Система малых ЭВМ (СМ ЭВМ)

С 1974 г. стержнем научно-технической политики Минприбора СССР в области средств вычислительной техники стало создание Системы малых ЭВМ (СМ ЭВМ). В 1974 г. решением Межправительственной комиссии по сотрудничеству социалистических стран в области вычислительной техники (МПК по ВТ) ИНЭУМ был определен головной организацией по СМ ЭВМ, а Б. Н. Наумов назначен Генеральным конструктором СМ ЭВМ. Комплексом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по СМ ЭВМ занималось более 30 институтов и предприятий СССР, Болгарии, Венгрии, ГДР, Кубы, Польши, Румынии и Чехословакии.

СМ ЭВМ была построена как агрегатная система технических и программных средств вычислительной техники, нормативного, методического, эксплуатационного обеспечения архитектурных, схемотехнических и конструктивных решений.

Авторитет и роль ИНЭУМ как головной организации по СМ ЭВМ, в создании которой участвовало несколько десятков организаций и предприятий сотрудничавших стран, были поддержаны опытом и квалификацией инженерной школы малых ЭВМ  И. С. Брука и школы построения систем машин и агрегатных комплексов, формировавшейся под руководством Б. Н. Наумова

Б. Н. Наумов в качестве Генерального конструктора СМ ЭВМ вел последовательную линию на принятие международных стандартов на интерфейсы аппаратуры, системы программирования СМ ЭВМ, конструктивы, определяющие типоразмеры печатных плат, панелей и стоек, и других нормативов, обеспечивающих сопряжение устройств разных изготовителей в составе комплексов.

Предложенные принципы технологии и стандарты СМ ЭВМ охватывали все аспекты унификации элементов, узлов и устройств, конструкций, моделей ЭВМ и комплексов на их основе, программных средств с учетом технологии и мощности отечественной промышленности и позволили организовать крупносерийное производство и создание прикладных систем на базе СМ ЭВМ. Без этой нормативной базы, с самого начала разработанной Советом Главных конструкторов (СГК СМ ЭВМ), было бы невозможно обеспечить крупносерийное промышленное производство СМ ЭВМ на специализированных предприятиях, находящихся в разных странах. Большую роль в согласовании нормативной базы сыграли секции специалистов СГК СМ ЭВМ, которыми руководили М. А. Боярченков, А. Н. Кабалевский, В. П. Семик, Е. Н. Филинов, С. Н. Хрущев, Т. Д. Чернина.

Сформированная научно-техническая политика была закреплена решениями о применении международных стандартов, стандартами СЭВ, государственными и отраслевыми стандартами.

При разработке СМ ЭВМ было принято несколько общих принципов, важнейшими из которых были:

* обеспечение преемственности в прикладном программном обеспечении по отношению к ЭВМ и УВК, выпускавшимся ранее, — моделям АСВТ-М: М-400 (СМ 3, СМ 4, СМ 1300, СМ 1420), М 5000 (СМ 1600), М 6000/7000 (СМ-1,СМ-2, СМ 1210, СМ 1634), “Мир”(СМ 1410);
* построение систем с разделением функций, использующих универсальные и специализированные процессоры СМ ЭВМ;
* широкое применение микропрограммного управления для реализации основных функций процессоров и контроллеров;
* применение программируемых контроллеров периферийного оборудования;
* общая для ряда моделей номенклатура периферийного оборудования за счет стандартных интерфейсов периферийных устройств и устройств связи с объектом;
* развитая номенклатура адаптеров передачи данных для сопряжения СМ ЭВМ с линиями связи в соответствии с международными стандартами;
* средства сопряжения СМ ЭВМ с ЕС ЭВМ в гетерогенных системах (например, эмуляции терминалов ЕС ЭВМ на СМ ЭВМ и др.);
* построение проблемно-ориентированных комплексов, выпускаемых промышленностью на базе моделей СМ ЭВМ: специфицированные управляющие вычислительные комплексы (УВК), поставляемые заводами по спецификациям заказчиков; измерительно-вычислительные комплексы (ИВК) с аппаратурой САМАС или АСЭТ ГСП; автоматизированные рабочие места (АРМ) для САПР в машиностроении, радиоэлектронике и строительстве;
* единые для всех средств СМ ЭВМ конструктивы, соответствующие стандартам Международной электротехнической комиссии.

ИВК, созданные на базе СМ ЭВМ, средств САМАС или АСЭТ, были ориентированы на автоматизацию сложных экспериментов в реальном времени в различных областях науки и техники. Гибкость и модульность средств СМ ЭВМ, наличие развитых средств сопряжения с ЭВМ при проведении экспериментов в стандартах САМАС или АСЭТ, наличие проблемно-ориентированных системных и прикладных программных средств СМ ЭВМ обеспечили широкое использование ИВК в системах автоматизации научных исследований, в первую очередь в институтах АН СССР.

