

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А-68

На правах рукописи

УДК 681.124.14

ЛОБАНОВ Евгений Валентинович

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ МНОГОМАШИННОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА ДЛЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ДАННЫХ В ИФВЭ АН КАЗССР

Специальность: 08.18.08 - автоматизированные системы управления

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Дубна 1986

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий Академии наук Казахской ССР, г. Алма-Ата.

Научные руководители:
член-корреспондент АН КазССР,
доктор физико-математических
наук, профессор

И.Я.Часников

кандидат технических наук

М.А.Ташимов

Официальные оппоненты:
доктор технических наук

О.П.Федотов

кандидат технических наук

Г.П.Жуков

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, г. Москва.

Защита состоится "14" ноября 1985 года в "10.30" часов на заседании Специализированного совета Д.047.01.04 при Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна, Московской области).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "11" октября 1985 года

Ученый секретарь Специализированного
совета кандидат физико-математических
наук

Иванченко
З.М.Иванченко

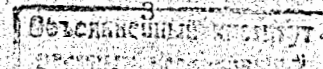
Актуальность. В ядерно-физических экспериментах быстрое и качественное проведение стадии измерения и анализа полученных данных представляет собой важную задачу. От аппаратно-программной обеспеченности этой стадии зависят не только сроки проведения экспериментов, но и сама возможность их постановки, использование той или иной методики исследования, выбор направлений научных исследований. В физических центрах при разнообразии научно-технических задач экономически целесообразной является автоматизация научных исследований на основе гибких (многоцелевых) многомашинных вычислительных комплексов (МВК). Актуальность этой задачи и ее народнохозяйственное значение не ограничивается только областью фундаментальных исследований, так как методология разработки систем автоматизации физического эксперимента находит широкое применение и в других областях науки и техники.

Разработка и создание МВК и систем автоматизации научного эксперимента в ИФВЭ АН КазССР осуществлялись в рамках задания ГК СССР по науке и технике согласно Постановлению № 390 от 5 ноября 1975 года и Целевой Комплексной Программы ОЦ.027 по Постановлению ГК СССР по науке и технике, Госплана СССР и Академии Наук СССР № 474/250/132 от 12 декабря 1980 года.

Целью работы является разработка и создание МВК и автоматизированных систем сбора и обработки данных ядерно-физических экспериментов, при этом на защиту выносятся вопросы разработки и исследования аппаратно-программных средств систем автоматизации, комплексирования разнотипных ЭВМ, а также вопросы выбора и обоснования их структур.

Научная новизна и значимость заключаются в следующем:

1. Выбрана и обоснована структура функционально распределенной системы обработки ядерно-физических данных на основе МВК с децентрализованным управлением.



2. Разработаны и исследованы ряд подсистем сбора и первичной обработки экспериментальных данных, методы и средства сопряжения измерительных установок с ЭВМ, с одной стороны, и неоднородных ЭВМ между собой, с другой стороны. Выделен круг параметров, подлежащих выбору при проектировании средств межмашинного обмена, предложена методика их выбора и оптимизации.

3. Обоснованы и реализованы новые структурно-логические решения аппаратных средств комплексирования разнотипных ЭВМ.

4. Разработаны протокол обмена информацией между разнотипными ЭВМ, алгоритм их взаимодействия, обоснована структура программного обеспечения каналов обмена, реализованная в виде отдельных драйверов.

5. Предложена и исследована приоритетная дисциплина обслуживания потоков запросов к общесистемным блокам, реализованная устройством переменного приоритета, защищенным авторским свидетельством (№ 883906).

Общность подхода к разработке и простота реализации технических и программных средств МВК с разнорядными ЭВМ представляют определенный интерес для развития методологии создания многомашинных систем автоматизации научных исследований и имеют практическое значение для решения задач экспериментальной физики.

Практическая ценность результатов. Основным результатом работы является разработка методики проектирования и создания функционально распределенной системы обработки ядерно-физических данных, которая применима к широкому классу многоцелевых систем, использующих разнотипные ЭВМ. Созданные на основе разработанной методики МВК, первый в АН КазССР, и аппаратно-программные средства сбора и первичной обработки экспериментальных данных дали возможность на более качественном уровне проводить научные исследования в институте; поднять их эффективность и сократить сроки

проведения научных экспериментов, в том числе, ведущихся в рамках международных и всесоюзных союзов, тем самым способствовали получению новых физических результатов, имеющих важное значение для экспериментальной физики. В частности, получены новые сведения о процессах множественного образования частиц на нуклонах и ядрах при высоких энергиях, в том числе изучены свойства лидирующих частиц, нуклонных и мезонных резонансов, кластеров и др.

Заложенные в МВК структурные, аппаратно-программные и конструктивные возможности позволяют использовать его не только в экспериментах в области физики высоких энергий, но и как базу для обработки данных других физических экспериментов, проводимых в институте.

Практическая ценность и научная новизна работ по созданию МВК и систем автоматизации научных исследований подтверждена в решениях комиссий по приемке и сдаче их в эксплуатацию и актах внедрения.

