

**СОЗДАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
МАШИНЫ ЕС-1033 и ОСВОЕНИЕ ЕЁ
В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

(аннотация)

В шестидесятых годах в странах СЭВ была принята программа создания ряда совместимых вычислительных машин различной производительности. Реализация программы обеспечила разработку и серийное производство машин третьего поколения Единой Системы "Ряд I". Создание спектра электронных вычислительных машин с единой структурой и по единой программе имело существенные преимущества - это концентрация экономических и интеллектуальных ресурсов для разработки и совершенствования математического обеспечения и расширение возможностей кооперации в производстве различных устройств вычислительной техники, в том числе, в рамках международного сотрудничества.

Одновременно в процессе разработки, изготовления и эксплуатации вычислительных машин "Ряда I" выявились присущие им недостатки и слабости:

- "сползание" параметров всех моделей к некоторому среднему уровню;
- более низкие показатели производительности моделей в классах, нежели это было анонсировано;
- несоответствие отдельных характеристик моделей классу, которому модель принадлежит, например, показателей производительности на экономических и инженерно-технических задачах.

Перечисленные недостатки вызваны отсутствием единого метода проектирования и единых принципов организации средств, которые могли бы позволить уже на начальном этапе проектирования с достаточной точностью рассчитать основные параметры, характеризующие принадлежность модели к тому или иному классу ЭВМ.

Проектирование от функциональной схемы привело к большой номенклатуре типовых электронных узлов, что определило достаточно высокую трудоемкость разработки и производства машин, потребовало большого количества кадров высокой квалификации. Все это сдерживало темпы роста выпуска остро необходимых народному хозяйству средств обработки данных.

В условиях ускорения темпов научно-технического прогресса, когда сроки морального старения изделий резко сокращаются, стало очевидным, что для выполнения задач X пятилетки по обеспечению страны вычислительной техникой необходимо обеспечить проектирование и производство качественно новых ЭВМ со значительно более высокими эксплуатационными и технологическими показателями.

Специальное конструкторское бюро Казанского завода ЭВМ обладало опытом разработки и внедрения в серийное производство вычислительных машин средней производительности. Это широко известные и хорошо зарекомендовавшие себя М-220М и М-222. Уже на стадии проектирования М-222 прорабатывались некоторые принципы построения машин третьего поколения и определенные технические решения, такие как система прерываний, каналы ввода-вывода, программа-супервизор, пакетная обработка, были воплощены в этой модели.

В 1971 году на Казанском заводе ЭВМ группа высококвалифицированных специалистов, в которую вошли авторы, приступила к анализу мирового уровня архитектуры и структурных решений систем обработки данных третьего поколения. В период с 1971 по 1973 год группой были разработаны проекты семейства вычислительных машин класса "мини" и системы разделения времени "Аист-К". Исследования в области малых машин и систем разделения времени имели важное значение при создании метода программированного проектирования и принципа "Зм" организации средств обработки. Это стало основой разработки новых вычислительных машин.

Анализ потребностей отечественных и зарубежных пользователей машин, изучение мирового рынка, оснащенности предприятий-изготовителей ЭВМ и исследование потенциала завода позволил сформулировать основные требования, которым должна удовлетворять машина средней производительности, выпускаемая в X пятилетке.

Основные требования рассматривались как совокупность трех интегральных показателей качества:

- доступности ЭВМ;
- надежности ЭВМ;
- стоимости ЭВМ.

Каждый из этих показателей был подвергнут тщательному анализу в зависимости от частных параметров, характеризующих несколько взаимосвязанных этапов:

- информационной подготовки и проектирования;
- подготовки производства;
- серийного производства;
- подготовки потребителя и гарантийного обслуживания;
- совершенствования программных средств.

