

32

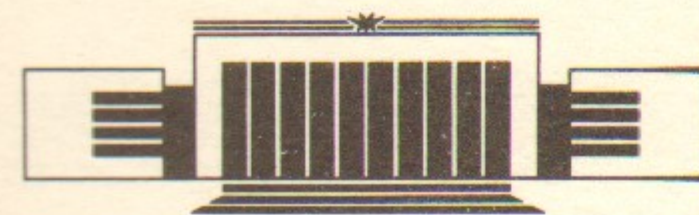
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР



В.А.Гусев

КОМПЛЕКС ЭВМ РАДИУС.  
Ретроспективный анализ.

ПРЕПРИНТ 87-158



НОВОСИБИРСК



Комплекс ЭВМ РАДИУС.  
Ретроспективный анализ.

*В.А. Гусев*

Институт ядерной физики  
630090, Новосибирск 90, СССР

## АННОТАЦИЯ

Описывается комплекс ЭВМ РАДИУС, обеспечивающий использование централизованных вычислительных ресурсов в составе трех мощных ЭВМ серии ЕС, нескольких ЭВМ серии ЭЛЕКТРОНИКА и дискового архива емкостью  $7 \times 29$  Мбайт, к которым через систему коммутаторов имеют доступ более сотни мини- и микро-ЭВМ и около ста видеотерминалов. В создании комплекса ЭВМ РАДИУС участвовал большой коллектив авторов: В.Ш. Банзаров, М.В. Бейлин, А.С. Грозенок, В.А. Гусев, А.Г. Зоркольец, В.И. Каплин, Э.А. Лучер, А.Н. Малыгин, Л.А. Миленький, Э.Л. Неханевич, А.В. Романов, А.Г. Самарин, В.А. Сидоров, Б.Л. Сысолетин, В.П. Тарасов, Б.Н. Шувалов, М.В. Ясенев. Автор же препринта взял на себя труд систематизировать и описать в ретроспективном плане эту большую работу.

© Институт ядерной физики СО АН СССР

## ВВЕДЕНИЕ

В рамках основной программы фундаментальных исследований Институт ядерной физики (ИЯФ) Сибирского отделения АН СССР ведет эксперименты по физике высоких энергий на установках со встречными электрон-позитронными пучками и по физике плазмы на установках типа открытых магнитных ловушек. Особенностью является то, что конструирование и сооружение этих крупных установок Институт ведет своими силами, используя собственное довольно мощное экспериментальное производство.

Институт затрачивает также значительные усилия для использования своего научного и инженерно-технического потенциала в других областях науки и в народном хозяйстве страны. На источниках синхротронного излучения Института работают десятки групп исследователей многих научных учреждений нашей страны и из-за рубежа. Около сотни изготовленных в экспериментальном производстве ускорителей заряженных частиц работают в научных учреждениях и на заводах, использующих радиационную технологию.

Вся эта сложная и многогранная деятельность невозможна без широкого и глубокого внедрения вычислительной техники в повседневную жизнь Института.

Можно выделить несколько направлений интенсивного использования вычислительной техники в Институте.

1. Ускорители или накопители на встречных электрон-позитронных пучках являются сложнейшими физическими установками, для поддержания рабочего режима которых необходимо осу-



ществлять оперативный контроль в более чем тысяче точек и корректировать их работу в нескольких сотнях точек. Прилежно выполняя эти функции, ЭВМ, кроме того, выступает в роли квалифицированного консультанта, снабжающего экспериментатора исчерпывающей информацией, что позволяет ему оперативно менять режимы работы установки, а в случае аварии сравнительно быстро восстанавливать ее рабочее состояние. Не менее сложными являются и работающие на накопителях экспериментальные установки — детекторы; в их недрах «рождаются» громадные потоки информации, которую необходимо отфильтровать, скомпоновать и переслать на хранение для последующей обработки.

2. Для получения физических результатов нужна обработка больших объемов экспериментальной информации. Так, в результате проведения экспериментов с использованием детектора МД-1 на ускорителе ВЭПП-4 и детектора НД на ускорителе ВЭПП-2М накоплено такое количество информации, что для ее размещения потребовалось 2 тыс. катушек магнитной ленты. И хотя эта информация непрерывно обрабатывается на двух мощных ЭВМ ЕС-1061, порождая не меньшие объемы вторичной информации, этой мощности для обработки явно не хватает. Чтобы ускорить такую обработку информации приходится разрабатывать и использовать специализированные ЭВМ собственного производства. Больших вычислительных мощностей требуют также задачи математического моделирования физических процессов и установок, счетной поддержки теоретических работ.

3. Для проведения небольших экспериментов, отладки и тестирования изготавливаемой аппаратуры требуются компактные, надежные и довольно мощные вычислительные средства, каковыми являются микро-ЭВМ. Таких рабочих мест, оборудованных микро-ЭВМ в настоящее время в Институте свыше двухсот. (В том числе и микро-ЭВМ, разработанные в Институте на базе микропроцессоров).

В последнее время некоторые из этих рабочих мест активно используются теоретиками для проведения чисто счетных работ с эффектом, равнозначным работе на мощной ЭВМ в режиме коллективного доступа, но с предоставлением им еще и некоторого дополнительного сервиса (например, удобный вывод графической информации).

4. В ИЯФе реализована система учета поступающих в Институт

приборов и оборудования, реализована система материально-технического снабжения, ведутся учет кадров Института и жилищная очередь. Вся эта работа проводится на машинах серии ЕС ЭВМ. Учет в экспериментальном производстве реализован на ЭВМ ОДРА-1305.

5. Деятельность Института немыслима без массового производства печатных плат. Организован ввод в ЭВМ и централизованно хранение информации, описывающей разведенные печатные платы. Автоматизирован процесс изготовления фотооригиналов и сверловки печатных плат. Ведутся работы по автотрассировке.

6. Экспериментальное производство с широчайшей номенклатурой изделий имеет возможность быстрой перестройки благодаря использованию станков с ЧПУ. Программная поддержка реализована на базе мини- и микро-ЭВМ.

7. Использование ЭВМ для издания и редактирования различных деловых бумаг, в том числе и исходных текстов программ для работы самих ЭВМ, значительно облегчает эту рутинную работу. В Институте появилась группа пользователей-непрограммистов, использующих ЭВМ в качестве удобного средства подготовки деловых писем, технической документации и различных рабочих отчетов, препринтов, статей и т. п. Внедрение же разработанной в Институте автоматизированной системы на базе фотонаборного автомата ФА-1000 и ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА сильно упростило процесс издания всей этой печатной продукции.

Реализация перечисленных выше функций с учетом ограниченности наших сил и материальных ресурсов требует комплексного использования разнообразной как по производительности, так и по возможностям вычислительной техники. Приходится сбалансированно решать вопросы как централизации, что облегчает обслуживание средств ВТ, так и децентрализации, что увеличивает автономию и создает дополнительные удобства пользователям.

Данная публикация не претендует на полноту охвата всех работ в области автоматизации в Институте. Более того, здесь идет речь о результатах деятельности только одной из частей вновь организованного Отдела вычислительных систем Института (и, фактически, описана только верхняя, хорошо видимая снаружи, часть айсберга под названием «Автоматизация научно-исследовательских работ и инженерной деятельности в Институте»).

В своей работе мы опираемся на отечественную вычислитель-



ную технику, поэтому вынуждены заниматься не только адаптацией средств вычислительной техники к нашим условиям, но и существенным улучшением эксплуатационных характеристик этих средств. Нужно учитывать, что эксплуатация вычислительной техники осуществляется на фоне круглосуточной непрерывной и интенсивной работы экспериментальных установок Института. Мы превратились в информационную фабрику с непрерывным процессом производства, предоставляющую «массовому» пользователю (зарегистрировано свыше 400 человек) разнообразные информационные услуги.

### НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП АВТОМАТИЗАЦИИ

Начало процессу автоматизации экспериментов было положено в 1965 г., когда у нас появилась первая ЭВМ МИНСК-22. В это время в Институте функционировала единственная крупная установка ВЭПП-2. В 1968 г. были проведены работы, позволившие получаемую с проволочных искровых камер информацию передавать по линии связи на ВЦ и записывать на магнитную ленту [1]. МИНСК-22 снабдили аппаратурой, обеспечивавшей независимую от ЭВМ запись информации на дополнительные НМЛ ZMB-30 [2], что позволяло параллельно с накоплением вести обработку ранее записанной информации. Кроме того, была предоставлена возможность обратной передачи управляющей информации на экспериментальные установки [3]. Таким образом отрабатывались некоторые элементы автоматизации работы ускорителя ВЭПП-3.

### ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА РАДИУС

В 1970 г. в Институте началась разработка довольно сложного детектора ОЛЯ с различными системами регистрации образующихся в эксперименте частиц. Особенностью экспериментов по физике высоких энергий является их огромная информационная производительность. Происходит непрерывный многомесячный набор статистики событий, которую необходимо запомнить и обработать. Для обработки накапливаемой информации нужна высокопроизводительная вычислительная техника.

В это время мы получили довольно мощную из доступных в то

время нам ЭВМ МИНСК-32, а несколько позже в 1971 г. и мини-ЭВМ М-6000. Естественно, возникло желание иметь ЭВМ поблизости от экспериментальной установки, поскольку на нее возлагается задача не только сбора и первичной обработки информации, но и управление аппаратурой детектора, а также контроля функционирования блоков. Эта задача очень хорошо решается с помощью сравнительно простой и надежной в работе мини-ЭВМ. Становясь органической частью аппаратуры детектора, она позволяет замкнуть значительную часть потоков управляющей информации внутри себя, обеспечивая тем самым ограниченную автономность установки. Было решено использовать для этих целей мини-ЭВМ М-6000, оснащенную соответствующим программным обеспечением [16] и снабженную для простоты обслуживания минимальным комплектом внешних устройств — терминалом, фотовводом и печатающим устройством. (Так был создан первый «кирпич» нижнего уровня иерархии системы ЭВМ).

Однако, оставался открытым вопрос хранения и загрузки в память мини-ЭВМ различных управляющих программ, обеспечивающих оперативную смену режимов работы установки, а также файлов пользователей. В 1974 г. в Институте появились две мини-ЭВМ М-6000 с подсистемами дисковой памяти на НСМД ЕС-5052. В результате многочисленных дискуссий приняли решение: поскольку эта память — остро дефицитна, потребность в ней испытывают многие пользователи, и, кроме того, для своего нормального функционирования она требует квалифицированного обслуживания, централизовать ее, обеспечив доступ к ней с периферийных мини-ЭВМ по высокоскоростным линиям связи. Плата за централизацию — появление отдельной мини-ЭВМ, управляющей банком данных и программ. (Так появился «кирпич» второго уровня иерархии). Другую М-6000 мы выделили для программной поддержки системы.

Экспериментальную же информацию решили по линии связи передавать на ВЦ и записывать на магнитофоны МИНСК-32 в режиме ON-LINE, и параллельно в режиме OFF-LINE ранее записанную информацию на этой же ЭВМ обрабатывать. Для реализации такого решения потребовалось проведение различных работ как по созданию сервиса для пользователей ЭВМ МИНСК-32, так и по существенному увеличению аппаратной надежности ЭВМ [4].

В результате проведения этих работ среднесуточная загрузка ЭВМ МИНСК-32 достигла 22 часа при 95% использования про-



цессора, наработка на отказ превысила 1500 ч., а наработка на перевывов 50 часов. С такой машиной уже можно было работать в режиме ON-LINE. Кроме того, были приняты организационные меры: мы задействовали две ЭВМ, одна из которых работала на эксперимент, а другая, выполняя задачи обработки информации, подстраховывала ее. Для привязки центральной М-6000 к двум ЭВМ МИНСК-32 разработали специальный адаптер, который имитировал четыре различных внешних устройства для каждой ЭВМ МИНСК-32. (И тем самым, функционально были заложены основы для «кирпича» третьего уровня).

Для связи центральной с периферийными мини-ЭВМ был разработан простой двухуровневый протокол обмена, второй уровень которого обрабатывался программно [6]. Линии связи реализовали на базе простого телефонного кабеля с помощью последовательного знакопеременного кода. Физическая скорость передачи по линии связи составляла 1,25 Мбод при длине линии до 800 м. Для защиты от мощных помех в приемо-передатчиках осуществлялась трансформаторная развязка. Так возник ЦЕНТР периферийных мини-ЭВМ М-6000, а система ЭВМ была названа РАДИУСом [7].

В 1975 г., когда начались эксперименты с детектором ОЛЯ, пользователи периферийных мини-ЭВМ М-6000 могли, используя диски ЦЕНТРа, хранить свои рабочие программы, работать в режиме периферийного ДОСа [12], сбрасывать информацию на магнитофоны ЭВМ МИНСК-32, а также просматривать информацию, записанную на магнитную ленту.

Был создан архив библиотек пользователей МИНСК-32, который поддерживался централизованно, и был организован режим мультипрограммной работы [5]. Одновременно выполнялось три работы: одна из программ ON-LINE — прием информации с детектора или просмотр записанной на МЛ информации, пакетная обработка заданий пользователей, в том числе и обработка первичных магнитных лент, и какая-либо из задач моделирования с большим временем счета. Причем фоновая задача максимально загружала процессор ЭВМ, и только ей за сутки удавалось «взять» до 15 часов процессорного времени.

Такой подход в использовании мощных универсальных ЭВМ в эксперименте требует, как говорилось выше, заботы не только по увеличению надежности аппаратуры, но и устойчивости работы операционной системы на ЭВМ. Кроме того, коэффициент готовности такой ЭВМ должен быть близок к единице, поскольку стоимость одного часа работы ускорителя как минимум на порядок

выше стоимости часа работы ЭВМ.

Большую неприятность при работе МИНСК-32 доставляли подготовка и ввод заданий, которые осуществлялись с использованием ненадежной перфоленты. Пришла мысль — выделить одну из периферийных мини-ЭВМ, оснастив ее видеотерминалами, организовать на ней подготовку заданий для больших машин и по каналу связи передавать эти задания на ЭВМ. Так родилась одна из самых красивых подсистем в комплексе РАДИУС — система подготовки данных — СПД. Год рождения — 1977 [11].

К этому времени в системе РАДИУС на дисках ЦЕНТРа емкостью 14 Мбайт хранились не только библиотеки программ периферийных машин, но и текстовые файлы пользователей ЭВМ МИНСК-32. Эти же диски для временного хранения редактируемых файлов использовала и СПД.

Таким образом, была создана трехуровневая радиальная система ЭВМ, использующая простой протокол обмена для доступа по линиям связи с периферии как к магнитным дискам ЦЕНТРа, так и к счетным ресурсам и магнитным лентам двух ЭВМ МИНСК-32, работавших в режиме ON-LINE с интенсивной фоновой загрузкой [6]. (Рис. 1).