Апробация работы. Основные результаты и положения диссертационной работы докладывались на Всесоюзных конференциях, совещаниях, семинарах по вопросам автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях (Ереван - Киев - 1976, Алма-Ата - 1978, Душанбе - 1980, Новосибирск - 1981, 1982, Тбилиси - 1984 г.г.); на Всесоюзных школах по автоматизации научных исследований (Тбилиси - 1978, Горький - 1982, Алма-Ата - 1984 г.г.); на Республиканской конференции по автоматизации научных исследований (Алма-Ата - 1982 г.), обсуждались на семинарах ЛВТА ОИЯИ, ИФВЭ АН КазССР, на Совете по автоматизации и научному приборостроению при Президиуме АН КазССР.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано более 30 работ, получено авторское свидетельство, оформлены и защищены 5 научных отчетов.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Объем диссертации -

- 150 стр., 60 рисунков, 8 таблиц, список литературы -
- 121 наименование.

Краткое содержание работы.

Во введении обоснована актуальность задачи и показаны пути создания систем автоматизации сбора, накопления и анализа данных ядерно-физических экспериментов на основе многомашинных вычислительных комплексов; формулируются задачи, которые решаются в диссертации; излагаются основные положения, которые выносятся на защиту; приводится краткое содержание диссертационной работы.

В первой главе приведен обзор систем автоматизации сбора и обработки экспериментальных данных в физических центрах в СССР и за рубежом, а также в ИФВЭ АН КазССР. При создании систем автоматизации в Институте использовались как собственные разработки, так и опыт отечественных центров по обработке ядерно-физической информации.

Исходя из общих предпосылок, сформулированы требования к средствам автоматизации на основе рассмотрения обобщенной структуры измерительно-вычислительного тракта, приведены функциональные наборы необходимых устройств для измерения, управления и контроля, рассмотрены принципы организации и технической реализации локальных систем сбора и первичной обработки экспериментальных данных.

По объемно-временным и информационным характеристикам экспериментальной базы в Институте были выделены следующие типы структур подсистем автоматизации сбора и первичной обработки данных:

- функционально и пространственно-централизованная структура, применяемая на ранних стадиях автоматизации;
- функционально и пространственно-децентрализованная структура.

Далее показана логическая и аппаратная реализация разработанных и созданных автоматизированных подсистем по сбору и накоплению экспериментальных данных [1 - 5].

приведены некоторые результаты их анализа. При этом выделены несколько классов подсистем, имеющих свои специфические особенности, связанные с функциональным назначением. При моделировании они представлялись в виде системы массового обслуживания. С помощью статистической модели было определено оптимальное количество подключаемых к ЭВМ измерительных устройств в зависимости от средних значений времени ожидания и времени обслуживания [6 - 8].

Анализ подсистем автоматизации по функциональному назначению показал, что при определенных условиях необходимо разделять функции сбора, накопления и обработки данных. В этом случае используются двухуровневые системы. В созданных и используемых автоматизированных подсистемах измерения и обработки экспериментальных данных используются разнотипные ЭВМ и отсутствует возможность организовать обмен информацией между ними в режиме "off - line". Все это предопределило разработку и создание многомашинного вычислительного комплекса [9].

Во второй главе приведены выбор и обоснование структуры МВК и его внутренних связей.

Выбор структуры МВК обосновывается как на уровне компонент (абонентские пункты, подсистемы, каналы связи, коммутирующая аппаратура, ЭВМ), так и на уровне отдельных устройств (процессор, оперативная память, буферное запоминающее устройство и т.д.) [10 - 12].

Основные требования к проектированию МВК сводились к следующему:

- соблюдение методики обработки снимков с трековых установок;
- полная адаптация и возможность применения существующих программ обработки камерных снимков, которые создавались в течение многих лет;
- возможность обработки и анализа различных классов физических экспериментов;

- возможность коллективного использования вычислительных средств МВК;

- не производить коренных изменений в аппаратных и программных средствах МВК при создании новых и развитии существующих систем автоматизации;

- реализация обмена информацией между ЭВМ в режимах " on - line - и " off - line " .

При создании МВК была выбрана такая организационная структура внутренних связей, которая имеет физическую, программную и логическую основы. Программная основа связей представляет собой набор взаимозависимых программ, осуществляющих процессы сбора, обработки, передачи информации, диалога, диагностики оборудования и т.д. Основными характеристиками, влияющими на организацию внутренних связей и структуру МВК являются: способ коммутации, тип передаваемого кода (параллельный, последовательный), схемная реализация блоков приема, передачи и согласования линий связи, выбор методов увеличения пропускной способности каналов обмена [13] .

Так как ЭВМ, не имеющие мультипрограммного режима работы, могут только последовательно обслуживать поступающие запросы на обмен информацией, то поток информации по всем возможным каналам обмена не может превышать пропускную способность, достижимую для одного канала. Это простое соображение делает технически и экономически выгодной организацию всех обменов ЭВМ по одному каналу внешней связи. При этом все основные разработки по организации многоканального доступа ЭВМ выносятся за пределы ее конструктивной основы в специальное устройство (коммутатор каналов связи, коммутатор абонентов), и этим достигается минимальное вмешательство в ЭВМ при максимальном или полном сохранении ее технической и конструктивной основы.

Для выбора способа обмена информацией (через программное прерывание, прямой доступ в память) было получено гра-

ничное число передаваемых слов по линии связи

$$n_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{пр}}}{t_{00} (1 - K_{\text{з.м.}})} ; \quad (1)$$

где $t_{\text{пр}}$ - время отработки прерывания с операциями запоминания и восстановления состояния машины;

t_{00} - время ожидания обмена информацией, т.е. выполнения подготовительных и заключительных операций обмена информацией;

$K_{\text{з.м}}$ - коэффициент занятости ОЗУ ЭВМ процессором.