Появление СМ ЭВМ позволило в принципе изменить концепцию автоматизированных рабочих мест в САПР. Ранее САПР строились на базе больших многотерминальных ЭВМ, действующих, как правило, в пакетном режиме. Этим объяснялась низкая эффективность процесса проектирования. АРМы на базе СМ ЭВМ позволили значительно повысить эффективность, обеспечив диалоговый режим проектирования, получение результатов проектирования в удобной форме, возможность ввода, редактирования и вывода графических изображений, схем и чертежей. В состав АРМов входил широкий набор базового программного обеспечения машинной графики (ГРИС, ГКС, ИРГИС и др.). Наибольшее применение нашли АРМы, разработанные ИНЭУМ совместно с предприятиями Минрадиопрома, Минавиапрома, Миноборонпрома, Минприбора для радиоэлектроники (АРМ-Р), машиностроения (АРМ-М), строительного проектирования (АРМ-С), обработки экономической информации (АРМ-Э).

В составе СМ ЭВМ было создано несколько семейств микро- и мини-ЭВМ, управляющих и вычислительных комплексов на базе этих ЭВМ.

1. Семейство УВК СМ1, СМ2, СМ1210 класса 16-разрядных мини-ЭВМ

Модели этого семейства обладали полной программной совместимостью с М-7000 и односторонней совместимостью на уровне перемещаемых программ с М-6000. Процессоры СМ1П и СМ2П были построены с использованием принципа микропрограммного управления, который давал возможность проблемной ориентации системы команд за счет изменения содержимого микропрограммной памяти. Комплексы СМ1 и СМ-2 компоновались заводом-изготовителем по спецификации заказчика на базе процессоров СМ1П, СМ2П и агрегатных модулей из номенклатуры СМ ЭВМ с включением при необходимости периферийных устройств и устройств связи с объектом комплексов М-6000/М-7000 благодаря полной совместимости с ними по интерфейсу ввода-вывода. Обеспечивалось сопряжение СМ1 и СМ2 с ЕС ЭВМ, системой CAMAC, агрегатными комплексами ГСП: АСЭТ, АСКР, АСТМ, КТС ЛИУС и др.

Программное обеспечение УВК СМ 1 и СМ 2 было построено по модульному принципу, что позволяло компоновать программные системы в соответствии с требуемыми режимами работы и выполняемыми функциями на заданной конфигурации технических средств. В составе программного обеспечения были предусмотрены:

* различные комплекты микропрограмм;
* однозадачная ОС;
* многозадачная однопроцессорная ОС, обеспечивавшая приоритетную организацию выполнения задач и защиту памяти;
* многозадачная мультипроцессорная операционная система для УВК СМ-2, обеспечивавшая выполнение на двух процессорах двух старших по приоритету задач;
* операционные системы М-6000, адаптированные к однопроцессорным конфигурациям СМ1 и СМ2 с объемом оперативной памяти не более 32 К слов;
* библиотеки подпрограмм;
* проблемно-ориентированный пакет макроопределений, позволяющий проектировщику АСУТП компоновать системы сбора, анализа и обработки технологической информации;
* система подготовки прикладных программ на мнемокодах М-6000 и М-7000, макроязыке СМ1 и СМ2 (уровня макроассемблера), языках Fortran-II, Fortran-IV, диалекте АЛГОЛ-60 и языке Бейсик.

Разработка этого семейства была выполнена НПО “Импульс” (г. Северодонецк) под руководством В. В. Резанова, В. М. Костелянского. Серийный выпуск освоили Северодонецкий приборостроительный завод и ПО “Орловский завод УВМ им. К. Н. Руднева”. На объекты было поставлено около 17 тыс. УВК СМ 1, СМ 2, СМ-1210, в том числе более 10 тыс. для систем управления процессами. Наиболее широко они использовались в системах энергетического и военного назначения. Например, на космодроме Байконур было установлено более 100 таких комплексов.

2. Семейство УВК СМ3, СМ4, СМ 1420, СМ 1425 класса 16-разрядных мини-ЭВМ

Модели этого семейства обладали программной совместимостью с М-400 и семейством PDP-11 фирмы Digital Equipment.

Основная особенность архитектуры этого семейства — однотипная организация связей процессора с оперативной памятью и контроллерами внешних устройств на основе стандартного 16-разрядного системного интерфейса ОШ, позволявшая достаточно просто реализовать внепроцессорные обмены данными внешних устройств как с оперативной памятью, так и между собой с целью повышения производительности.

