решения прикладных задач.

Работы по вычислительным системам из академической сферы распространяются в промышленность, под руководством автора данной книги создается ряд вычислительных систем: МИНИМАКС (1975 г.), СУММА (1976 г.), МИКРОС (1986 г.), МИКРОС-2

(1992 г.), МИКРОС-Т (1996 г.). Выходит в свет большое число публикаций как сотрудников СО АН СССР (СО РАН), так и других организаций. В 1978 г. издательством “Наука” публикуется монография Э.В. Евреинова и В.Г. Хорошевского “Однородные вычислительные системы”. Академик С.Л. Соболев дал (23.12.1977 г.) следующий отзыв:

“Книга – фундаментальный труд по теории и практике высокопроизводительных систем, основанных на новых принципах обработки информации. Созданное и развитое авторами научное направление однородных вычислительных систем является стержнем книги. Концепция однородных вычислительных систем позволяет в максимальной степени исчерпать современные достижения технологии микропроцессоров.

Книга представляет большой интерес для широкого круга ученых и специалистов промышленности”.

Значимость разделов этой книги, посвященных теории функционирования вычислительных систем, была оценена с достаточной полнотой только через 20-25 лет после её опубликования. Это объясняется тем, что только в конце 20 столетия появились реальные условия для создания вычислительных систем действительно с массовым параллелизмом (см. главы 4-6).

В 90-х годах 20 столетия активизируются работы по построению отечественных промышленных ВС с массовым параллелизмом. Работы по созданию ВС семейств МВС-100 и МВС-1000 выполнены в кооперации научно-исследовательских институтов РАН и промышленности; головные организации: Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН и НИИ “Квант” РАСУ; руководитель работ – В.К. Левин (1929; член-корреспондент РАН с 1987 г.).

Вычислительные системы семейства МВС-100 эксплуатируются с 1992 г.; системы масштабируемые: число процессоров в различных конфигурациях от 4 до 128; производительность конфигураций ВС – в промежутке от 400 MegaFLOPS до 10 GigaFLOPS. Системы семейства МВС-1000 поставляются с 1998 г.; большемасштабные конфигурации ВС позволяют достичь производительности $10 \cdot 10^3$ GigaFLOPS.

Вычислительные системы (ВС) с программируемой структурой – это распределенные средства обработки информации. В таких ВС нет единого функционально и конструктивно реализованного устройства: все компоненты (устройство управления, процессор и память) являются распределенными. Тип архитектуры ВС – MIMD; в системах заложена возможность программной перенастройки архитектуры MIMD в архитектуру MISD или SIMD. (см. 3.4.2).

Основная функционально-структурная единица вычислительных ресурсов в системах рассматриваемого класса – это *элементарная машина* (ЭМ). Допускается конфигурирование ВС с произвольным числом ЭМ. Следовательно, ВС с программируемой структурой относятся к масштабируемым средствам обработки информации и допускают формирование конфигураций с массовым параллелизмом (scalable massively parallel architecture computing systems).

Вычислительные системы с программируемой структурой диалектически сочетают в себе достоинства универсальных и специализированных средств обработки информации, в них допускается автоматическое формирование виртуальных проблемно-ориентированных конфигураций. В таких ВС с достаточной полнотой воплощены перспективные архитектурные принципы, системы основаны на модели коллектива вычислителей (см. 3.1), обладают большими потенциальными возможностями по обеспечению высоких значений показателей эффективности функционирования.

Ниже будут даны основные понятия ВС с программируемой структурой и описаны архитектуры реализаций систем (ВС “Минск-222”, МИНИМАКС, СУММА, МИКРОС, МВС). Каждая из реализаций по сути является семейством распределенных моделей или средств обработки информации. Модели формируются на единой аппаратно-программной базе и отличаются друг от друга структурой сети межмашинных связей и/или составом (числом ЭМ и их конфигурацией). Архитектура каждой реализации ВС

характеризуется предельной гибкостью, отвечающей текущему уровню развития элементной базы и технологии производства средств вычислительной техники.