В результате были сформулированы конкретные требования к ЭВМ ЕС-1033:

- производительность в классе научно-технических задач должна быть в пределах 180+220 тыс.оп/сек, в классе экономических - 120-150 тыс.оп/сек;
- интегральный показатель надежности должен обеспечиваться наработкой на отказ не менее 200 часов, временем восстановления - не более 30 минут, коэффициентом технического использования не менее 0,95;
- объем и номенклатура основного электронного оборудования должны быть минимальными в сравнении с мировыми образцами ЭВМ рассматриваемого класса;
- планируемые показатели должны базироваться на существующую технологию с минимальной перестройкой производства;
- должна быть обеспечена максимальная достоверность контроля качества узлов и ЭВМ в целом на всех этапах производства;
- аппаратно-программные средства контроля и восстановления должны обеспечивать высокую достоверность результатов вычислений, высокую точность и малое время локализации неисправностей;
- ЭВМ должна обладать патентной чистотой, конкурентоспособностью на внешнем рынке.

Исследования, проведенные ведущими специалистами завода, позволили сделать следующие выводы:

1. Традиционные структуры вычислительных машин средней производительности (IBM/360 и IBM/370) не позволяют добиться резкого улучшения показателей качества ЭВМ.
2. Требуется разработка новых, неиспользованных в мировой практике принципов построения процессоров и каналов вычислительных машин.
3. Выпускаемая МЭП элементная база ТТЛ не удовлетворяет требованиям к перспективным машинам по степени интеграции, логическим возможностям и номенклатуре.
4. Применение быстродействующих интегральных схем типа БСД экономически неоправдано для ЭВМ средней производительности и кроме того требует значительного изменения конструкций и техпроцессов на заводе, что увеличит сроки освоения.

В основу создания ЭВМ ЕС-1033 был положен разработанный коллективом авторов и впервые примененный в мировой практике разработки вычислительных машин средней производительности метод программированного проектирования технических средств. Метод налагает ряд ограничений на структуру. Основное ограничение связано с определением "прозрачности" (равнодоступности) компонент структуры. Общим случаем представления структур с "прозрачными" компонентами является магистральная организация. Идеальной производительностью будет обладать система, в которой каждая компонента структуры связана с каждой программируемой независимо-управляемой связью.

Только в такой системе можно достичь максимальной производительности и применить наиболее быстрые и экономичные алгоритмы. Однако, в силу объективных причин при современном уровне развития микроэлектроники и технологии подобная задача весьма далека от реального воплощения. В то же время, если рассмотреть процесс обработки информации, расчленив его на ряд дискретных моментов времени, то станет очевидно, что при применении определенного класса алгоритмов в каждый момент времени требуется ограниченное количество непосредственных соединений между компонентами. Рассмотрев возникающий при этом эффект в сочетании с принципами микропрограммирования, также предусматривающего разбиение процесса обработки на кванты, разработчики ЕС-1033 обосновали и применили структуру, содержащую оптимальное число независимо управляемых и равнозначных магистралей.

Вычислительные средства с магистральной структурой представляют собой решающую среду, пронизанную несколькими однотипными, независимо управляемыми магистралями данных, где каждый модуль структуры (блок, узел) подключается информационными полюсами к каждой из магистралей. При выполнении алгоритмов с помощью микропрограммирования структура настраивается на каждый такт работы, образуя новую конфигурацию. Такое техническое решение позволяет при наличии ограниченного числа магистралей получить эффект связи каждого элемента с каждым на конкретный момент времени при выполнении определенных алгоритмов.

Таким образом, определены три ограничения (принцип "ЗМ") на структуру средств, связанные с методом программированного проектирования:

- многоуровневая магистральная организация ;
- многоуровневая модульная организация ;
- многоуровневое микропрограммное управление.

Предложенная магистральная структура была успешно воплощена в ЕС-1033 и предопределила многие положительные ее качества. В машине использованы оригинальные технические решения, многие из которых имеют мировую новизну и признаны изобретениями.

Для реализации основополагающей идеи магистральной структуры была создана ячейка памяти, являющаяся основным элементом ЭВМ ЕС-1033. Разработчикам удалось выделить такую ячейку, которая обладая всеми признаками и основными свойствами элемента магистральной структуры, является в то же время элементарным обладающим универсальным применением модулем, что и определило его широкое применение в ЭВМ. В основе этой ячейки средней степени интеграции заложен элемент памяти, обращение к которому осуществляется одновременно и независимо с шести направлений, причем модуль не имеет выраженных информационных входов и выходов, а обладает "информационными полюсами", подключаемыми к магистралям.

