

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

На правах рукописи

ГРИГОРЯН  
Карен Варшамович

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ МНОГОМАШИННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА  
И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Специальность 01.01.10 - математическое обеспечение  
вычислительных комплексов и АСУ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1977

Работа выполнена в Ереванском физическом институте и Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат технических наук А.С.Нанасян

кандидат физико-математических наук Г.А.Ососков

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук В.П.Шириков

кандидат физико-математических наук А.Ф.Дукьянцев

Ведущее предприятие – Институт теоретической и экспериментальной физики, г.Москва

Защита диссертации состоится " " \_\_\_\_\_ 1977г.

в \_\_\_\_\_ часов на заседании Специализированного Совета по докторским диссертациям Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ, г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан " " \_\_\_\_\_ 1977г.

Ученый секретарь Совета

кандидат физико-математических наук

*Т.П. Пузырина*  
Т.П. ПУЗЫРИНА

В настоящее время научно-технический прогресс немислим без высокого уровня автоматизации научных исследований. Несмотря на существенные достижения в этой области, эти задачи сохраняют актуальность и жизненную важность на сегодняшний день.

Решение задач автоматизации научных исследований зачастую требует больших вычислительных ресурсов, одним из путей наращивания которых является объединение ЭВМ в многомашинные комплексы, обеспечивающие эффективную обработку информации.

Во многих научных центрах, и в первую очередь, в организациях, занимающихся ядерными исследованиями, созданы и успешно эксплуатируются разнообразные по архитектуре и назначению вычислительные системы. Быстрые темпы развития экспериментальных исследований по физике ядра и элементарных частиц и возникающие при этом потребности в обработке огромного количества получаемой информации обусловили раннее развитие методов автоматизации в этих областях. Сложность аппаратуры и разнообразный характер проводимых исследований требуют широкого применения ЭВМ, которые используются для управления физическими установками сбора, накопления и обработки экспериментальной информации.

Основную задачу, решаемую в диссертации, составляют вопросы разработки и создания проблемно-ориентированного математического обеспечения системы автоматизации экспериментов, являющейся частью измерительно-вычислительного комплекса (ИВК) Ереванского физического института (ЕФИ). Существенная роль, которая отводится вычислительным системам в вопросах автоматизации, предъявляет особые требования к их математическому обеспечению. Несмотря на большое количество

реализованных систем, каждая реальная система порою ставит совершенно новые задачи, для решения которых требуются самостоятельные исследования и разработки. Поэтому предложенные в диссертации решения могут быть полезны разработчикам математического обеспечения вычислительных систем, работающих в комплексе с измерительной аппаратурой.

Рассматриваемые в диссертации средства математического обеспечения автоматизации экспериментальных исследований регулярно используются с 1974г. при обслуживании экспериментов на пучке электронного ускорителя ЕФИ.

Работа представлена на 117 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений.

Во введении приводится краткий обзор диссертации по главам, обосновывается актуальность выбранной темы и вкратце перечислены возможности применения результатов работы.

В первой главе рассматриваются предпосылки объединения ЭВМ в многомашинные системы, приводится обзор использования вычислительных систем в крупнейших исследовательских (физических) центрах, как отечественных, так и зарубежных. По отдельным системам подробно рассмотрена идеология обслуживания экспериментальных установок и организация связи с периферийными ЭВМ.

Использование ЭВМ в экспериментальных исследованиях ставит ряд задач (управление, проверка работы оборудования и т.п.), для эффективного решения которых наиболее подходящими являются современные мини-ЭВМ. Однако, если возможности малой ЭВМ (разумеется, с учетом конфигурации) обеспечивают успешное применение ее при наладке установки, проведении измерений и накоплении данных, то для окончательной обработки получаемой информации ресурсов

малой ЭВМ становится явно недостаточно. Возникает потребность в доступе к мощностям больших ЭВМ, что чаще всего осуществляется двумя способами:

- 1) через внешние накопители одного стандарта, в основном, пока на магнитной ленте;
- 2) по каналам связи,

Первый способ при своей простоте и преимуществах обладает существенным недостатком - отсутствует возможность обработки данных в реальном масштабе времени. При объединении в систему по второму способу пользователь малой ЭВМ получает в свое распоряжение возможности большой машины, развитое математическое обеспечение, что в свою очередь, расширяет области применения больших ЭВМ в экспериментальных исследованиях.