При $n_{\text{обм}} > n_{\text{пр}}$ более эффективен прямой доступ в память, а при $n_{\text{обм}} < n_{\text{пр}}$ - групповой способ обмена через программное прерывание.

Исходя из конкретно сложившихся условий, и учитывая особенности подсистем автоматизации, разработанная структура многомашиного вычислительного комплекса для сбора и обработки экспериментальных данных является гибкой и наиболее оптимальной для ИФВЭ АН КазССР (рисунок 1). Архитектура МВК предусматривает поэтапный ввод его в эксплуатацию, что дает возможность экспериментаторам еще на ранней стадии создания МВК использовать его в своих исследованиях. Структура МВК предусматривает дальнейшее его развитие с возможностью подключения к нему современных средств вычислительной техники, не нарушая существующей системы связи между ЭВМ [14] .

В третьей главе рассмотрены вопросы анализа и оценки основных параметров технических средств МВК.

При разработке устройств сопряжения ЭВМ с периферийными устройствами, с коммутирующей аппаратурой (КА), а также абонентских контроллеров в КА учитывались выражения:

$$N_{\text{пр}} \geq]_{\text{max}}, \quad \tau \leq \tau_{\text{k max}}, \quad Q = Q_{\text{min}}, \quad (2)$$

где $N_{\text{пр}}$ - пропускная способность, $]_{\text{max}}$ - максимальный поток информации, τ - время задержки обслуживания абонента (ЭВМ), $\tau_{\text{k max}}$ - максимально допустимое время задержки обслуживания к абонента, Q - стоимость реализации сопряжения,

Q_{\min} - минимальная стоимость реализации сопряжения.

Алгоритм обмена между периферийными устройствами, в качестве которых могут выступать ЭВМ, и ЭВМ, входящими в систему, задается операциями, производимыми в устройстве сопряжения, и подготовительными, опознающими действиями и состоит из общей, обязательной для всех абонентов (стык с каналом конкретной ЭВМ), и индивидуальной (стык с абонентом) частей, которые, в свою очередь, состоят из главного (запись, чтение) и дополнительного (опознавание интерфейсного блока, определение состояния и т.д.) алгоритмов.

Учитывая, что алгоритм работы устройства сопряжения может быть реализован как программно, так и аппаратно, для подсчета времени обслуживания абонента $t_{об}$ ЭВМ было использовано выражение, состоящее из времени однократного выполнения дополнительного алгоритма общей и индивидуальной частей $t_{ог} + t_{иг}$ и времени многократного выполнения главного алгоритма $t_{г}$

$$t_{об} = (t_{ог} + t_{иг}) + t_{г} \cdot N \quad (3)$$

где N - длина передаваемого массива данных.

Изменяя уровень унификации и соотношения программных и аппаратных частей реализации алгоритма обмена, можно добиться, чтобы $t_{об}$ было приемлемым и не было потерь информации. Анализ алгоритмов показывает, что такие постоянные и наиболее часто встречающиеся процедуры, как установление соединения, регистрация элементарных посылок и т.п., относительно простые, но трудоемкие при выполнении их программным путем и требующие высоких скоростей их выполнения, более рационально реализовать аппаратно. Это позволило увеличить пропускную способность устройства сопряжения и снизить время обслуживания. Для этих целей выбирались минимальным время выполнения главного алгоритма и соответствующая длина передаваемого массива. Окончательный выбор аппаратных и программных средств реализации устройства сопря-

жения производился исходя из минимальной стоимости реализации.

Оценка выражения (3) с учетом стоимости реализации устройства сопряжения показывает, что для однотипных абонентов (ЭВМ) наиболее рационально создание мультимплексора передачи данных ввиду того, что в этом случае значительно сокращаются затраты по реализации индивидуальной части алгоритмов обмена, а для разнотипных абонентов - использование "общей шины" или стандарта КАМАК, так как здесь снижаются затраты на реализацию общей части алгоритма обмена информацией [15].

Эффективность каналов связи с точки зрения скорости передачи данных, пропускной способности каналов обмена и способа передачи данных по линии связи в системах без буферизации оценивалась коэффициентом использования канала связи ⁺⁾

$$K_{ик} = \frac{T_n + (N+N_g)/V}{T_n + (N+N_g)/V + [T_{пн} + (N+N_g)/V](1 - P_0)^{QN}} \quad (4)$$

Здесь V - скорость передачи информации при отсутствии ошибок, N - количество байт в сообщении, N_g - количество дополнительных байт для осуществления коммутации (раскоммутации) абонентов (ЭВМ); T_n - время переключения передачи для выдачи подтверждения, $T_{пн}$ - время переключения в случае повторения передачи при обнаружении ошибок, $P_0(N) = 1 - e^{-QN}$ - вероятность появления ошибок, Q - интенсивность появления ошибок. Наиболее оптимальными при средних $V \approx 300$ Кбайт/с и $P_{ср} = 0,1$ являются значения $N + N_g \approx 4 + 5$ Кбайт/с и $T_{пн} \approx 10 + 20$ мкс.

Оценка пропускных способностей каналов обмена показывает, что при синхронном способе формирования импульсов,

+) А.П.Крячко. Достоверность передачи данных в физических экспериментах на линии связи с ЭВМ. Преприят ОИЯИ, 13-80-489, Дубна, 1980.