В целях быстрее внедрения предложенной ячейки в производство, разработчики сделали ставку на хорошо отработанную в отечественной практике ТТЛ технологию и стандартный 14-ти контактный корпус типа ДИП. Указанные меры определили высокие темпы разработки микросхемы предприятиями МЭП, своевременное освоение ее в серийном производстве и хороший процент выхода готовых схем. Микросхема получила шифр I55ХЛ1 и в настоящее время нашла применение также в вычислительной машине "Наири - 4", в вычислительном комплексе "ВК-1033" и телеметрической системе "ВЛ-1033".

Наряду с I55ХЛ1 в ЕС-1033 широко используются и другие микросхемы средней степени интеграции, являющиеся расширением популярной серии I55. Следует отметить, что разработка СИС велась параллельно с проектированием машины. Несмотря на известный риск, было решено построить машину на новых микросхемах, разработка которых проводилась под контролем создателей ЭВМ и по их заказам. Финансирование этих разработок осуществлялось также Казанским заводом ЭВМ, который явился заказчиком и первым потребителем ТТЛ СИС в СССР.

Массовое применение в ЕС-1033 интегральных микросхем средней степени интеграции в сочетании с новыми структурными решениями позволило значительно снизить габариты машины, разместить центральный процессор в пределах одной стандартной рамы (в три раза меньше, чем в ЕС-1030), а один мультиплексный, три селекторных канала и каналный процессор в пределах I, I6 рамы (в 2,5 раза меньше, чем в ЕС-1030).

Однако, применение микросхем серии I55 с таким же быстродействием, что и в прототипе ЕС-1030 и сохранение основного формата обработки прототипа — одно слово, вошло в противоречие с основным требованием к машине — увеличением быстродействия. Достижение заданных параметров было невозможно без применения новых, оригинальных технических решений. Взяв за основу магистральную структуру, авторы максимально развили ее потенциальные возможности, создав ряд узлов и блоков, органически вписывающихся в основную концепцию.

Одним из таких решений является применение сверхоперативной внутренней памяти процессора для хранения промежуточных результатов вычислений, доступ в которую осуществляется одновременно по шести независимым адресам. Использование такой памяти позволило существенно распараллелить процесс обработки, создать ряд новых быстрых алгоритмов.

Местная память машины также создана на основе полупроводниковых ЗУ и выполнена так, что за один такт работы возможно и одновременное считывание двух различных операндов, и запись результата операции с автоматической установкой признака. Это техническое решение позволило добиться скорости выполнения команд регистрового формата на уровне I миллиона операций в секунду.

Разработка арифметического блока, выполняющего до 48 различных арифметических и логических операций, обладающего возможностью работать как в двоичной, так и в десятичной системе счисления, применение специального аппарата компоновки и формирования данных, разработка и применение оптимальных алгоритмов позволили добиться высоких показателей быстродействия при обработке экономической информации — 150 тысяч операций в секунду, что находится на уровне показателей старшей модели ряда — ЕС-1050.

Указанная характеристика машины в сочетании с малыми габаритами и низкой стоимостью выдвигает ЕС-1033 как базовую модель для применения в АСУ различного назначения и уровня.

ЕС-1033 оснащена блоками аппаратного преобразования систем счисления из двоичной в десятичную и обратно, что значительно

повысило скорость таких операций и сделало экономичным переход из одной системы счисления в другую.

В процессоре ЕС-1033 установлен и интенсивно используется автономный блок операций сдвига. Он позволяет выполнять арифметические и логические сдвиги вправо и влево одновременно до четырех слов на любые количества позиций в пределах слова максимум за 5 тактов работы.

Применение быстродействующего блока операций сдвига позволило значительно поднять производительность машины, создать ряд оригинальных алгоритмов. Авторы предвосхитили тенденцию применения в ЭВМ быстрых автономных сдвигателей. Из существующих машин известно использование такого блока только в IBM 370/158, правда основанного на других принципах и имеющего существенно более низкие возможности.