С точки зрения архитектуры разработанные и построенные до сих пор системы отличаются большим разнообразием, однако можно выделить два класса: централизованные и нецентрализованные системы. Для систем первого класса характерно наличие мощного центрального комплекса, где сосредоточены основные вычислительные ресурсы. Доступ к ним осуществляется многими способами, так например, путем имитации стандартной периферии ввода/вывода, посредством терминалов, обслуживаемых в режиме разделения времени, с помощью удаленных станций ввода/вывода. Следует особо подчеркнуть роль так называемых "фокусных" элементов в системе, которые позволяют не только экономичнее использовать каналы связи, но и обеспечивают выполнение целого ряда функций по осуществлению связи между объектами в системе - буферизация, управление запросами, стандартизация формата сообщений и т.д. Такие элементы присутствуют в ряде рассмотренных систем, так например, подсистема по проекту **FOCUS** в сети ЦЕРН-а и Брукгейвской Национальной Лаборатории (США), ЭВМ IBM 1802 в вычислительной системе Национальной Физической Лаборатории в Даресбери (Англия).

Во второй главе приводится структура и обеспечение ИВК ЕФИ, включающего систему автоматизации экспериментальных исследований на пучке ускорителя и систему обработки фильмовой информации с трековых камер.

Технической базой ИВК являются ЭВМ БЭСМ-6, М-222, ЕС-1020, РДР-9 и РДР-8/е, которые объединены в систему с радиальной структурой (рис.1).

Обработка фильмовой информации производится на сканирующем проекторе и установке с оптико-механическим растровым разложением ИРД, использующей в качестве управляющей ЭВМ РДР-9.

Система автоматизации экспериментов построена по иерархическому принципу и обработка информации выполняется, соответственно, в два этапа:

1) Прием, накопление и предварительная обработка поступающей информации в реальном масштабе времени;

2) Окончательная обработка экспериментальной информации на ЭВМ верхнего уровня (БЭСМ-6, М-222 и ЕС-1020) и получение физических результатов.

Решение задач, перечисленных в пункте 1), обеспечивает система из ЭВМ РДР-9 и РДР-8/е. ЭВМ РДР-9 оснащена одноуровневой системой прерывания, что создает известные неудобства при обслуживании нескольких потребителей в реальном времени - такие, как отсутствие приоритетных уровней, трудности при переназначении приоритетов. В этой связи предварительная обработка запросов передана спутниковой машине РДР-8/е, управляющей заявками и буферной передачей информации в оконечные ЭВМ.

Основными задачами математического обеспечения системы автоматизации экспериментов являлись:

- возможность одновременного обслуживания нескольких экспериментов в режиме разделения вычислительных ресурсов, т.е. соз-

дания системы коллективного пользования;

- эффективная организация сбора и накопления экспериментальной информации - наиболее ответственная задача ЭИИ на этапе измерений;

- непрерывный контроль за функционированием установок в процессе эксперимента;

- предварительная обработка поступающей информации и получение данных о ходе эксперимента;

- управление экспериментальным оборудованием с использованием средств программно-управляемой электроники;

- централизации управления системой и удобство в освоении и эксплуатации;

- быстрое восстановление работоспособности системы и сведение к минимуму потерь информации при сбоях в работе;

- обеспечение возможностей развития системы.

При разработке математического обеспечения особое внимание уделялось вопросам общения человека с системой: 1) создание программного обеспечения системного пульта, куда входила разработка языка, отражающего набор функций по управлению системой;

2) разработка программ обслуживания выносного терминала, который обеспечивает ввод служебной информации и вывод результатов предварительной обработки данных.

На базе перечисленных выше технических возможностей и задач был составлен проект проблемно-ориентированного математического обеспечения системы, ведущим участником в разработке и реализации которого являлся автор /И/. Проект включал:

1. разработку и создание операционной системы реального времени для ЭВМ РДР-8/е;

2. создание на базе имеющейся системы математического обеспечения ЭВМ РДР-9 нового программного комплекса, включающего библиотеку

программ обслуживания экспериментальных установок и драйверы каналов связи;

б. обеспечение окончательных ЭВМ программными средствами для выполнения окончательной обработки информации.