К 1978 г. в Институт на замену ЭВМ МИНСК-32, не справлявшихся с обработкой накопленной информации, пришла более мощная ЭВМ ЕС-1040. Однако, убедившись в недостаточной надежности функционирования ОС 4.1 на ЭВМ ЕС-1040, мы были вынуждены оставить на ней только обработку экспериментов в режиме OFF-LINE [17]. Непосредственно к ЦЕНТРу системы пришлось подключать магнитофоны ЕС ЭВМ, работающие в режиме ON-LINE. Задания с СПД на ЕС-1040 передавались через ЦЕНТР по каналам связи. Результаты распечатывались на АЦПУ [12]. Кроме того, вместе с ЭВМ МИНСК-32 выбрасывался и пользовательский сервис, достигнутый на них к этому времени, и который пришлось заново создавать на ЭВМ ЕС-1040 [17]. В дальнейшем была получена ЭВМ ЕС-1060, задания на которую поступали через «дежурную» область в общем поле дисковой памяти обеих машин серии ЕС (рис. 2).

Как видно, в этот период на ЦЕНТРе при интенсивно работающей системе происходили большие изменения: одни функции убрались, другие добавлялись. Увеличивалось также количество подключенных к ЦЕНТРу периферийных мини-ЭВМ. Модификация операционной системы ЦЕНТРа была сопряжена с большими трудностями.



Основной на этом этапе была проблема расширения дискового архива. Первоначальное намерение создать новый архив в рамках функционировавшего ЦЕНТРа не было реализовано ввиду того, что:

- М-6000 не в состоянии поддерживать одновременную интенсивную работу в режиме ON-LINE и не менее интенсивный обмен с архивом ;
- с точки зрения надежности работы опасно «завязывать» все в один жесткий узел ;
- возникают неприятности при модификации как аппаратуры, так и операционной системы *работающего* ЦЕНТРа во время подключения и ввода в эксплуатацию нового архива.

Поэтому приняли решение — архивные функции возложить на отдельную мини-ЭВМ, оснатив ее внешней памятью прямого доступа большей, чем на ЦЕНТРе емкости. Так возник первый в комплексе ЭВМ коммунальный ресурс («кирпич» третьего уровня иерархии).

#### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПЛЕКСА РАДИУС.

Жизнь всегда заставляла нас экономить материальные ресурсы и инженерно-технические силы ввиду скудности одних и малочисленности других. Расширение же экспериментальной базы и появление многочисленных пользователей в начале 80-х годов привело нас к созданию системы интенсивного использования имеющихся в нашем распоряжении вычислительных мощностей.

С начала 1981 г. стали создаваться независимые коммунальные ресурсы, включающие дисковый архив и диспетчер для доступа к мощным ЭВМ серии ЕС, а несколько позже и мини-ЭВМ серии ЭЛЕКТРОНИКА.

Централизуются и используются в коммунальном режиме мощные вычислительные средства, требующие для своего нормального функционирования постоянного квалифицированного обслуживания. На периферию ставятся не требующие такого обслуживания надежные и достаточно производительные микро-ЭВМ, работоспособность которых почти не зависит от центра. Такие «персональные» ЭВМ обращаются к ресурсам центра довольно редко, только при начальной загрузке системы и при обмене файлами. Периферийные места оборудуются также терминалами, имеющими доступ

к коммунальным счетным ресурсам [19].

К настоящему времени (состояние на январь 1987 года) оформился трехуровневый звездообразный комплекс ЭВМ, составленный из следующих коммунальных ресурсов:

- дискового архива прямого доступа;
- диспетчера для доступа к счетным ресурсам в составе двух ЭВМ ЕС-1061 и одной ЭВМ ЕС-1040 и
- довольно мощной мини-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-79, работающей в режиме теледоступа с терминалов СПД.

Доступ к этим ресурсам с периферии осуществляется по линиям связи через коммутаторы («кирпичи» второго уровня):

- коммутаторы-центры видеотерминалов;
- коммутатор-центр мини-ЭВМ М-6000;
- коммутаторы-центры микро-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-60.

На периферию устанавливаются достаточно надежные и простые в обслуживании мини- и микро-ЭВМ («кирпичи» первого уровня).

Ниже представлены составные части этого открытого для расширения комплекса ЭВМ.

#### 1. АРХИВ — коммунальный дисковый ресурс.

В комплексе РАДИУС существует хроническая нехватка архивной дисковой памяти. До 1982 г. все потребности пользователей, как могли, удовлетворялись за счет архива ЦЕНТРа емкостью 14 Мбайт. Можно себе представить, как работали в этих условиях более ста пользователей системы. Чтобы в какой-то степени сгладить остроту этой проблемы, был создан АРХИВ [27], сформированный как независимый коммунальный ресурс, и с 1982 г. началась его интенсивная круглосуточная эксплуатация.

АРХИВ, по существу, является файловой системой, предназначенной для хранения различного рода данных, принадлежащих пользователям, и не рассчитанной на выполнение каких-либо операций над частями файлов, как например, чтение с произвольного места файла или модификация файла. Пользователь, в соответствии с выделенным ему фиксированным объемом памяти, может создавать новые, читать и перезаписывать старые файлы, получать справки о наличии файлов в архиве.

Наиболее важными требованиями, предъявляемыми к АРХИВу, являются требования обеспечения надежности хранения данных и достаточной емкости памяти. В связи с этим, в матобеспечении



АРХИВа предусмотрены средства периодического копирования содержимого архива на магнитные ленты для возможности восстановления в случае аварии. Введены также средства оперативного тестирования компонент архива без остановки системы. Для удовлетворения требования увеличения емкости памяти в АРХИВ введен ленточный уровень хранения данных, т. е. неиспользуемые в ближайшее время файлы могут быть по директиве пользователя перенесены на второй уровень архива, освобождая место в дисковом архиве. Перенос данных на магнитные ленты и возврат их на диски осуществляется ежедневно в ночное время, копирование архива — два раза в неделю.

АРХИВ базируется на НСМД ЕС-5061 емкостью 29 Мбайт и управляется мини-ЭВМ М-6000. У многих наших оппонентов при ознакомлении с подсистемами РАДИУСа вызывает недоумение то, что мы ориентируемся на устаревшую, как они полагают, вычислительную технику. Но это не совсем так. Когда возник вопрос формирования коммунальных ресурсов, для нас не существовало проблемы выбора средств управления этими ресурсами. В то время не было доступных нам средств вычислительной техники, которые могли бы составить конкуренцию мини-ЭВМ М-6000. У нас же имелся богатый опыт разработки, производства и эксплуатации различных устройств, выполненных в конструктивах АСВТ-М. Были проведены работы, не только увеличившие надежность работы, но и позволившие расширить диапазон использования этих мини-ЭВМ.

Практически от М-6000 остался лишь один процессор, да кое-где используется еще КПДП. Нас в большей степени волнуют вопросы увеличения надежности работы коммунальных мини-ЭВМ. Нарботка же на отказ модернизированной М-6000 превышает 2500 часов. Это хороший компьютер, фактически не требующий обслуживания. Используемая в АРХИВе М-6000 оснащена созданным у нас дополнительным оборудованием:

- оперативной памятью емкостью 256 Кбайт [20];
- контроллером НМД ЕС-5060 с диском ДМ-0.8, аналогичным контроллеру для диска ДМ-2,5 [22];
- каналом ввода-вывода, позволяющим всем внешним устройствам работать через РВВ в режиме прямого доступа в память;
- каналом ЕСК [23], осуществляющим обмен данными в селекционном режиме с подключенными к нему устройствами с интерфейсом ЕС ЭВМ;

Для управления архивом разработана специализированная операционная система ОС/Р-5.0 [21]. В качестве НСМД в АРХИВе используется семь накопителей ЕС-5061, доступ к которым из М-6000 посредством канала ЕСК осуществляется через устройство управления ЕС-5568, а доступ к НМЛ ЕС-5017 — через ЕС-5517.

Как видно из рис. 3, к АРХИВу выделенными линиями связи подключены различные коммутаторы, через которые пользователь и получает доступ к своим данным. Протокол в линии связи соответствует единому протоколу комплекса РАДИУС.