также как и при асинхронном способе, в периоде следования тактовых импульсов выделяется зона надежного приема, которая при синхронном способе существенно меньше. Пропускную способность можно увеличить за счет увеличения зоны надежного приема. Для этого на входе приемного регистра устанавливается буферный регистр. Синхронный способ обеспечивает меньшую задержку передачи информации, однако при этом уменьшается зона надежного приема, и, следовательно, уменьшается надежность приема информации. Кроме того, при синхронном способе трудно согласовать скорости передачи данных с разнотипных ЭЕМ [16].

При оценке пропускной способности должно выполняться соотношение: ++)

$$N_{пр.мах} > \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b N_{ij}, \quad (5)$$

где a - число источников, b - число приемников информации, подключенных к коммутирующей аппаратуре, N_{ij} - интенсивность обмена информацией между i -м источником и j -м приемником. Если интенсивности сообщений передаваемых через узел коммутации таковы, что возможно применение нескольких типов коммутаторов, то последние сравниваются по времени задержки сообщения t_z . Чтобы определить это время, было проанализировано функционирование коммутирующих устройств в двух режимах:

А. коммутатор осуществляет связь источника с приемником информации на время передачи сообщения, которое равно сумме времен установления соединения, разъединения и передачи данных;

В. в отличие от первого случая соединение линий связи источника и приемника осуществляется на время, необходимое для пересылки слова со входа на выход коммутатора.

++) Р.Г.Оффенгенден, С.Н.Цилипчак. К сравнительной оценке методов коммутации данных. Материалы I Всесоюзного Семинара по АПИ в ядерной физике и смежных областях.

"Дониш", Душанбе, 1980 г., с. 121-123.

При выборе типа коммутатора использовалась оценка:

$$\rho = \frac{t_{3n}}{t_n + t_{3n}}, \quad (6)$$

где t_n - время передачи одного слова через коммутатор, t_{3n} - время задержки, вносимое коммутатором при передаче одного слова. Если суммарная нагрузка коммутатора меньше ρ , то предпочтительнее использовать схему А), при больших нагрузках меньшее время задержки сообщения обеспечивает схема Б) [17-18].

Для оценки эффективности работы коммутирующей аппаратуры (КА) использовалось выражение:

$$\rho_{э} = \frac{t_{y3}}{t_{y3} + t_{прс} + t_{ожс}}, \quad (7)$$

где t_{y3} - время удовлетворения запроса (коммутации-раскоммутации), $t_{прс}$ - время простоя, $t_{ожс}$ - время ожидания обслуживания. Оптимальным является случай, когда $r(m-1) = 1$, где $r = t_{y3} / t_{nu}$, t_{nu} - время передачи информации, m - число линий обмена. Анализ показал, что введение дополнительных магистралей обмена в КА существенно уменьшает время обслуживания заявки и увеличивает $\rho_{э}$. Для снижения времени простоя уменьшается t_{y3} или увеличивается длина передаваемого массива данных.

Для уменьшения времени ожидания необходимо правильно выбрать дисциплину обслуживания поступающих требований на обмен информацией. Анализ дисциплин обслуживания показал:

а) последовательный опрос по сравнению с дисциплиной "первый пришел - первый обслужился" при любом количестве стационарных потоков заявок на обслуживание КА, обеспечивает меньшую величину $t_{ожс}$;

б) приоритетное обслуживание обеспечивает минимальную задержку выполнения заявок старшего приоритета, но с уменьшением номера приоритета задержка резко возрастает, поэтому в КА использована схема переменного приоритета [19].

В четвертой главе изложены принципы организации и технической реализации аппаратуры МВК, в которую входят каналы обмена с соответствующими интерфейсами, коммутатор каналов связи (ККС), коммутатор абонентов (КАб) и система автономной памяти (САП).

Для обмена информацией во всех ЭВМ создана аппаратура для обеспечения взаимодействия между ними. Надо отметить, что при разработке соответствующих каналов обмена (интерфейсов связи) появляется противоречие, заключающееся в том, что, с одной стороны, есть стремление разделить задачи обработки и передачи данных и сделать системный интерфейс возможно более независимым от характеристик конкретной ЭВМ, а с другой – в каждой ЭВМ имеются средства для работы с внешними устройствами и использование этих средств позволяет упростить и сделать более эффективными протоколы взаимодействия функциональных процессов [20].

В случае, когда ни программные, ни аппаратные компоненты ЭВМ не могут быть использованы при создании аппаратных средств сопряжения, функции канала ввода-вывода и согласователя интерфейсов совмещаются в одном устройстве и используется алгоритм перезаписи программы при прерывании [21].

Для ЭВМ, имеющих развитую операционную систему и каналы ввода-вывода, создано групповое устройство для реализации функций коммутации линий связи и согласования интерфейсов [22].

В случае сопряжения мини-, микро-ЭВМ типа СМ-3,4 и Электроника-60 задача согласования проще, так как архитектура этих ЭВМ предусматривает подключение различных нестандартных модулей.

Интерфейсы связи абонентов (ЭВМ) с КА разрабатывались по единому принципу и состоят из двух частей:

- а) индивидуальная часть, служащая непосредственно для связи с каналом обмена конкретной ЭВМ;
- б) общая часть, служащая для связи с другими абонентами

или КА. Для различных ЭВМ она одинакова, так как принят единый протокол обмена информацией, причем передача информации может осуществляться как последовательным кодом, так и параллельным (байт).