Разработчиками математического обеспечения ставилась цель совместной работы программного обеспечения системы автоматизации экспериментов с программами управления сканирующего автомата НРД, достижение которой требует создания интерфейса между соответствующими программами и рационального распределения ресурсов системы /2/.

В третьей главе изложены принципы построения организующей программной системы для ЭВМ РДР-8/е - монитора приоритетного обслуживания.

Структура монитора может быть представлена в виде следующих частей:

- 1) программа начального пуска;
- 2) блок обработки прерываний;
- 3) координирующая программа;
- 4) математическое обеспечение межмашинных связей;
- 5) модифицированный двоичный загрузчик
- 6) математическое обеспечение терминалов.

При разработке ядра монитора - блока обработки прерываний и координирующей программы - было необходимо решение таких задач, как выбор дисциплины диспетчеризации, правила назначения приоритетов и рационального количества приоритетных уровней. При этом было ясно, что использование чрезвычайно сложной "философии" приоритетов привело бы к непроизводительным затратам машинного времени. На основе анализа характеристик входных потоков /7/ и внутрисистемных связей с учетом возможностей аппаратного обеспечения выбрана трехуровневая приоритетная система.

На высшем приоритетном уровне находятся запросы от каналов к большим ЭВМ (БЭСМ-6, М-222, ЕС-1020), в которые информация передается для окончательной обработки. Обслуживание заявок в этой группе выполняется по вклинивающимся подпрограммам с относительно короткими временами обслуживания. В группе заявок присвоены относительные приоритеты; предпочтение дано запросам от ЭВМ М-222 - это обусловилось спецификой канала к этой ЭВМ/3/. В следующий приоритетный уровень объединена группа запросов, относящаяся к регистру прерывания селекторно-мультиплексного канала /4/. Сюда входят запросы от экспериментальных установок и РДР-9. Распределение приоритетов соответствует схеме, заложенной в регистре прерывания канала. Последний уровень - это, так называемые, фоновые задачи, включающие различные программы обслуживания терминалов, заявки на выполнение определенных задач - сообщения оператору системы, подготовка буферов и т.п. В этой группе первоочередной задачей является работа с пультом системы.

Между уровнями соблюдается дисциплина с абсолютными приоритетами по возрастанию номера уровня, а в целом используется смешанный алгоритм диспетчеризации с абсолютными и относительными приоритетами.

В целях автоматизации загрузки программ расширены возможности двоичного загрузчика ЭВМ, который превратился в удобный инструмент для оператора системы. Это позволило посредством межмашинных каналов связи между РДР-8/е и РДР-9 ускорить процесс загрузки системы мониторинговых программ, предварительно записанных на системное устройство РДР-9 (например, диск).

В состав монитора включены драйверы каналов связи с системными ЭВМ, обеспечивающие организацию диалога и буферную передачу информации.

Управление системой осуществляется централизованно с дисплея VT-05, на базе которого создан системный пульт оператора/5/. Для гибкого управления системой разработан язык общения оператора с системой, куда входит набор функций по управлению ее работой, например, активизация передачи накопленных данных в оконечные ЭВМ, запуск и завершение серии измерений.

Программы обслуживания выносного терминала на базе телетайпа ASR-33 обеспечивают:

- ввод, проверку и исправление до 40 параметров, задающих конкретные условия текущей серии измерений;
- диалог экспериментатора с программами обслуживания установки в реальном масштабе времени;
- передача сообщений оператору системы.

Некоторые функции выносного терминала дублируются со стороны пульта системы, что позволяет не прерывать обслуживание эксперимента в случае выхода из строя телетайпа.

В четвертой главе описывается комплекс программного обеспечения ЭВМ РДР-9.