На январь 1987 г. в АРХИВе зарегистрировано 435 пользователей.

## 2. ДИСПЕТЧЕР — доступ к счетным ресурсам комплекса.

Одной из основных задач нашего ВЦ является обработка накапливаемой экспериментальной информации. Такая работа требует больших затрат процессорного времени, которое наиболее эффективно используется в режиме пакетной обработки заданий. Поэтому все имеющиеся в Институте мощные ЭВМ серии ЕС используются в настоящее время в пакетном режиме.

Обычно, пакетные ЭВМ управляются специальными диспетчерскими службами и операторами, т. е. в цепочку прохождения задания вставляется ненадежный элемент. Мы же с момента создания ВЦ стремимся до минимума сократить вмешательство человека в этот технологический процесс. Начало было положено созданием СПД, на экране дисплея которой пользователь пишет свои программы. Далее, оформленные в виде заданий, эти программы передаются на ЭВМ по каналам связи. Так мы работаем с 1977 г., когда задания передавались на ЭВМ МИНСК-32. Так же мы действовали и в 1978 г., когда получили ЭВМ ЕС-1040, и в 1980 г., когда к комплексу была подключена ЭВМ ЕС-1060.

Однако, показанное на рис. 2 подключение этой ЭВМ транзитом через ЭВМ ЕС-1040 обладает существенными недостатками. ЭВМ, через которую передаются задания, выполняет некоторые диспетчерские функции и должна быть надежным компьютером, чего от универсальной ЭВМ ожидать сложно. С такой работой очень хорошо справляется более дешевая и надежная мини-ЭВМ. Она же позволяет довольно легко организовать передачу результатов на экран дисплея СПД, с которого передаются задания на ЕС ЭВМ. Поэтому для доступа к счетным ресурсам мы выделили специальную мини-ЭВМ — ДИСПЕТЧЕР.



ДИСПЕТЧЕР загружает работой две ЭВМ ЕС-1061, которые пришли на смену менее надежной ЭВМ ЕС-1060, и одну ЭВМ ЕС-1040. Обе ЭВМ ЕС-1061, имеющие оперативную память емкостью 8 Мбайт, используются в режиме счета с возможностью доступа к личным библиотекам с загрузочными модулями программ, размещенным в общем поле дисковой памяти общей емкостью  $7 \times 29$  Мбайт. Исходные тексты программ находятся в АРХИВе, и могут редактироваться на СПД. ЕС-1040 лишена возможности общения с общими библиотеками и используется независимо в задачах АСУ и для отладки небольших программ, так как оперативная память ЭВМ емкостью 1 Мбайт не позволяет использовать ее эффективно в наших условиях.

Имея такие приличные вычислительные мощности и находясь тем не менее на голодном пайке, мы были вынуждены в 1985 г. использовать для обработки магнитных лент с детектора МД-1 созданный в Институте спецпроцессор АП-20, который управляется мини-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-100/25 [26] с подключенными к ней НМЛ ЕС-5017. Этот комплекс работает в режиме OFF-LINE и не связан с ресурсами системы. Выяснилось, что скорость обработки информации оказалась на нем в 5 раз выше, чем на ЭВМ ЕС-1061.

В отношении же использования мощных универсальных ЭВМ до сих пор оправдывал себя утилитарный подход — чем проще операционные системы и режим обработки заданий пользователей, тем выше эффективность использования процессорного времени ЭВМ. Так, несмотря на не очень высокую надежность ЭВМ ЕС-1061, нам удается работать на них свыше 20 часов в сутки с коэффициентом использования процессора около 0,8. Но мы не ретрограды и, конечно, мечтаем о более гибких и мощных операционных системах на ЕС ЭВМ и режиме теледоступа к ним с единой сети терминалов СПД аналогично режиму, реализованному на мини-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-79. С запуском в эксплуатацию третьей ЕС-1061 в начале 1988 г. проблема счетного голода будет в значительной мере решена, и мы вплотную приступаем к решению этой задачи.

Функции диспетчера возложены на модернизированную мини-ЭВМ М-6000, которая управляется разработанным в рамках операционной системы ОС/Р-5.0 программным обеспечением. Это обеспечение позволяет ДИСПЕТЧЕРу поддерживать непрерывный поток заданий из восьми пакетов, одновременно выполняемых на каждой ЭВМ. ДИСПЕТЧЕР подключен к каждой из трех ЭВМ че-

рез специально разработанный восьмиканальный адаптер ЕС. Со стороны ЕС ЭВМ ДИСПЕТЧЕР воспринимается как восемь различных внешних устройств ЕС ЭВМ. В настоящее время задействовано три из них. ДИСПЕТЧЕР с помощью адаптера эмулирует работу пульта оператора — вторая консоль, карточного ввода и алфавитно-цифрового печатающего устройства.

Таким образом, ДИСПЕТЧЕР через канал консоли следит за состоянием ЭВМ и частично управляет ее работой, через канал карточного ввода передает на ЭВМ задания и через канал АЦПУ получает результаты. Для формирования очереди заданий на ЭВМ ДИСПЕТЧЕР использовал до недавнего времени один из выделенных для него НСМД линейки АРХИВа. Сейчас к ДИСПЕТЧЕРу взамен этого диска подключены диски типа ВИНЧЕСТЕР. Результаты работы после окончания задания на ЕС ЭВМ передаются в ДИСПЕТЧЕР, переписываются на его диски и доступны пользователю с терминала СПД в любое время.

На январь 1987 г. в ДИСПЕТЧЕРЕ зарегистрировано 220 пользователей.

### 3. ЭЛЕКТРОНИКА-79. Режим теледоступа к мощной мини-ЭВМ.

В 1980 г. у нас появились первые мини-ЭВМ серии ЭЛЕКТРОНИКА. Стремление к комплексному и максимально эффективному использованию этих ЭВМ привело к тому, что две мини-ЭВМ Электроника-100/25 были обобществлены и подключены к СПД. ЭЛЕКТРОНИКА-100/25 управляется операционной системой RSX-11 и может поддерживать работу в режиме теледоступа четырех терминалов СПД. Большого количества терминалов эти мини-ЭВМ обслуживать не могут из-за невысокого быстродействия и малой оперативной памяти.

В 1985 г. на замену этим ЭВМ пришла более мощная мини-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-79. Однако, полученный нами комплект ЭВМ с оперативной памятью 256 Кбайт, несмотря на более высокое быстродействие и больший объем дисковой памяти ( $3 \times 29$  Мбайт), не позволял увеличить количество одновременно работающих терминалов свыше четырех. Чтобы как-то решить эту проблему, к ЭЛЕКТРОНИКЕ-79 пришлось подключить блоки памяти ЭЛЕКТРОНИКА ОЗУ 256 К, увеличившие емкость ОП до 1 Мбайта. Сейчас, несмотря на некоторую потерю быстродействия ЭВМ из-за большего времени доступа к ОП, обслуживается 19 терминалов, из которых 16 являются терминалами СПД, а три



подключены непосредственно к ЭВМ. Кроме того, к мини-ЭВМ были подключены более качественные накопители на магнитной ленте ЕС-5017.02.

ЭЛЕКТРОНИКА-79, на которой используется операционная система RSX-11M PLUS, связана выделенной линией с АРХИВом, с которым она ведет файловый обмен. Такими же линиями она связана с двумя СПД, осуществляющими по ним как файловый, так и терминальный информационный обмен. В настоящее время на ЭЛЕКТРОНИКЕ-79 зарегистрировано 60 пользователей.

#### 4. СПД — интеллектуальный коммутатор терминалов.

Возникнув в 1977 г. как простое электронное средство подготовки заданий для работавших в пакетном режиме ЭВМ МИНСК-32, СПД претерпела далее значительную трансформацию как с точки зрения выполняемых функций, так и в отношении аппаратной их реализации.