При создании ЕС-1033 максимально использована концепция регулярности структуры. В процессоре полностью отсутствуют дробные, не кратные основному формату обработки, связи между блоками. Этого удалось достичь за счет применения аппарата маскирования информации в процессе ее передачи по магистралям. Программируемость формата передаваемой информации обеспечила неисчерпаемые возможности для логической обработки данных в процессе их передачи, т.е. без дополнительной аппаратуры и без затрат времени. Возможность маскирования информации придает большую гибкость алгоритмам, значительно упрощает микропрограммирование и сокращает объем управляющей памяти.

Микропрограммирование конфигурации, примененное в ЕС-1033 обеспечило высокие темпы разработки машины, минимальные потери времени и небольшие затраты при ее отладке. Центральный процессор, каналный процессор и система диагностики оснащены независимыми блоками микропрограммного управления.

Каналы ввода/вывода машины работают независимо от центрального процессора и осуществляют передачу данных одновременно и параллельно с центральным процессором, что повышает интегральную производительность ЭВМ.

Система диагностики является фактически специализированным сервисным процессором. По сигналу о неисправности от схем контроля диагностический процессор приостанавливает выполнение, перехватывает управление у центрального процессора и пытается повторить команду. При успешном семикратном повторении вычисления продолжаются. Если же неисправность носит не временный характер, то система диагностики автоматически находит

неисправность и указывает оператору на неисправный блок. Точность локализации места отказа - до ТЭЗ или связи между ними - позволяет оперативно восстановить работоспособность ЭВМ. В ЕС-1033 применена система поиска неисправностей с помощью управляющей памяти процессора, которая активизируется сервисным процессором. Многозначность связей и регулярность магистральной структуры обеспечивает нахождение неисправности по мажоритарному принципу. Поэтому все тесты сосредоточены в небольшом объеме памяти микропрограмм и диагностике машины не требуется внешних носителей (дисков, лент) для ввода тестов локализации. Указанная особенность диагностики неисправностей ЕС-1033 обеспечивает ее высокую надежность и оперативность процесса восстановления.

Диагностика каналов ввода/вывода выполнена программно-аппаратным методом ввиду специфики связи с внешними устройствами и обеспечивает локализацию неисправности с точностью до типового элемента замены или интерфейсного сигнала.

Программные средства восстановления вычислительного процесса, включаемые в поставляемую заказчику версию операционной системы, используя возможности диагностического оборудования, обеспечивают восстановление системы при сбоях с одновременным сохранением статистического материала о состоянии процессора и каналов, анализ которого ведет к своевременному предупреждению возникновения отказов.

Система контроля правильности выполнения операций позволяет обнаружить ошибку немедленно по ее возникновению в том же такте работы. Эта особенность машины определяет высокую достоверность результатов вычислений, т.к. ошибка не будет распространяться в процессе дальнейшей работы, а исходные данные не будут утрачены.

Несмотря на то, что контролем охвачены все тракты передачи и преобразования информации, доля контрольного оборудования сравнительно невелика, что обусловлено спецификой примененной в ЕС-1033 магистральной структуры. Поскольку передача информации между любыми блоками машины производится через единые магистрали данных, контрольное оборудование сосредоточено именно в них. Используется несколько методов контроля, каждый из которых дает наибольший эффект в конкретном блоке. Связь с внешним устройством и с оперативной памятью контролируется по нечетности, передачи данных внутри процессора и каналов - по четности, применяется метод предсказания контрольного разряда

результата, а также полное дублирование схем. Так, наиболее ответственный арифметически-логический блок полностью задублирован, а результаты вычислений основного и контрольного блоков сравниваются поразрядно.

Микропрограммирование, примененное в центральном процессоре, каналах и системе диагностики обеспечило высокую гибкость управления, удобство наладки и эксплуатации, повысило надежность.

Принципы микропрограммного управления в сочетании с магистральной структурой получили дальнейшее развитие, были подняты на качественно новую ступень. Именно в устройствах с магистральной структурой наиболее полно проявили себя преимущества микропрограммирования. Вследствии многозначности связей между блоками, возможности настроить структуру машины на каждый такт работы оптимальным для данного такта образом, большой широты выбора средств обработки позволили разработать и применить ряд новых алгоритмов.