В процессорах СМ3П и СМ4П и контроллерах применялся микропрограммный принцип управления. Система команд предусматривала безадресные, одноадресные и двухадресные команды (всего 12 режимов адресации). Кроме операций над 16-разрядными словами могли выполняться операции над байтами, что существенно повышало производительность при обработке символьной информации. Была аппаратно реализована возможность организации стека в оперативной памяти, направленная также на повышение производительности. Также предусматривалась приоритетная пятиуровневая система прерываний.

В состав семейства входила модель СМ 1410, обладавшая программной совместимостью с ЭВМ для инженерных расчетов серии “Мир” благодаря наличию наряду с основным процессором СМ 4П процессора, интерпретировавшего алголоподобный язык программирования “Аналитик”.

Модель СМ 1420 — основная модель семейства на базе процессора СМ-4П. Вычислительный комплекс СМ-1425 являлся развитием СМ-1425, он имел более развитые архитектурные возможности, в частности в нем применялся 22-разрядный магистральный параллельный интерфейс МПИ.

В состав ПО семейства были включены:

* дисковая и резидентная в оперативной памяти операционные системы (СМ 3);
* семейство совместимых мультипрограммных операционных систем реального времени (ОС РВ) с большим числом уровней приоритета для различных конфигураций технических средств (СМ 4, СМ 1420, СМ 1425);
* дисковая диалоговая многотерминальная ОС с разделением времени ДИАМС;
* однопользовательская дисковая фоново-оперативная базовая операционная система ФОБОС;
* инструментальная мобильная операционная система ИНМОС типа Unix;
* реляционная СУБД;
* пакет программных модулей, расширяющих возможности ОС по телеобработке данных и позволяющих реализовать распределенные иерархические системы на базе М-4030 или ЕС ЭВМ и комплексов СМ 3, СМ 4;
* пакеты программ обработки графической информации;
* системы программирования, включающие трансляторы с языков: ассемблер, макроассемблер, Фортран-IV, Бейсик и диалоговый язык ДС СМ;
* процедурно-ориентированные пакеты прикладных программ, реализующих различные математические методы;
* проблемно-ориентированные пакеты прикладных программ, в том числе для управления лабораторными экспериментами, использования в медицине для обработки данных экономического характера.

В работах ИНЭУМ по СМ ЭВМ значительное внимание уделялось специализированным процессорам, обеспечивавшим повышение производительности вычислительных комплексов для конкретного класса решаемых задач. При разработке архитектуры семейства А. Н. Кабалевским и В. П. Семиком были развиты оригинальные принципы построения систем с разделением функций, благодаря которым удалось реализовать на доступной в то время элементной базе двухпроцессорные комплексы на базе универсальных и спецпроцессоров.

Среди них следует отметить комплекс на основе СМ 3П/СМ 4П и спецпроцессора быстрых преобразований Фурье (СПФ), разработанный ИНЭУМ совместно с Институтом радиотехники и электроники АН СССР и используемый для обработки радиолокационных изображений поверхности планеты Венера. Для этого крупномасштабного исследования, проведенного АН СССР под руководством академика В. А. Котельникова, требовалась вычислительная мощность, эквивалентная супер-ЭВМ, которой ИРЭ АН СССР не располагал. Задачу удалось решить с помощью мини-ЭВМ, расширенной СПФ.

Другой пример — параллельный матричный процессор (ПМП) для решения задач фильтрации, операций над векторами и матрицами, выполнения Фурье-преобразований. Для САПР сверхбольших интегральных схем был разработан спецпроцессор логического моделирования цифровых схем. Оригинальная конвейерная архитектура этого спецпроцессора обеспечивала ускорение моделирования по сравнению с ЭВМ общего назначения примерно в 1000 раз.

Приведенные выше данные о семействе СМ 3, СМ 4, СМ 1420, СМ 1425 свидетельствуют о том, что они не были копиями зарубежных прототипов, а обеспечивали программную совместимость с семейством мини-ЭВМ, наиболее распространенным на Западе в то время.

“Бытует мнение, — говорил Б. Н. Наумов, — что ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ представляли собой копии зарубежных образцов. Это мнение является ошибочным. ЭВМ Единой Системы так же, как и СМ ЭВМ, существенно отличаются от аналогичных зарубежных ЭВМ хотя бы уже потому, что они созданы на базе нашей отечественной технологии, а она неадекватна зарубежной. При разработке моделей Единой Системы и СМ ЭВМ была поставлена цель обеспечить в максимальной мере их совместимость с ЭВМ, разработанными в других странах. Такая цель вполне оправданна, поскольку в противном случае наша вычислительная техника была бы изолирована от мировых достижений в области компьютерной технологии и, в частности, принципиально не имела бы доступа к накопленному в мире программному обеспечению”.