Первая СПД была реализована на стандартном комплекте мини-ЭВМ М-6000 с оперативной памятью 32 Кслова, и могла обслуживать одновременную работу семи терминалов. СПД полностью зависела от работоспособности ЦЕНТРа, т. к. редактируемые файлы хранились на его дисках. В дальнейшем, общая тенденция усиления автономности как рабочих мест, так и коммутаторов, а также появление соответствующих возможностей привели к тому, что СПД стали оснащаться собственными накопителями на магнитных дисках с фиксированными головками сначала емкостью 0,8 Мбайт, затем — 2,5 Мбайта [22].

В настоящее время мини-ЭВМ М-6000, используемые для СПД, оснащены ставшим стандартным для нас оборудованием:

- полупроводниковой памятью емкостью 256 Кслов с возможностью базирования и быстрого доступа в эту память через «окно» [20];
- работающим через КПДП М-6000 контроллером с подключенными к нему двумя НМД ЕС-5060 емкостью по 2,5 Мбайта [22];

В дополнение к этому специально для СПД разработаны мультиплексоры терминалов, имеющие информационные буфера типа FIFO емкостью по 32 байта на каждый терминал. Работа мини-ЭВМ осуществляется под управлением специализированной операционной системы МИСС [18].

Все это позволяет ей поддерживать одновременную работу до

тридцати видеотерминалов. Суммарно же к двум СПД сейчас подключено 80 терминалов и 13 локальных печатающих устройств типа DZM-180. Терминалы установлены на местах с максимальным удалением от ВЦ до 5 км.

В настоящее время пользователь СПД может:

- редактировать произвольные файлы, в том числе и тексты программ для пакетных ЭВМ;
- подготавливать задания для ЕС ЭВМ и общаться с ними через ДИСПЕТЧЕР, передавая на ЭВМ задания и получая справки о состоянии заданий и результаты;
- подключаться к мини-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-79 и работать в системе RSX-11M PLUS в режиме теледоступа;
- подключаться к ЭВМ ОДРА-1305 и работать там в системе GEORGE.

Самым слабым звеном в СПД с точки зрения надежности оказались диски МОМ ДМ-2,5, и сейчас произведена их замена на специально для этого разработанную твердотельную память емкостью 4 Мбайта.

На январь 1987 г. в СПД зарегистрировано 370 пользователей.

#### 5. ЦЕНТР — коммутатор мини-ЭВМ М-6000.

До 1980 г. ЦЕНТР однозначно воспринимался как вся система РАДИУС (рис. 2). К ЦЕНТРу было подключено около пятнадцати мини-ЭВМ М-6000. Две из них были задействованы в схеме управления ускорителя ВЭПП-2М [8], и там же еще две М-6000 управляли детекторами ОЛЯ [9] и НД [14]. На ВЭПП-4 для обслуживания детектора МД-1 использовалось три мини-ЭВМ [15].

Кроме того, несколько М-6000 работало на более мелкие эксперименты. Так, одна из машин применялась в схеме автоматизации лазерной установки в эксперименте по измерению несохранения четности в атомах [13]. Другая управляла установкой для рентгеноструктурного анализа [10], одно из направлений развития которого вылилось в дальнейшем в цифровую рентгенографическую установку для медицинской диагностики (на базе микро-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-60).

В настоящее время ЦЕНТР это постепенно сворачиваемая подсистема комплекса, и на сегодняшний день на нем осталось только четыре периферийных мини-ЭВМ. С завершением экспериментов, базировавшихся на М-6000, происходит естественный процесс перехода пользователей на более совершенную технику, реализуемую на базе мини- и микро-ЭВМ серии ЭЛЕКТРОНИКА.



На ЦЕНТРе остался только один крупный эксперимент, связанный с детектором НД на ускорителе ВЭПП-2М. Кроме того, ускоритель ВЭПП-2М управляется одной из четырех оставшихся периферийных мини-ЭВМ М-6000. В связи с завершением экспериментов с нейтральным детектором в 1987 г. и модернизацией самого ускорителя надобность в ЦЕНТРе фактически отпадает. Хотя, в настоящее время ЦЕНТР играет еще и роль альтернативного дискового архива.

Сейчас на ЦЕНТРе осталось 175 пользователей. В основном, это пользователи архивных дисков ЦЕНТРа.

### 6. ОРТ — коммутатор микро-ЭВМ.

Первые появившиеся в Институте мини-ЭВМ серии ЭЛЕКТРОНИКА использовались в режиме независимых ЭВМ, к которым через стандартные интерфейсы «цеплялись» небольшие экспериментальные установки и отдельные рабочие места инженеров. Одна мини-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-100/25 могла поддерживать 3—4 таких эксперимента, оснащавшихся микро-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-60. Такой подход шел вразрез с накопленным у нас опытом интенсивного использования вычислительной техники.

Однако, попытавшись в 1980 г. создать центр на базе мини-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-100/25, аналогичный ЦЕНТРу М-6000, и используя стандартные блоки адаптера ОШ-2К, чтобы сохранить в работе связанные интерфейсы М-6000, мы столкнулись с большими трудностями и были вынуждены отказаться от этой затеи, в очередной раз убедившись, что в наших условиях работает только созданное нами интерфейсное оборудование. Поэтому пришлось разработать для ЭЛЕКТРОНИКИ-100/25 связной интерфейс, который позволял работать в режиме прямого доступа и осуществлять обмен с одним из соседних интерфейсов, вставленных в блок расширения системы БРС. Аналогичный интерфейс был разработан и для ЭЛЕКТРОНИКИ-60. Обмен между ЭВМ по линии связи базируется на старых принципах системы РАДИУС.

Так появился коммутатор для доступа периферийных микро-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-60 к коммунальным ресурсам комплекса. Коммутатор мог обслуживать до 40 линий связи с персональными микро-ЭВМ и с мини-ЭВМ коммунальных ресурсов комплекса. К коммутатору было подключено до 20 микро-ЭВМ. Однако, ввиду того, что он был выполнен на ОБЩЕЙ ШИНЕ мини-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-100/25 и при работе использовался режим пря-

мого доступа в память, коммутатор отличался невысокой надежностью работы и склонностью к «зависаниям» на ОБЩЕЙ ШИНЕ. Проанализировав информационный трафик через коммутатор, мы пришли к выводу, что реальная скорость обмена информацией определяется в большей степени возможностями доступа к ней внутри коммунального ресурса и программными затратами на обработку протокола связи.

Поскольку этот коммутатор нас ни в коей мере не устраивал ни по надежности, ни по количеству подключаемых микро-ЭВМ, был создан новый групповой коммутатор для микро-ЭВМ с упрощенным алгоритмом обмена — система ОРТ. Старый же коммутатор используется в качестве сетевой станции, через которую доступ к ресурсам комплекса имеют рабочие мини-ЭВМ серии ЭЛЕКТРОНИКА, используемые СПД, и ОРТы.

Схема ОРТа базируется на принципе программного сканирования выделенных каналов связи с микро-ЭВМ. По каналам связи в байтовом режиме осуществляется обмен данными блоками длиной 512 байт. Управляет обменами центральная микро-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА 60.1, для которой разработан сорокавосемиканальный мультиплексор.

ОРТы имеют связь с АРХИВом, где хранятся и операционные системы периферийных машин, и личные файлы пользователей. Они подключены также к ДИСПЕТЧЕРу, поэтому пользователи периферийных машин (ПМ) имеют возможность передавать на ЕС ЭВМ задания, отредактированные на ПМ, а после счета принимать оттуда результаты.

Для поддержки ОС RT-11 периферийные машины оснащаются разработанным у нас электронным псевдодиском [24], емкостью 512 Кбайт на базе блоков памяти ЭЛЕКТРОНИКА ОЗУ 256К.