Практически при написании микропрограмм разработчик не ограничен жесткой структурой машины. Он имеет в своем распоряжении набор обрабатывающих блоков, соединенных с несколькими однотипными магистралями передачи данных. Программируя связи между блоками, подключая их друг к другу через магистрали, разработчик создает структуру машины, оптимально отвечающую выполняемому алгоритмическому действию. В следующем такте работы, при выполнении другого алгоритмического действия, структура машины программируется по другому, происходит реконфигурация, оптимальная для этого действия. Внешне это выглядит так, что микропрограммист имеет каждый такт новую, другую машину, конфигурация блоков которой изменяется 2,5 миллиона раз в секунду.

Указанная особенность машины позволила создать ряд новых алгоритмов, среди которых следует отметить алгоритм умножения чисел в дополнительном коде на два разряда с учетом третьего, алгоритм деления с получением двух разрядов результата, алгоритм отображения оперативной памяти при выполнении логических операций.

Широкие перспективы, открывающиеся в связи с применением микропрограммирования, потребовали обратить пристальное внимание на разработку соответствующего оборудования. Были использованы новые технические решения, обеспечивающие гибкость системы микропрограммирования, многие из которых признаны изобретениями и дали большой эффект.

Возросшие требования к параметрам управляющей памяти, необходимость оснащения однотипными блоками центрального процессора, каналов и системы диагностики привели к созданию унифицированного блока односторонней памяти трансформаторного типа - БОП-2048-33, законченного конструктивного модуля, вписывающегося в 0,25 стандартной панели ЕС ЭВМ, обладающего емкостью 2048 тридцатитрехразрядных слов и оснащенного встроенной системой контроля и внутренним регистром информации. Блок имеет высокие показатели быстродействия - время выборки не превышает 150 наносекунд, минимальный цикл обращения - около 370 наносекунд. Показателями такого уровня не обладает на сегодняшний день ни одно из известных в СССР устройств подобного типа. Не удивительно, что этот блок пользуется широкой популярностью среди специалистов. Он применен в одной из управляющих вычислительных машин, разработанной Институтом кибернетики АН УССР, институтом НИИИТ, г.Москва в телеметрической системе ВМ-1033, используется заводом ВУМ, г.Киев, СКБ ВТ, г.Рязань.

Большое внимание было уделено вопросам проектирования средств контроля работоспособности ЕС-1033. Разработана и реализована система пультово-наладочных процедур, простота и удобство использования которых обеспечивается преимуществами микропрограммного управления. Проверка в пультовых и наладочных процедурах и с помощью диагностических средств практически гарантирует нормальное функционирование процессора.

Наряду со схемными и технологическими проработками большое внимание было обращено на эргономические и эстетические показатели машины. Разработано оптимальное размещение устройств в машинном зале, красивый и удобный пульт управления системой.

Конструирование пульта проводилось согласно требованиям инженерной психологии, подобраны и экспериментально опробованы рабочие зоны, цветовое решение фона, индикации и органов управления. Применены различные блокировки и системы защиты от несанкционированного доступа. Оформление стойки процессора с пультом управления защищено свидетельством на промышленный образец.

В связи с тем, что интегральные параметры качества определяются в значительной степени и качеством математического обеспечения, одновременно с проектированием технических средств был проведен большой объем работ по оснащению ЕС-1033 системой программного обеспечения и КПО.

Операционная система ОС ЕС обеспечивает:

- обработку в мультипрограммном режиме до 15 заданий одновременно;
- эффективное планирование и управление, исключающее необоснованные простои ресурсов системы;
- эффективность программирования за счет независимости программ от конкретных устройств ввода/вывода;
- средства генерации, дающие возможность динамически перестроить систему при изменении реальных потребностей;
- развитую систему управления вводом/выводом;
- программные средства восстановления вычислительного процесса;
- возможность расширения и использование для новых областей применения с новыми пользовательскими программами;
- удобную связь оператора ЭВМ как в процессе вычислительного процесса, так и в режимах отладки вновь создаваемых программ.