Коммутатор каналов связи с параметрами $t_{уз} \approx 10$ мкс и $t_{ли} \approx 30$ мкс работает по схеме функционирования А с абонентами, у которых невысокая пропускная способность каналов ввода-вывода. Для увеличения эффективности работы в ККС реализованы две магистрали обмена, что позволило снизить $t_{ож}$. ККС выполняет функции приема коммутирующей посылки, коммутации цепей связи, формирования выходного байта информации, трансляции сообщения, установки приоритетности и прерывания ЭВМ. Разработанный и созданный ККС дает возможность обмениваться информацией одновременно по двум магистралям и подключать к нему до 12 абонентов [24].

В целях развития МВК была разработана и создана новая КА на базе коммутаторов абонентов с управляющей ЭВМ. Коммутатор абонентов выполнен в кейсе КАМАК и имеет, кроме внутренней магистрали КАМАК, еще две внешних (быстрых) линии обмена информацией. КАб состоит из идентичных абонентских контроллеров и адаптеров, позволяющих подключать к нему до 16 абонентов (ЭВМ). Основная роль управляющей ЭВМ, в качестве которой используется микро-ЭВМ Электроника-60, – управление коммутацией линий связи, изменение приоритетности абонентов и буферизация сообщений [25]. КАб с параметрами $t_{уз} \approx 20$ мкс и $t_{ли} \approx 10$ мкс (при использовании в абонентах каналов прямого доступа в память $t_{ли} \approx 3$ мкс) работает по схеме функционирования В с абонентами, у которых высокие пропускные способности каналов ввода-вывода. Для снижения $t_{ож}$ следует увеличивать длину передаваемого массива данных, однако при чрезмерном увеличении его будет увеличиваться $t_{ож}$, которое снижается с введением дополнительных магистралей обмена.

Для организации пакетной обработки на верхнем уровне ИМК (ЭВМ БЭСМ-6) и буферизации данных в центрах коммутации была разработана и создана система автономной памяти (САП) на основе микро-ЭВМ Электроника-60, стойки управления ЕС-5517 и накопителей на магнитной ленте ЕС-5017 [26], которая, кроме того, позволит накапливать и хранить информацию с локальных подсистем на ИМК и в последующем передавать ее на обработку в БЭСМ-6.

Пятая глава посвящена описанию алгоритмов взаимодействия и программному обеспечению каналов обмена ЭВМ в МВК ИФЭ АН КазССР.

В МВК реализованы протоколы двух классов, соответствующие двум типам коммутирующей аппаратуры и видам коммутации. Протоколы имеют два уровня (управление физическим каналом и управление информационным каналом), следующие уровни протоколов (например, транспортный уровень) не используются, так как в МВК не решаются сетевые задачи.

Управление физическим каналом определено типом коммутирующей аппаратуры (ИКС, КАБ), а управление информационным каналом - видом коммутации (коммутация каналов, коммутация сообщений). Первый класс протокола определен ИКС и реализует коммутацию каналов. Второй определен КАБ, в состав которого входит управляющая ЭВМ, и реализует как коммутацию каналов, так и коммутацию сообщений. Каждому классу протоколов соответствуют свои форматы передаваемых данных.

Алгоритмы, положенные в основу протоколов, обеспечивают взаимодействие не только базовой ЭВМ с ЭВМ подсистем, но и взаимодействие между ЭВМ самих подсистем, которое включает в себя коммутацию-раскоммутацию, передачу данных, контроль переданных данных, диалог и т.д.

Для осуществления обмена информацией через ИКС в абонентах предусматривается наличие специального регистра - буфера управляющего слова (БУС, рисунок 2), с помощью которого осуществляется как передача необходимых признаков

для управления связью между абонентами, так и передача самой информации. Сам обмен может вестись в обоих направлениях служебными словами, информационными словами, инструкциями, а также их комбинациями, как по служебным, так и по информационным шинам по принципу "запрос-ответ".

При обмене информацией через КАБ соединение и разъединение абонентов производит управляющая ЭВМ с помощью байта коммутации (рисунок 3), который считывается с информационных шин при наличии признака "готовности" у абонента, иницирующего обмен информацией, и выходного синхриимпульса. Управляющая ЭВМ, проанализировав байт коммутации, посылает "свой" байт коммутации в запрашиваемый абонент, тем самым устанавливается связь между абонентами. Обмен информацией ведется без участия управляющей ЭВМ; она включается в процесс обмена информацией только при наличии признаков окончания обмена [27].

Весь цикл взаимодействия между абонентами разбивается на несколько этапов: коммутация, обмен управляющими посланиями, обмен данными, раскоммутация, выполнение инструкций, если таковые были (рисунок 4).

В главе также описывается программное обеспечение каналов обмена, которое состоит из программ обслуживания линий связи и тестовых программ проверки работоспособности аппаратуры [28].

В заключении приведены основные результаты работ, выполненных при непосредственном участии и руководстве автора.