Чтобы минимизировать информационный обмен между коммутатором и АРХИВом, системные файлы при инициализации ОРТа переписываются на подключенные к нему псевдодиски общей емкостью 1 Мбайт. Эти файлы доступны ПМ в режиме ON-LINE, т. е. часть операционной системы периферийной микро-ЭВМ может храниться на общих псевдодисках ОРТа, освобождая место на персональных псевдодисках под рабочие файлы. Пользователи, которым важна большая независимость от центра, имеют возможность создавать и загружать в свой псевдодиск полностью автономную систему RT-11.

Одним из таких пользователей ОРТа является автоматизированная система для издания печатных работ [25]. Программные



средства системы позволяют автоматизировать процесс подготовки издания, содержащего таблицы, формулы и рисунки, практически исключая монтаж. Готовый текст просматривается на графическом дисплее и выводится на фотонаборный автомат ФА-1000.

ПМ, используемые для отладки аппаратуры, оснащаются операционными системами, полностью размещаемыми в оперативной памяти микро-ЭВМ (например, QUASIC), с возможностью загрузки из АРХИВа отлаженных программ.

На январь 1987 г. к двум подсистемам ОРТ было подключено около сотни ПМ.

### 7. Связь ЭВМ в комплексе РАДИУС.

Основы связи ЭВМ в комплексе РАДИУС были заложены в 1975 г., когда начала эксплуатироваться в круглосуточном режиме первая версия этой системы [7]. Теперь же, если придерживаться терминологии эталонной модели соединения открытых систем, в комплексе РАДИУС, имеющем звездообразную архитектуру, в различных подсистемах можно обнаружить присутствие всех уровней этой модели.

На физическом уровне связь реализована с использованием дешевых телефонных кабелей парной скрутки. Для устранения влияния помех, возникающих в земляных контурах удаленных друг от друга ЭВМ источников и ЭВМ потребителей информации, реализована двухсторонняя трансформаторная развязка приемников и передатчиков связных интерфейсов. При передаче по телефонному кабелю в старт-стопном режиме осуществляется одно- или двухбайтовая передача команд и данных, т. е. ведется байтовый или словный информационный обмен. Команды и данные различаются в линии связи полярностью стартового бита. При этом, используется последовательный знакопеременный код с частотой переключения единиц, равной 1,25 МГц.

На канальном уровне обмен между ЭВМ, соединенными между собой по принципу «точка—точка», осуществляется под управлением линейных драйверов этих ЭВМ. Аппаратно контролируется последовательность чередования в линии импульсов положительной и отрицательной полярности. Такой контроль, по нашим оценкам, позволяет выявить более 95% сбоев, возникающих в линии связи.

Передаваемый в линию связи пакетами информационный блок содержит транспортный заголовок с адресами приемника и пере-

датчика, а также величиной передаваемого блока. На каждый передаваемый старт-стопным способом в линию связи информационный байт или слово со стороны приемника требуется короткое подтверждение о приеме информации длительностью в три такта. Передачей команд по линии связи линейные драйверы взаимодействующих ЭВМ ведут протокол обмена на канальном уровне. При этом, действия передатчика и приемника можно описать следующим образом:

Передатчик:		Приемник:
Выдача команды Запрос Связи	→	Прием команды ЗС
Прием команды Запрос Принят	←	Выдача команды ЗП
Передача в режиме информационного обмена транспортного заголовка	→	Прием транспортного заголовка
Выдача команды Конец Заголовка	→	Прием команды КЗ
Прием команды Конец Заголовка Принят	←	Выдача команды КЗП
Передача в режиме информационного обмена тела сообщения	→	Прием тела сообщения
Выдача команды Конец Связи	→	Прием команды КС
Прием команды Конец Связи Принят	←	Выдача команды КСП

На этом сеанс связи заканчивается.

Канальный уровень следит за правильностью передачи данных. В случае возникновения сбоев прерывает текущий сеанс связи, выдавая команду ОШИБКА, запускает процедуру восстановления и повторяет передачу до пяти попыток.

Смысловым анализом управляющих полей в передаваемом пакете занимается следующий уровень—сетевой, который анализирует адресные поля транспортного заголовка. В случае отсутствия запрашиваемого абонента в ответ на команду КЗ в фазе приема заголовка вместо команды КЗП следует ответ—Транспортный Отказ (ТО). Передача блока прекращается.

Кроме отдельно передаваемого транспортного заголовка в начале тела сообщения содержится заголовок с различными параметрами пользователя. Это обрамление при передаче подготавливают, а при приеме анализируют сеансовый и транспортный уровни протокола. Запрос же из задачи на передачу информации формирует прикладной уровень протокола.

Между ЭВМ в РАДИУСЕ в основном осуществляется словный



обмен, байтовый же обмен реализован только между коммутаторами ОРТ и периферийными микро-ЭВМ. Хотя техническая скорость передачи по линии связи составляет 1,25 Мбод, реальная скорость обмена информацией из-за накладных расходов и программной обработки всех фаз протокола оказывается на порядок величины ниже. При байтовом обмене эта скорость еще более снижается и составляет приблизительно 20 Кбод.

#### БЛИЖАЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Доступ периферийных пользователей с «персональных» машин, обладающих определенной автономностью, к общим ресурсам комплекса РАДИУС осуществляется через групповые коммутаторы — центры, что позволяет замкнуть значительную часть информационных потоков внутри коммутаторов, имеющих свои локальные ресурсы внешней памяти. Это является несомненным достоинством комплекса. Но ввиду того, что подсистемы комплекса («кирпичи» второго и третьего уровней иерархии) связаны между собой по принципу «точка-точка», возникают сложности при вводе в работу новых ресурсов. Нужна единая высокоскоростная среда связи между подсистемами комплекса с аппаратной обработкой нижних уровней протокола обмена. И это одна из ближайших целей в дальнейшем развитии комплекса РАДИУС.

В заключение автор хотел бы выразить благодарность В.А. Сидорову за внимание к работе и ее поддержку, без которых она не могла бы увидеть свет,

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бару С.Е., Койфман О.С., Попов В.М., Романов А.В., Сидоров В.А. Связь волоочных искровых камер с ЭВМ МИНСК-22. Препринт ИЯФ 294, Новосибирск 1969.
2. Неханевич Э.Л., Попов В.М., Романов А.В., Сидоров В.А. Система хранения информации в ЭВМ МИНСК-22 с использованием накопителя на магнитной ленте ZMB-30. Препринт ИЯФ 93-70, Новосибирск 1970.
3. Неханевич Э.Л., Попов В.М., Романов А.В. Канал вывода информации из ЭВМ МИНСК-22. Препринт ИЯФ 78-73, Новосибирск 1973.
4. Гусев В.А., Попов В.М., Романов А.В. Некоторые доработки в ЭВМ МИНСК-32. Препринт ИЯФ 54-73, Новосибирск 1973.
5. Денисов Н.Ф. Мониторная система ИЯФ-73 для ЭВМ МИНСК-32. Препринт ИЯФ 113-73, Новосибирск 1973.
6. Гусев В.А., Денисов Н.Ф., Неханевич Э.Л., Попов В.М., Романов А.В., Сидоров В.А., Сысолетин Б.Л., Шувалов Б.Н. Система ЭВМ для автоматизации экспериментов. Препринт ИЯФ 75-84, Новосибирск, 1975.