ОС ЕС представляет возможность использования самых эффективных и мощных трансляторов с основных языков программирования:

АЛГОЛ - 60

ФОРТРАН - IV

ПЛ/1

КОБОЛ

РИГ

АССЕМБЛЕР

В комплект программ технического обеспечения (КПО) ЕС-1033 впервые в ЕС ЭВМ введены тестовые программы, реализующие полную проверку микропрограммного дерева и выдачу диагностических сообщений на уровне адресов микропрограмм, сигналов и адресов типовых элементов замены. Кроме того, разработаны и включены в ОС ЕС программные средства восстановления вычислительного процесса.

При постановке математического обеспечения на ЭВМ ЕС-1033 были опробированы тестовые задачи с ЭВМ ЕС-1020, ЕС-1022, ЕС-1030, ЕС-1032, ЕС-1040, ЕС-1050 и тестовые задачи фирмы ИМ.

Разработан пакет испытательных программ, гарантирующий проверку правильности функционирования ЕС-1033 с высокой достоверностью. Этот пакет разрабатывался с учетом дополтельности к КПО.

Одновременно впервые в СССР была разработана и поставлена

система планирования заданий (КРОС), значительно повышающая производительность машины (по результатам испытаний 27%) на реальных задачах.

Следует отметить, что при проектировании ЕС-1033 разработаны и использованы средства математического моделирования на уровне структуры и алгоритмов, а также система автопроектирования эксплуатационной и технической документации.

Достоинства этой системы в использовании единого банка данных о машине для изготовления документации от эксплуатационной до технологической и контрольной, ориентированной на управление заводскими спецстандами и контрольно-проверочными станциями.

Внесение изменений и улучшений в машину проводится централизованно через банк данных с автоматическим перевыпуском и заменой всего комплекта документации.

Окончательные решения по реализации были приняты по результатам отработки физической модели ЕС-1033 в полном объеме.

Исследования и опытно-конструкторские работы по проекту ЕС-1033 в итоге трансформировались (оценки относительно ЕС ЭВМ "Ряд I") в:

- минимальный объем электронного оборудования;
- минимальное число паяных и разъемных соединений;
- минимальную номенклатуру типовых элементов замены (ТЭЭ), выполненных на схемах средней степени интеграции;
- высокую достоверность контроля процессов вычислений;
- минимальную емкость памяти микропрограмм;
- единую систему программно-аппаратных средств восстановления;
- дешевую и наиболее освоенную технологию производства.

Расчетные оценки качества были получены выше заданных, а результаты испытаний узлов, блоков и машины в целом подтвердили эти оценки.

Подготовка производства к серийному выпуску ЭВМ ЕС-1033 была лишена целого ряда недостатков, типичных для случаев, когда проектирование и изготовление изделий осуществляется различными предприятиями. Практически этап подготовки по времени совпал с этапом проектирования. Тем самым в 1976г., т.е. к моменту запуска коэффициент технологической оснащенности ЕС-1033 не уступал оснащенности предшествующего изделия (ЕС-1030). Это позволило впервые в отечественной практике начать изготовление новой модели с одновременным ростом объемов

и прекращением производства старой модели. Особое внимание было уделено разработке средств и организации испытаний и контроля блоков, узлов, устройств и машины в целом. Практически все конструктивно законченные элементы ЕС-1033 обеспечены технологическими средствами проверки соответствия параметров требованиям технических условий. Типовое обеспечение гарантирует оценку достоверности результатов контроля в пределах 0,85 - 0,9.

Разработка технической документации на ЕС-1033, изготовление и отладка макетного образца, постановка математического обеспечения ДЭС, ОС и КПО в основном были завершены к концу 1975 года и в начале 1976 года макетный образец машины был подвергнут предварительным испытаниям. Одновременно был осуществлен запуск головной партии машин в серийном производстве. Авторитетная комиссия, в состав которой вошли представители 14 предприятий всесторонне исследовали новую модель ЕС ЭВМ и пришли к заключению о ее высоких технико-экономических показателях.