Главным результатом работы является разработка и создание, впервые в Академии наук Казахской ССР, многомашинного вычислительного комплекса для сбора и обработки данных ядерно-физических экспериментов в ИФЭ АН КазССР. Общность подхода к разработке и простота реализации МВК с разнородными ЭВМ представляют несомненный интерес для развития методологии создания МВК для автоматизации научных исследований и имеют практическое значение при решении за-

дач экспериментальной физики. При этом:

1. Разработаны и созданы:

- а) ряд автоматизированных систем сбора и обработки экспериментальных данных;
- б) комплекс аппаратуры каналов обмена (интерфейсов связи) в ЭВМ, обеспечивающий выполнение необходимых требований, предъявляемых к передаче информации между разнотипными ЭВМ;
- в) коммутирующая аппаратура для МВК, включающая в себя: коммутатор каналов связи, рассчитанный на подключение 12 абонентов (ЭВМ) и имеющий две магистрали обмена; коммутатор абонентов, реализованный на основе крейта КАМАК и микро-ЭВМ Электроника-60, позволивший унифицировать контроллеры и адаптеры для всех ЭВМ, подключаемых к МВК, и программно управлять коммутацией линий связи, изменением приоритетности абонентов, а также производить буферизацию данных;
- г) система автономной памяти на основе ЕС-НМЛ и микро-ЭВМ Электроника-60, обеспечивающая прием и накопление экспериментальных данных с измерительно-вычислительных подсистем, которые в дальнейшем обрабатываются на центральном вычислителе (ЭВМ БЭСМ-6);
- д) реализованы новые структурно-логические и конструктивные решения аппаратных средств комплексирования разнотипных ЭВМ.

2. Предложена и обоснована приоритетная дисциплина обслуживания потоков запросов, реализованная в устройстве переменного приоритета, защищенном авторским свидетельством.

3. Проведен анализ структур и основных характеристик технических средств МВК:

- выбрана и обоснована структура функционально распределенной системы обработки ядерно-физических данных на основе МВК с децентрализованным управлением в зависимости от функционального назначения подсистем, их временных параметров и стоимостных отношений;

- исследованы методы и средства сопряжения измерительных устройств с ЭВМ с одной стороны, и неоднородных ЭВМ между собой, с другой стороны; выделен круг параметров, подлежащих выбору при проектировании средств межмашинного обмена, предложена методика их анализа и оптимизации;

- произведена оценка эффективности работы каналов обмена и коммутирующей аппаратуры в зависимости от времени установления связи и передачи данных, пропускной способности каналов обмена, длины и форматов передаваемых данных, количества линий обмена.

4. Разработаны протокол обмена информацией между разнотипными ЭВМ, алгоритм их взаимодействия, единые для всех типов ЭВМ, позволившие осуществить простую аппаратно-программную реализацию МВК, обоснована структура программного обеспечения каналов обмена, реализованная в виде отдельных драйверов.

Созданные МВК и автоматизированные подсистемы сбора и обработки экспериментальных данных дали возможность на более высоком качественном уровне проводить научные исследования в институте, поднять их эффективность и сократить сроки проведения научных экспериментов, в том числе проводимых в рамках всесоюзных и международных сотрудничеств, что способствовало получению новых физических результатов. При этом получены новые сведения о процессах множественного образования частиц на нуклонах и ядрах при высоких энергиях, в том числе установлены важные закономерности в распределении событий по множественности быстрых и медленных частиц, изучены свойства лидирующих частиц, нуклонных и мезонных резонансов, кластеров и др. Создание МВК позволило осуществить проведение в институте ряда новых физических экспериментов.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих работах:

1. Лобанов Е.В., Ташимов М.А. Измерительно-вычислительная

- система ПА-БЭСМ-4 для обработки фильмовой информации. Препринт ИФВЭ АН КазССР, ИВК-15, Алма-Ата, 1974.
2. Досжанова К.М., ... Лобанов Е.В. и др. Автоматизация процесса сбора и накопления данных в многомашинном комплексе ИФВЭ АН КазССР. Материалы XII Всесоюзной школы по автоматизации научных исследований. Тбилиси, 1978, с. 31-32.
 3. Лисица Г.И., Лобанов Е.В. и др. Система приема, накопления и первичной обработки данных на базе ЭВМ БЭСМ-4. Материалы II Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Алма-Ата, 1978, с. 17-19.
 4. Бунегин В.В., ... Лобанов Е.В. и др. Автоматизация экспериментов по исследованию полупроводников. Материалы XVI Всесоюзной школы по автоматизации научных исследований. Горький, 1982, с. 234-239.
 5. Елубаев К., Лобанов Е.В. и др. Архитектура автономной системы обработки фотоизображений с трековых камер СОФИТ. В кн.: Автоматизация физического эксперимента и приборы для научных исследований. Алма-Ата, "Наука", 1984, с. 29-40.
 6. Голов И.П., ... Лобанов Е.В. и др. Разработка и исследование систем обработки данных с трековых приборов на базе ЭВМ БЭСМ-4. Материалы семинара по обработке физической информации. Ереван, 1975, с. 454-460.
 7. Лобанов Е.В., Лян Б.Н., Ташимов М.А. Анализ структур некоторых систем автоматизации физических экспериментов. Материалы III Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Тбилиси, 1984, с. 194-196.
 8. Лобанов Е.В., Лян Б.Н., Ташимов М.А. Анализ работы полуавтоматической системы для измерения и обработки трековой информации. Препринт ИФВЭ АН КазССР, 38-76, 1976.
 9. Лобанов Е.В. Сбор и обработка фильмовой информации в многомашинном комплексе ИФВЭ АН КазССР. Материалы I Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Душанбе, "Дониш", 1980, с. 249-252.