Разработка семейства была выполнена ИНЭУМ при активном участии специалистов Киевского ПО “Электронмаш” под руководством Б. Н. Наумова, М. А. Боярченкова, В. Г. Захарова, А. Н. Кабалевского, Е. Н. Филинова.

Большой вклад в разработку внесли киевляне: В. А. Афанасьев, С. С. Забара, А. Е. Пилипчук, Э. И. Сакаев.

Серийное производство было освоено московским заводом “Энергоприбор” (комплексы СМ 3, СМ 1300) и Киевским заводом ВУМ (комплексы СМ 3 с 1978 г., СМ 4 с 1979 г., СМ 1420 с 1983 г., СМ 1420-1 с 1985 г., СМ 1425 с 1989 г.).

В 1981 г. за разработку и организацию серийного выпуска СМ 3 и СМ 4 группа ведущих специалистов во главе с Б. Н. Наумовым была отмечена Государственной премией СССР в области науки и техники.

3. Семейство вычислительных комплексов СМ 1600

Это семейство обладало программной совместимостью с моделью М-5000 АСВТ-М. Совместимость обеспечивалась двухпроцессорной конфигурацией комплекса на базе процессора СМ-4П и процессора, реализующего систему команд М-5000.

Разработка СМ 1600 была проведена ИНЭУМ (Б. Н. Наумов, А. Н. Кабалевский, В. П. Семик) совместно с СКБ Вильнюсского завода счетных машин (А. М. Немейкшис, С. И. Сидарас). Серийное производство было освоено Литовским ПО “Сигма”.

4. Семейство 32-разрядных вычислительных комплексов СМ 1700

Модели этого семейства обладали программной совместимостью с семейством VAX-11 фирмы Digital Equipment и односторонней совместимостью с 16-разрядными моделями семейства СМ 3, СМ 4, СМ 1420, СМ 1425.

Архитектура СМ 1700 поддерживала организацию виртуальной памяти, реализуемую с помощью контроллера управления памятью.

Система команд предусматривала операции над битовыми полями переменной длины, байтами, 32- разрядными словами и двойными словами. Некоторые команды были предназначены для работы с целыми числами длиной 64 и 128 разрядов. Для чисел с плавающей запятой были предусмотрены пять форматов данных, с помощью которых обеспечивалась разная точность вычислений.

Арифметико-логический процессор, процессор плавающей запятой, контроллер управления памятью, контроллер дисков и многофункциональный контроллер связи для управления устройствами ввода-вывода через системный интерфейс ОШ были микропрограммными.

В качестве системного интерфейса в модели СМ 1700 был применен интерфейс ОШ, обеспечивавший совместимость с аппаратурой семейства СМ 3/СМ 4, а в модели СМ 1702 — интерфейс МПИ, также принятый в СМ ЭВМ как стандартный.

Развитая система прерываний обеспечивала 15 уровней программно-генерируемых прерываний, что позволяло значительно упростить взаимодействие и синхронизацию процессов и процедур в ОС.

В составе семейства СМ 1700 для применения в САПР был предусмотрен комплекс моделирования цифровых схем. Периферийный субкомплекс, работающий под управлением центрального ядра СМ 1700, имел параллельную многопроцессорную организацию с распределенной по процессорам памятью программ и памятью данных и состоял из набора специализированных процессоров вентильного (ПВМ СМ) и функционального (ПФМ СМ) моделирования. С помощью этого комплекса в САПР СБИС возможно было решать задачи: верификации схем, отладки микропрограмм и подготовки данных для ПЗУ, ПЛМ, проверки корректности и полноты тестов БИС и СБИС, синтеза тестов, построения диагностических словарей.

В составе программного обеспечения СМ 1700 были предусмотрены:

* операционная система МОС ВП, поддерживающая виртуальную память;
* программные средства, поддерживающие совместимость МОС ВП с ОС РВ семейства СМ 3/СМ 4;
* сетевое ПО для локальных и территориально распределенных сетей ЭВМ;
* программные средства машинной графики, отвечающие международным стандартам на 2D- и 3D- графику;
* пакеты прикладных программ различного назначения.

Разработка семейства СМ 1700 проводилась под руководством Н. Л. Прохорова, Генерального конструктора СМ ЭВМ с 1984 г.