В ноябре 1976 года на одном из головных образцов были проведены Государственные испытания ЕС-1033. Государственная комиссия отметила оригинальность и новизну технических решений, положенных в основу машины, кратчайшие сроки ее разработки, патентную чистоту машины в странах СЭВ и в развитых капиталистических странах и рекомендовала ее к серийному производству.

К этому моменту завод был полностью подготовлен к серийному выпуску новой модели. Комплекс организационно-технических мероприятий включал в себя изготовление специальной оснастки, освоение новых деталей и узлов, применение прогрессивного технологического процесса монтажа и сборки с использованием устройств бездефектного монтажа и автоматических контрольных станций проверки качества на всех этапах изготовления. Впервые был применен метод параллельной порамной наладки машины на нескольких технологических машинах. Продуманные технические решения в сочетании с указанными мероприятиями позволили добиться высокого качества изготовления узлов и блоков машины, резко сократить цикл изготовления и наладки. Так уже к концу третьего месяца серийного выпуска ЕС-1033 процесс наладки машины составлял 2,5 - 3 дня, тогда как аналогичное время к исходу третьего года выпуска ЕС-1030 составляло 5 - 6 дней.

Взятые темпы выпуска новой машины позволили дать стране в 1976 году 45 остродефицитных машин средней производительности. Экономический эффект от внедрения ЕС-1033 в народное хозяйство составил около полумиллиона рублей в год на одну машину. Только от ЭВМ 1976-1977 годов страна получит более 100 миллиона рублей годовой экономии.

В 1977 году ЕС-1033 была подвергнута ряду испытаний, среди которых необходимо отметить периодические испытания и испытания на проверку показателей надежности, на которых машина еще раз подтвердила свои высокие технические характеристики.

Важной вехой явились и совместные испытания ЕС-1033, проведенные международной комиссией стран СЭВ в составе специалистов Болгарии, Венгрии, Польши, Румынии, СССР и Чехословакии.

Комиссия отметила высокие показатели машины, оригинальность технических решений, преимущества перед зарубежным аналогом (IBM 360/501) и рекомендовала ЕС-1033 к применению как ЭВМ Единой Системы Социалистических стран.

Машина подготовлена к экспортным поставкам и уже в 1977 году будет отгружена в ЧССР, Болгарию, Индию в количестве 22 комплектов в экспортном исполнении. Прорабатываются возможности выхода на рынки развитых капиталистических стран.

Задача обеспечения конкурентоспособности модели на внешнем рынке была поставлена на первых этапах разработки машины. С этой целью были проведены обширные мероприятия по проверке объекта на патентную чистоту и по защите основных узлов и блоков машины охранными документами. Более полутора десятков технических решений, примененных в ЕС-1033 признаны изобретениями. Защита проводилась на всех уровнях - от интегральной схемы (Авторское свидетельство № 486376 "Ячейка памяти") до основополагающих структурных концепций, помещенных в фундамент разработки (Авторское свидетельство № 486711 "Цифровая вычислительная машина"). Целью является комплексная защита ЭВМ - получено свидетельство на промышленный образец (Свидетельство № 7263 от 20.07.77г. "Стойка с пультом управления"), подтверждено свидетельство на товарный знак завода.

С целью защиты приоритета Советского Союза в области магистральных структур ЭВМ, защиты экспорта и обеспечения продажи лицензий, по заданию Государственного Комитета по делам изобретений и открытий разработчиками проводятся работы по патентованию комплекса изобретений, помещенных в ЕС-1033

в ряде развитых капиталистических стран: США, Великобритании, Японии, Франции, ФРГ, в странах СЭВ: Болгарии, ГДР, Румынии, Польше и традиционной стране экспорта - Индии. Планируется получить более 100 зарубежных патентов. Проводится рекламная кампания. Выпущены красочные проспекты на машину, характеристики ЕС-1033 опубликованы в журнале "Советский экспорт", производилась демонстрация макета на выставках и ярмарках в Венгрии, Чехословакии, Индии, где машина получила хорошие отзывы печати.