10. Лобанов Е.В., Ташимов М.А. Измерительно-вычислительный комплекс для автоматизации обработки фильмовой информации и физического эксперимента. В кн.: физика высоких энергий и космических лучей. Алма-Ата, "Наука", 1974, с. 160-167.
11. Лобанов Е.В., ... Ташимов М.А., Часников И.Я. и др. Многомашинный комплекс для обработки информации в ИФВЭ АН КазССР. Материалы I Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Киев, 1976, с. 81-82.
12. Лобанов Е.В. и др. Развитие вычислительного комплекса ИФВЭ АН КазССР для автоматизации обработки фильмовой информации. Материалы II Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Алма-Ата, 1978, с. 27-29.
13. Лобанов Е.В. и др. Структура многомашинного вычислительного комплекса ИФВЭ АН КазССР. Известия АН КазССР, серия физ.-мат., № 2, 1980, с. 52-53.
14. Лобанов Е.В. и др. Развитие многомашинного вычислительного комплекса ИФВЭ АН КазССР. Материалы II Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Новосибирск, 1982, с. 53-54.
15. Лобанов Е.В., Лян Б.Н., Ташимов М.А. Вопросы создания некоторых систем автоматизации физических экспериментов. Материалы III Всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Тбилиси, 1984, с. 192-194.
16. Лобанов Е.В., Лян Б.Н., Ташимов М.А. Некоторые вопросы комплексирования ЭВМ. В кн.: Автоматизация физического эксперимента и приборы для научных исследований. Алма-Ата, "Наука", 1984, с. 11-28.
17. Лобанов Е.В., Лян Б.Н., Ташимов М.А. Алгоритм одной модели системы сбора, накопления данных. Материалы XII Всесоюзной школы по автоматизации научных исследований. Тбилиси, 1978, с. 10-11.

18. Егоров А.В., Лобанов Е.В. и др. Моделирование многомашиного комплекса ИФВЭ АН КазССР. Материалы II Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Алма-Ата, 1978, с. 241-242.
19. Лобанов Е.В., Самарцев П.С. Устройство переменного приоритета. Авторское свидетельство № 883906 от 21.07.81., бюллетень изобретений, 1982, № 43.
20. Голов И.П., ... Лобанов Е.В. и др. Каналы обмена в ЭВМ для организации взаимодействия между ними. Материалы II Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Алма-Ата, 1978, с. 37-41.
21. Лобанов Е.В. и др. Аппаратные средства обмена информацией ЭВМ с ККС. Материалы I Республиканской конференции по автоматизации научных исследований. Секция № 2. Многомашинные комплексы для АНИ. Алма-Ата, 1982, с. 29-32.
22. Лобанов Е.В. и др. Аппаратные средства обмена информацией между ЭВМ. Материалы I Республиканской конференции по автоматизации научных исследований. Секция № 2. Многомашинные комплексы для АНИ. Алма-Ата, 1982, с. 8-12.
23. Лобанов Е.В., ... Ташимов М.А., Часников И.Я. и др. Развитие многомашинного вычислительного комплекса ИФВЭ АН КазССР. Материалы XVI Всесоюзной школы по автоматизации научных исследований. Горький, 1982, с. 66-70.
24. Лобанов Е.В., Самарцев П.С. Коммутатор связи для обмена информацией с ЭВМ. Материалы I Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Киев, 1976, с. 80-81.
25. Лобанов Е.В. и др. Аппаратура многомашинного вычислительного комплекса ИФВЭ АН КазССР. Препринт ИФВЭ АН КазССР 82-05, Алма-Ата, 1982.
26. Лобанов Е.В. и др. Организация взаимодействия ЭВМ в многомашинном вычислительном комплексе ИФВЭ АН КазССР. Материалы II Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Алма-Ата, 1978, с. 241-242.

27. Джанбусинова М.Д., Лобанов Е.В. и др. Структура построения программного обеспечения каналов обмена ЭВМ. Материалы VI Всесоюзной конференции по автоматизации научных исследований на основе применения ЭВМ. Новосибирск, 1981, с. 15-16.
28. Джанбусинова М.Д., Лобанов Е.В. и др. Программное обеспечение каналов обмена ЭВМ в многомашинном комплексе ИФВЭ АН КазССР. Препринт ИФВЭ АН КазССР 82-07, Алма-Ата, 1982.