Модель СМ 1700 была разработана ИНЭУМ (В. И. Фролов, В. В. Родионов) совместно с Литовским ПО “Сигма” (А. Б. Чуплинскас, А. И. Драсутис, С. И. Сидарас, Б. Беляускас), освоившим ее серийное производство и выпустившим в 1987-1990 гг. 3 тыс. шт.

Модель СМ 1702 была разработана ИНЭУМ совместно с Киевским ПО “Электронмаш”, начавшим ее серийный выпуск с 1989 г.

5. Семейство УВК СМ-1800 на базе микро-ЭВМ

Первые модели этого семейства представляли собой 8-разрядные микро-ЭВМ на базе микропроцессора КР580, построенные по магистрально-модульному принципу с системным интерфейсом И41 (Multibus), принятым в качестве стандарта СМ ЭВМ. В составе моделей СМ 1800 были предусмотрены:

* три типа модулей процессоров;
* два модуля оперативной памяти (32К и 64К слов);
* два модуля постоянной памяти (4К и 8К слов) и модуль ППЗУ с ультрафиолетовым стиранием;
* свыше 60 типов модулей устройств связи с объектом, в том числе модули связи с приборным интерфейсом по ГОСТ 26.003-80;
* модули межмашинного обмена, обеспечивающие использование СМ 1800 совместно с ЭВМ верхнего уровня АСУ в качестве интеллектуальных устройств сопряжения с объектом, абонентских пунктов, концентраторов, фронтальных процессоров, а также в качестве коммутационных узлов в сетях ЭВМ;
* модуль связи с интерфейсом ОШ для обмена данными по прямому доступу между СМ 1800 и СМ 1420, СМ 1700;
* сетевые микропроцессорные адаптеры СМА, реализующие протоколы физического и логического уровней сетей передачи данных с пакетной коммутацией X.25;
* модули отображения информации, предназначенные для преобразования символьной и графической информации в видеосигнал стандартных видеоконтрольных устройств;
* модули — контроллеры устройств внешней памяти и ввода-вывода информации.



**СМ1814. Промышленное исполнение СМ1810. 1987 г.**

Модель СМ 1804 представляла собой вариант СМ 1800 в промышленном исполнении для использования на предприятиях с ограниченным доступом обслуживающего персонала.

Модель СМ 1810 представляла собой 16-разрядную микро-ЭВМ на базе микропроцессора К1810. Архитектура СМ 1810 предусматривала применение системного интерфейса И-41 с расширением его адресной шины до 24 разрядов, организацию страничной памяти. Центральный процессор этой модели МЦП-16 имел локальное двухвходовое ОЗУ объемом 256 Кб и ППЗУ для хранения программ и констант объемом 64 Кб. Он обеспечивал поддержку стандартных интерфейсов И-41, ИРПР-М и стыка С2. Предусматривалась возможность подключения арифметического сопроцессора и 8-разрядного модуля МЦП-1 в качестве процессора ввода-вывода, обеспечивающего сопряжение с модулями из состава СМ 1800.

Модель СМ 1814 представляла собой вариант СМ 1810 в промышленном исполнении.

Модель СМ 1820 — собой 32-разрядная микро-ЭВМ на базе микропроцессора 80386 фирмы Intel. В качестве магистрального системного интерфейса И-42 был принят стандарт Института инженеров по электротехнике и электронике IEEE (США).

Модель СМ 1820М на базе микропроцессора Pentium фирмы Intel реализована на основе системного интерфейса Compact PCI, ставшего в настоящее время стандартом де-факто. Архитектура и конструктивное исполнение УВК СМ 1820М обеспечивают возможность широкого применения в различных сферах народного хозяйства, в частности в атомной энергетике.

Программное обеспечение семейства СМ 1800 включало в себя:

* ОС общего назначения Микрос- 86, ДЕМОС, МДОС;
* инструментальные операционные системы ДОС 1810, БОС 1810;
* исполнительные ОС реального времени ОС СФП, БОС 1810.

Разработка моделей этого семейства была проведена в ИНЭУМ под руководством Н. Л. Прохорова при активном участии специалистов Киевского ПО “Электронмаш”. Серийное производство было освоено заводом ВУМ (Киев), НПО “ЭЛВА”(Тбилиси), Орловским заводом УВМ им. К. Н. Руднева, Черновицким ПО “Электронмаш”. В 1981-1990 гг. было выпущено более 11 тыс. УВК СМ 1800, СМ 1803, СМ 1804, а в 1987-1990 гг. более 18 тыс. УВК СМ 1810, СМ 1814, СМ 1820.

Использованные материалы:

1. <http://www.computer-museum.ru/histussr/sm_evm.htm>