В 1978г. планируется демонстрация машины на международных ярмарках в Вене, Хельсинки, Багдаде .

Следует отметить, что подобная комплексная защита вычислительной машины является первой в практике отечественной радиоэлектронной промышленности.

Вычислительная машина ЕС-1033 находится в постоянном развитии, совершенствовании. Комплект машины расширяется за счет привязки новых устройств с повышенными характеристиками. Уже на совместных испытаниях была продемонстрирована работа машины с использованием в качестве средств оператора алфавитно-цифровых дисплеев ЕС-7066. Совместно со специалистами ИРБ были проведены испытания магнитных дисков ЕС-5061 с емкостью 29 Мбайт, что в 4 раза превышает емкость применяемых дисков ЕС-5056. Была привязана и продемонстрировала хорошие характеристики оперативная память ЕС-3208, созданная специалистами ИИР. Разработан и находится в процессе наладки вариант машины с расширением оперативной памяти до объема в 1 Мбайт. Прорабатывается вариант ЕС-1033, оснащенный быстродействующей оперативной памятью на основе интегральных полупроводниковых ЗУ.

Все упомянутые мероприятия направлены на повышение

качества машины, максимальное удовлетворение запросов пользователей и обеспечения стабильного производства ЭВМ в X пятилетке. Комплекс мер, предпринимаемых для развития ЕС-1033 в конечном итоге должен привести к превращению машины в систему для оснащения вычислительных центров коллективного пользования и работы в сетях вычислительных средств. С этой целью уже разработан двухмашинный комплекс ВК-1033.

При всех тех успехах и достижениях, продемонстрированных в процессе разработки вычислительной машины ЕС-1033, следует рассматривать эту работу как первый шаг к созданию отечественного направления развития вычислительных систем IV поколения, потенциальные возможности которой были блестяще продемонстрированы при проектировании ЕС-1033. Эта машина явилась полигоном для экспериментальной проверки основных положений магистральных структур.

Параллельно с разработкой и запуском ЕС-1033 в производство была проведена огромная работа по пропагандированию идей "три М" как среди разработчиков ЭВМ, так и создателей электронных компонентов. Экспериментально и теоретически было доказано, что элементы на основе ТТЛ-технологии в сочетании с новыми структурными решениями далеко не исчерпали своих возможностей, что вычислительная машина среднего класса, а в будущем это ЭВМ с производительностью 1-2,5 миллиона операций, можно строить без применения быстрых ЭСЛ схем.

В развитие ЭВМ ЕС-1033 разработчиком выполнен проект по ТТЛ комплекту Единой системы Микропроцессорных БИС, систем со средней производительностью. В настоящее время разработан ряд схем БИС и проведено пробное проектирование процессора класса ЕС-2433, показавшее большую эффективность предлагаемого комплекта.

Таким образом, есть основание рассматривать ЕС-1033 как переходную модель между третьим и четвертым поколениями ЭВМ; как важный и необходимый этап развития вычислительной техники.

АВТОРЫ:	АБДРАХМАНОВ А.Х.	Казанский завод ЭВМ начальник КБ
	АЛЕКСАНДРОВА Л.В.	Казанский завод ЭВМ начальник смены
	ГИЗАТУЛЛИН И.З.	Казанский завод ЭВМ главный инженер
	ГРИГОРЬЕВ Ф.А.	Казанский завод ЭВМ начальник отдела
	ГУСЕВ В.Ф.	Казанский завод ЭВМ зам.начальника СКБ Главный конструктор
	ИВАНОВ Г.Н.	Казанский завод ЭВМ начальник отдела
	КРЕНГЕЛЬ Г.И.	Казанский завод ЭВМ зам.начальника отдела
	ПЕРСОВ Г.М.	Казанский завод ЭВМ начальник КБ
	ФАДЕЕВ В.В.	Казанский завод ЭВМ начальник КБ
	ХОРЬКОВ В.Н.	Казанский завод ЭВМ начальник КБ
	ШАГИВАЛIEВ М.З.	Казанский завод ЭВМ начальник отдела
	ЯРШХАМЕТОВ А.У.	Казанский завод ЭВМ начальник КБ