Фирменный монитор ЭВМ РДР-9 является организующим звеном системы математического обеспечения машины. Посредством задания команд пользователь имеет возможность вызывать системные программы для ввода, редактирования, трансляции и выполнения своих программ. Резидентная часть монитора включает в себя программу обслуживания системного телетайпа, программу, обеспечивающую связь пользователя с системными программами, цепочки проверки флагов устройств и таблицу назначений устройств. Длина резидента зависит от количества используемых команд опроса (SKIP IOT'), причем их количество ограничено сверху числом 40. Из этого следует, что в общем случае длина резидента ограничена, так что без коренного изменения программы включение новой подпрограммы в состав монитора невозможно.

В то же время, в случае конкретного количества каналов может быть предложена следующая методика /6/. В таблицу коммуникаций системы заносится адрес максимальной длины резидента, как бы в случае 40 каналов. Таким образом создается "защищенный" участок, который может быть использован для конкретных целей. Описанный метод применен для включения подпрограммы, обеспечивающей работу диагностического канала к ЭВМ РДР-8/е. В основу алгоритма положен принцип имитации системного телетайпа, а именно: прерывания по приемному каналу после соответствующей обработки "представляются" монитору как прерывания от клавиатуры, в свою очередь, команды вывода на телетайп дублируются командами канала выдачи. Следует отметить, что при таком построении (расширении) возможности телетайпа РДР-9 остаются прежними, в то же время это дает следующие дополнительные удобства:

1. полное дублирование телетайпа любым терминалом, подсоединенным к РДР-8/е;
2. возможность оперативного диагностического слежения в РДР-8/е за сообщениями операционной системы РДР-9;
3. возможность принятия решений в определенных аварийных ситуациях без вмешательства оператора.

Для стандартизации информационного обмена созданы два драйвера, оформленные в соответствии с требованиями, предъявляемыми к драйверам устройств в системе математического обеспечения РДР-9. По этой идеологии РДР-8/е рассматривается как новое (нестандартное) устройство, подключенное к машине.

В состав библиотеки программ обслуживания входят следующие модули:

- приема и расшифровки команд из РДР-8/е;
- передачи сообщений оператору системы;
- восстановления мониторной системы в РДР-8/е;
- считывания накопленной информации и передачи ее на обработку в око-

нечные ЭВМ посредством РДР-8/е.

Следует выделить еще одну самостоятельную единицу — подпрограмму набора статистики; с помощью нее подчитываются времена между запросами (событиями) с физических установок. Полученные значения обрываются на ленту для последующей статистической обработки. Набор статистики может производиться с помощью макрокоманды 'TIMER' или подпрограммы TIME ( TIMEIO ) в зависимости от требуемой точности: от 0,02 до 1 сек.

Программы обслуживания экспериментальных установок построены в соответствии с конкретными требованиями и обеспечивают эффективный сбор и накопление (при необходимости, и контроль) данных в реальном масштабе времени эксперимента.

В пятой главе рассмотрены вопросы статистического исследования характеристик системы.

При разработке и создании вычислительных систем сбора и обработки информации в реальном масштабе времени одной из важнейших задач является проблема рационального распределения ресурсов системы между несколькими пользователями, одновременно обслуживаемыми системой. Исследования по этой теме приносят большую пользу, разумеется, на этапе проектирования, но наличие возможности изучения функционирующих систем для усовершенствования созданной аппаратуры и алгоритмов не менее важно. Для решения подобных задач применяются два подхода: чисто аналитический и с применением программных моделей имитации. Развитый аналитический аппарат успешно применяется при изучении систем реального времени, однако упрощения, необходимые для построения самой аналитической модели, ограничивают области применения. Наиболее часто в практике используется метод с применением программных моделей имитации. Несмотря на недостатки (затраты на программирование, частый характер решений), имитационное моделирование является в настоящее время наиболее эффективным методом исследования сложных систем,

а иногда и единственным.

Большой интерес в плане НЗК НИИ представляла следующая задача: изучение влияния потока заявок от НРД на качество обслуживания запросов от экспериментальных установок на пучке ускорителя, оценка эффективности системы при совместном обслуживании НРД и установок по сравнению с монопольным режимом использования систем, получение оценок распределения времени ожидания и характеристик очередей.

Изучение функционирования проводилось поэтапно. Вначале были получены оценки распределений потоков требований от экспериментальных установок; затем в соответствии с алгоритмами работы программ обслуживания оценены параметры обслуживания.