7. Сидоров В.А., Сысолетин Б.Л., Шувалов Б.Н. Программное обеспечение системы РАДИУС. Управляющие системы и машины, №1, 1978. с.101—103.
8. Бару С.Е., Гусев В.А., Захваткин М.Н., Кирпотин А.Н., Кооп И.А., Неханевич Э.Л., Мишнев С.И., Сидоров В.А., Тумайкин Г.М., Шатунов Ю.М. Управление ускорительно-накопительным комплексом ВЭПП-2М со встречными электрон-позитронными пучками. Препринт ИЯФ 75-86. 1975.
9. Аульченко В.М., Бару С.Е., Гетманов В.Н., Коршунов Ю.В., Курдадзе Л.М., Мелехов Г.Г., Савинов Г.А., Сидоров В.А., Сысолетин Б.Л., Хабахпашев А.Г., Шувалов Б.Н., Фоминых В.И., Шварц Б.А., Чилингаров А.Г. Система сбора данных детектора ОЛЯ для экспериментов на электрон-позитронном накопителе ВЭПП-2М. Труды Всесоюзного семинара «Обработка физической информации», г.Ереван, 1975, с.88—93.
10. Бару С.Е., Гусев В.А., Неханевич Э.Л., Провиз Г.И., Савинов Г.А., Сидоров В.А., Хабахпашев А.Г. Установка для рентгеноструктурного анализа на базе двухкоординатной пропорциональной камеры. Труды VIII Международного симпозиума по ядерной электронике, г.Дубна, 1975, с.377—380.
11. Шувалов Б.Н. МИСС — многотерминальная система с разделением времени для подготовки и редактирования текстов. Препринт ИЯФ 78-60, Новосибирск, 1978.
12. Гусев В.А., Денисов Н.Ф., Романов А.В., Сидоров В.А., Сысолетин Б.Л., Шувалов Б.Н. Система ЭВМ РАДИУС. Опыт эксплуатации и развития. Труды II Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Алма-Ата, 1978, с.223—224.
13. Барков Л.М., Золоторев М.С., Хорев В.М., Черепанов В.П., Шехтман А.И. Аппаратура для экспериментов по поиску несохранения четности в атомах. Препринт ИЯФ 79-50. Новосибирск, 1979.
14. Аульченко В.М., Голубев В.М., Дружинин В.П., Перышкин А.Н., Редько И.Ю., Середняков С.И., Сидоров В.А., Усов Ю.В., Шувалов Б.Н. Система автоматизации экспериментов на нейтральном детекторе. Труды II Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Новосибирск, 1982, с.83.
15. Аульченко В.М., Бару С.Е., Блинов А.Е., Воробьев А.И., Голубенко Ю.И., Грошев В.Р., Купер Э.И., Леденев А.В., Малыгин А.Н., Миленский Л.А., Онучин А.П., Провиз Г.И., Репков В.В., Савинов Г.А., Сидоров В.А., Тельнов В.И., Тихонов Ю.А., Усов Ю.В., Шапов А.Г. Автоматизация детектора МД-1 для экспериментов на встречных  $e^+e^-$  пучках. Труды II Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Новосибирск, 1982, с.78—79.
16. Шувалов Б.Н. Программное обеспечение периферийных ЭВМ М-6000 многоаппаратного комплекса РАДИУС. Препринт ИЯФ 82-11. 1982.
17. Букин А.Д., Дворников Н.С., Романов А.В., Сидоров В.А., Сысолетин Б.Л. Организация использования ЭВМ ЕС-1040. Препринт ИЯФ 82-13.
18. Зоркольец А.Г., Шувалов Б.Н. Многотерминальная интерактивная система для ЭВМ М-6000. Препринт ИЯФ 81-24, Новосибирск, 1981.
19. Шувалов Б.Н. Организация многоаппаратного комплекса ориентированного на обслуживание рабочих мест физика-экспериментатора. Труды II Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Пленарный доклад. Новосибирск, 1982, с.21—27.
20. Банзаров В.Ш., Малыгин А.Н., Шувалов Б.Н. Оперативное запоминающее устройство ОЗУ-256К для мини-ЭВМ М-6000. Препринт ИЯФ 82-134.



21. Сысолетин Б.Л. Специализированная операционная система ОС/Р-5 для мини-ЭВМ М-6000. Препринт ИЯФ 86-111, Новосибирск, 1986.
22. Малыгин А.Н., Шувалов Б.Н. Контроллер магнитных дисков ДМ-2,5 для мини-ЭВМ. Препринт ИЯФ 86-19, 1986.
23. Гусев В.А. Подключение внешних устройств ЕС ЭВМ к мини-ЭВМ. Препринт ИЯФ 86-148, Новосибирск, 1986.
24. Банзаров В.Ш., Шувалов Б.Н., Яснев М.В. Электронный псевдодиск для микро-ЭВМ ЭЛЕКТРОНИКА-60. Препринт 85-106, Новосибирск, 1985.
25. Зорколыцев А.Г., Коршунов Ю.В., Шувалов Б.Н. Входной язык фотонаборной автоматизированной системы. Препринт ИЯФ 86-36, Новосибирск, 1986.
26. Аксенов Г.А., Бару С.Е., Бейлин М.В., Грошев В.Р., Мерзляков Ю.И., Нифонтов В.И., Сазанский В.Я. Универсальный арифметический процессор для быстрой обработки данных в физическом эксперименте. Труды III Всесоюзного семинара по обработке физической информации. Ереван, 1985, с.28—29.
27. Сысолетин Б.Л. Архив данных многомашинного комплекса «Радиус». Препринт ИЯФ 86-160, Новосибирск, 1986.