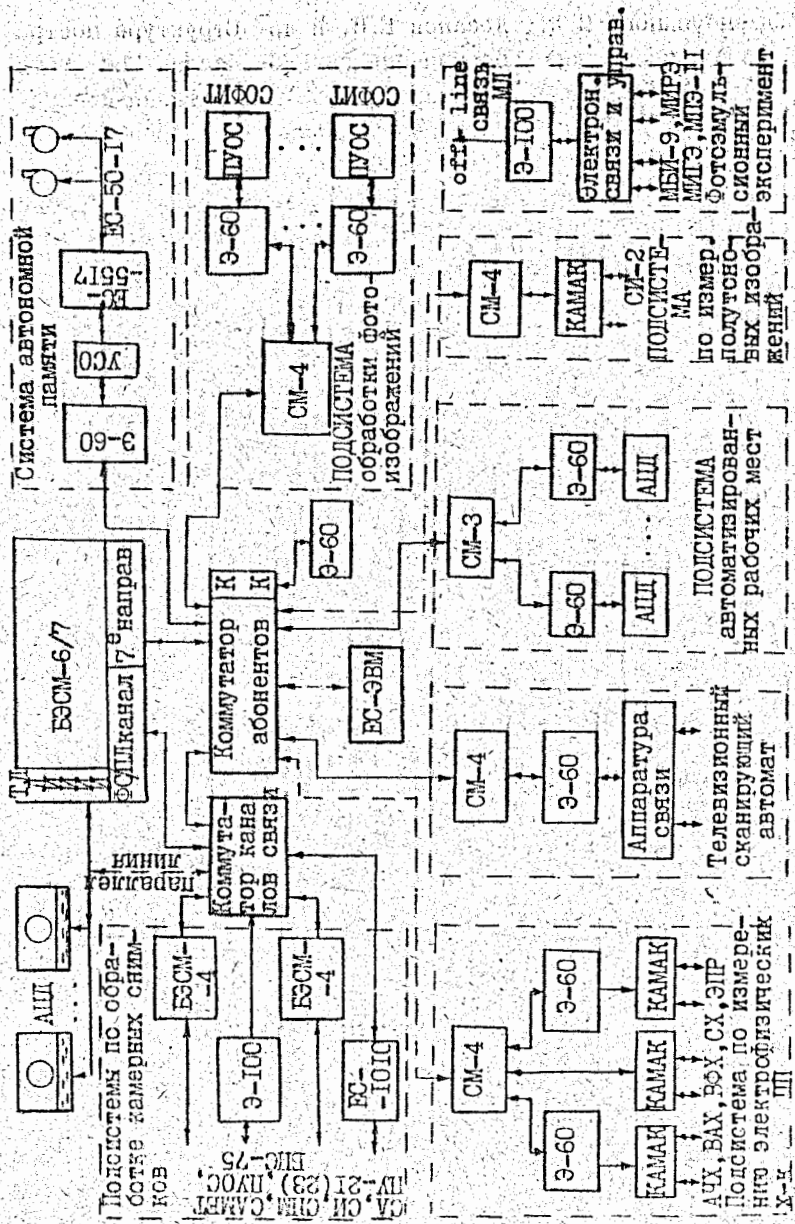


Рис. 1. Структура МКБ ИВЗ АН КавССР.

16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ЗК	Ю	КО	ВЗВ	ВЗВ	Гот	Зап	Отв	Гот	Зап	Отв	Зп	4р	Зр	2р	1р
занят коммутатор		конец обмена			готовность		сигналы запрос синхронизации		готовность		сигналы запрос синхронизации		направление обмена		
SI		OO			OI		OI		OO		OO		"0"-Зп, "1"-Сч.		
		OO											номер абонента		

а.

16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Гот	СВ		Гот		СВ		Кр			Содержимое передаваемого (принимаемого) служебного байта					
Аб			Ка												

б.

Рис. 2. Буфер управляющего слова.

7	6	5	4	3	2	1	0
режимы работы		направление обмена		Адрес абонента			

OO - адресная передача сообщений
 OI - безадресная передача сообщений
 IO - передача управляющих посылок

Рис. 3. Байт коммутации

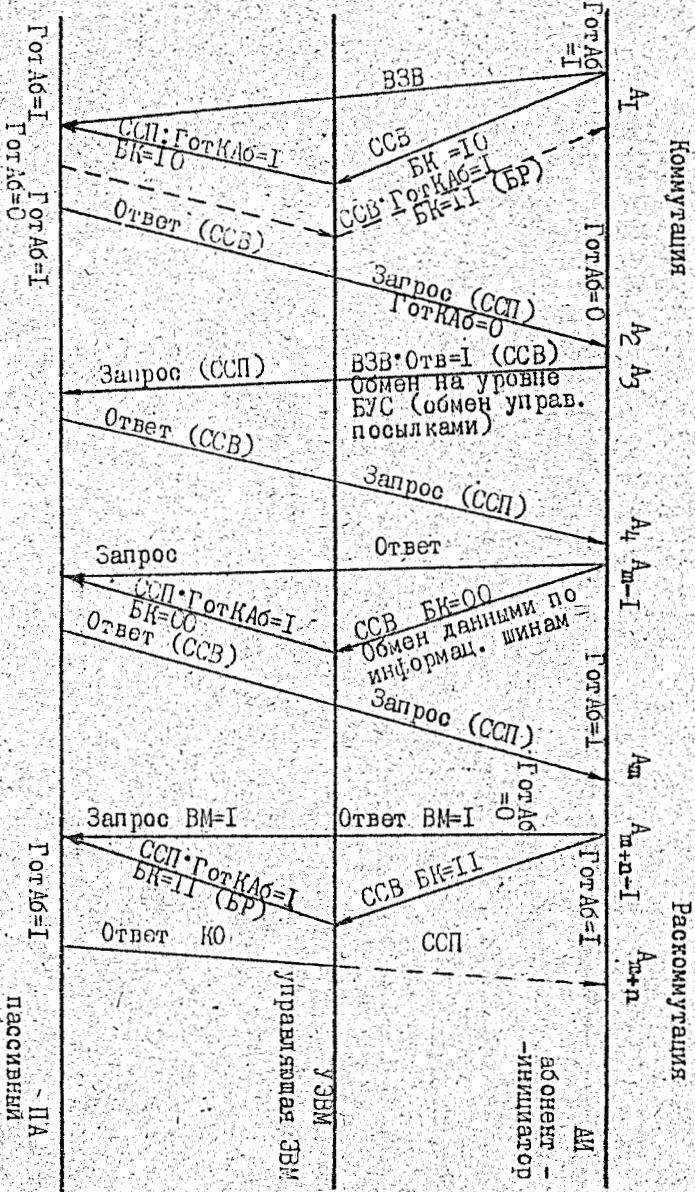


Рис. 4 Алгоритм взаимодействия ЗВМ