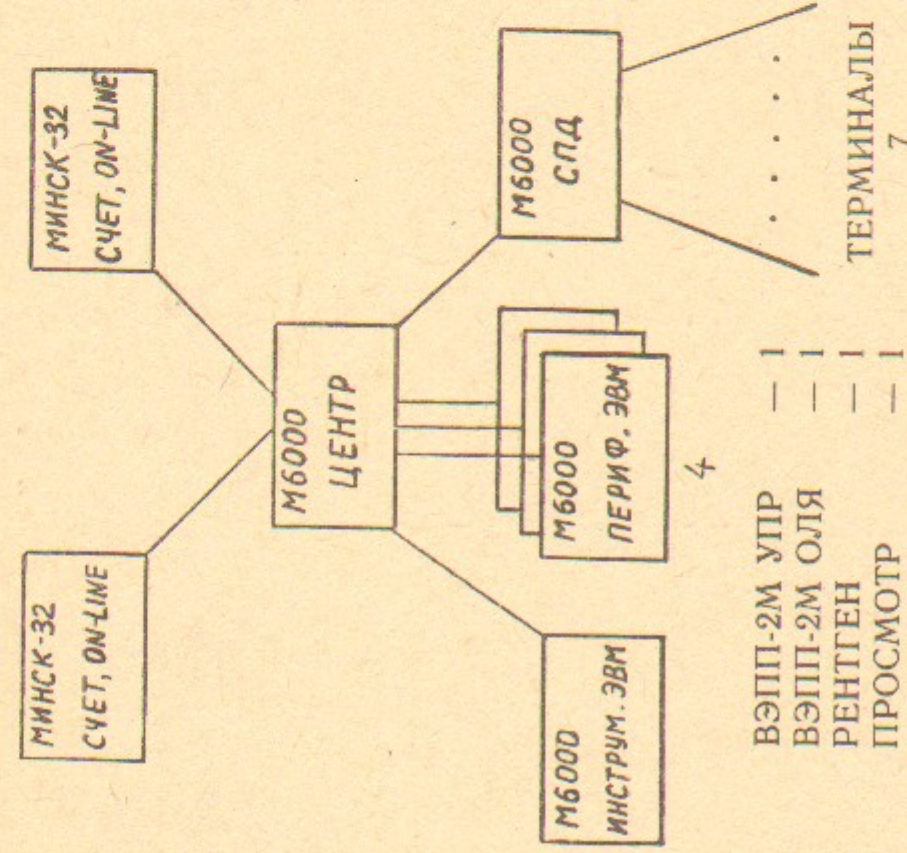


Рис. 1. Система ЭВМ РАДИУС  
1975

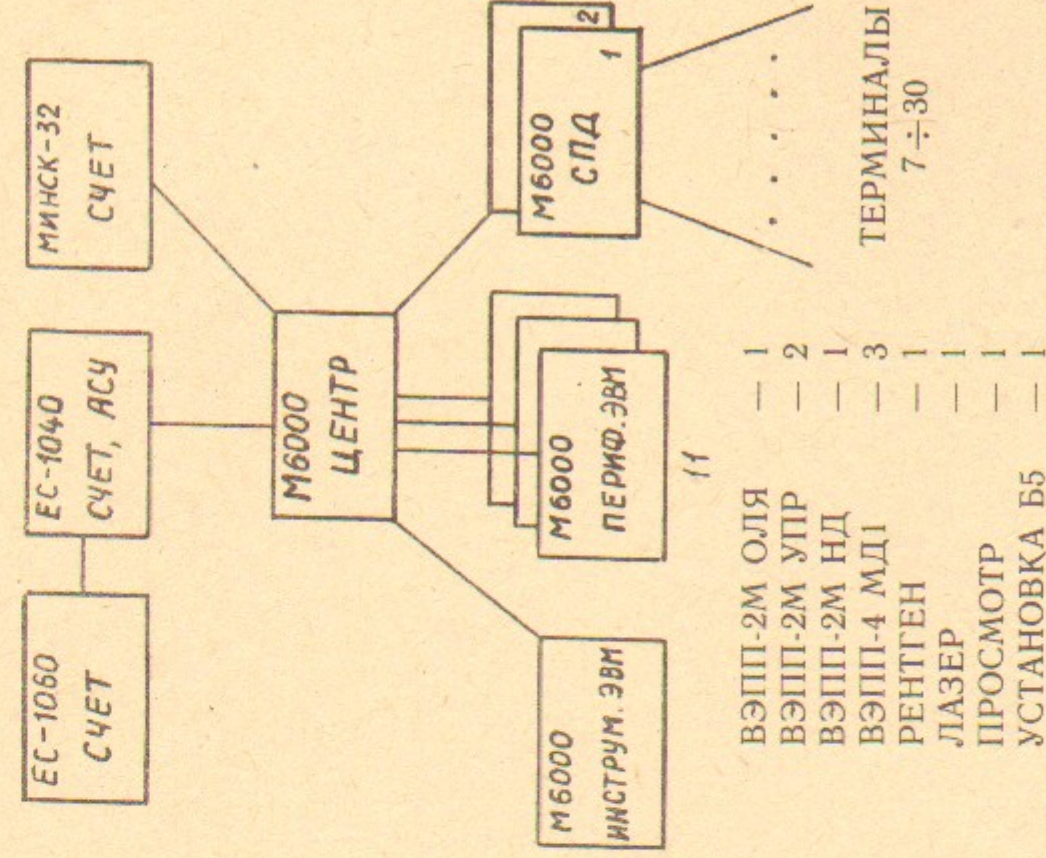


Рис. 2. Система ЭВМ РАДИУС  
1981



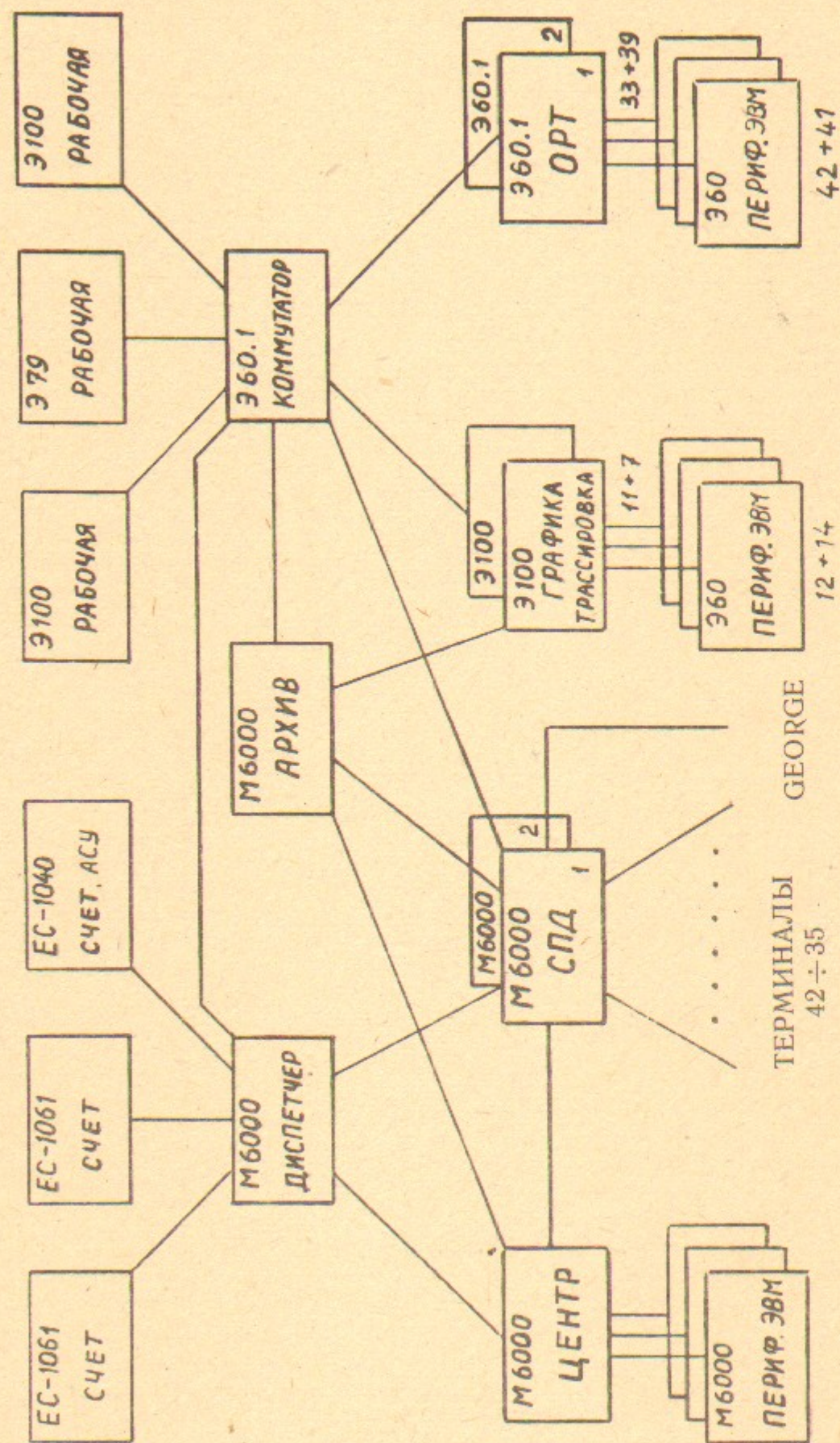


Рис. 3. Комплекс ЭВМ РАДИУС — 11.1986

В.А. Гусев

Комплекс ЭВМ РАДИУС.  
Ретроспективный анализ.

Ответственный за выпуск С.Г.Попов

Работа поступила 1 сентября 1987 г.  
Подписано в печать 12 ноября 1987 г. МН 08450  
Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 2,2 печ.л., 1,8 уч.-изд.л.  
Тираж 180 экз. Бесплатно. Заказ № 158

Набрано в автоматизированной системе на базе фото-  
наборного автомата ФА1000 и ЭВМ «Электроника» и  
отпечатано на ротапинтере Института ядерной физики  
СО АН СССР,  
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.