Как было отмечено, одним из недостатков метода с применением программных моделей имитации является большой объем затрат на программирование модели, в частности, на этапе описания. Этот недостаток во многом компенсируется применением алгоритмических языков моделирования, среди которых получили распространение GPSS, SIMULA (SIMULA-67), SIMSCRIPT, CSL, SOL, GASP.

К моменту разработки модели в состав математического обеспечения ЭВМ СДС 6500 ОИИ был включен транслятор с языка SIMULA-67, что и определило выбор языка для описания и программирования. Язык

SIMULA-67 является расширением ALGOL; основным понятием в языке является процесс, характеризующийся структурой данных и правилом действий. В модели, имитирующей поведение системы, присутствуют восемь описаний классов, имеющих общую структуру: шесть классов служат для имитации входных потоков, а два — для имитации работы процессоров РДР-9 и РДР-8/е при прерывании. Они осуществляют постоянный опрос очередей, и, если очередь не пуста, активируют вышнюю по приоритету заявку. Выбранная структура позволяет легко выполнять различные модификации с целью усложнения модели как функциональных (изменение характера входных потоков, времен обслуживания),

так и структурных (добавление новых ЭВМ, и/или установок). Предварительные расчеты на SIMULA-модели показали оптимальность выбранной конфигурации конкретной подсистемы ИВК ЕФИ и живучесть ее в условиях повышенных нагрузок.

Автор участвовал в разработке технического проекта ИВК ЕФИ; в частности, им внесены конкретные предложения по построению межмашинных каналов связи и операторского пульта системы, успешно реализованные впоследствии.

Автор являлся ведущим специалистом в разработке и реализации проекта проблемно-ориентированного математического обеспечения вычислительной системы автоматизации экспериментальных исследований в ЕФИ.

Сформулируем основные результаты работ, включенных в диссертацию:

1. Разработан и создан монитор приоритетного обслуживания ЭВМ РДР-8/е, организующий работу машины в комплексе; для привязки к программе монитора усовершенствован и дополнен фирменный двоичный загрузчик ЭВМ, что позволило значительно ускорить и автоматизировать процесс загрузки программ в машину.
2. Разработано и создано математическое обеспечение терминалов в системе- операторского пульта и выносного терминала для связи с экспериментатором. Сюда входит и построение языка общения оператора с системой, в котором реализован набор функций по эффективному управлению системой.
3. С целью ориентации на системные задачи модифицирован и расширен фирменный монитор ЭВМ РДР-9, что создало возможность доступа к средствам математического обеспечения пользователям, подключенным к РДР-8/е. Это также дало возможность дублирования системного теле- типа любым другим алфавитно-цифровым устройством.

4. Написаны и включены в состав системной библиотеки драйверы для работы с информационными каналами РДР-8/е. Это позволило путем использования стандартных макроопераций производить передачу информации на окончательную обработку.

5. Создана библиотека программ РДР-9, обеспечивающих сбор и накопление (при необходимости, и контроль) информации с физических установок. В программах предусмотрен режим работы с набором статистики временных интервалов поступающих запросов в систему. На базе стандартной системы математического обеспечения машины сгенерирован новый вариант системы, куда вошли вышеуказанные программы и драйверы.

6. При непосредственном участии автора произведены необходимые изменения в диспетчере ЭВМ М-222, что позволило быстро и эффективно ввести обработку информации в реальном масштабе времени эксперимента.

7. С помощью набора статистических программ, написанных под руководством и непосредственном участии автора, получены распределения интервалов времени между запросами от физических установок в различных режимах измерений. Полученные статистические данные использованы при анализе загрузок системы обслуживанием заявок в реальном времени.

8. Разработана и построена Монте-Карловская модель системы, на которой изучено поведение ее в условиях повышенных загрузок, получены соответствующие гистограммы времен ожидания, длины очереди и обслуживания заявок от установок на пучке. Модель ориентирована на дальнейшее развитие системы и запрограммирована на языке SIMULA-67 - специализированном языке моделирования систем с дискретными событиями.

Отмеченные результаты могут быть использованы при создании математического обеспечения подобных систем. В частности, принципы построения программы монитора для РДР-8/е могут быть полезны при разработке математического обеспечения отечественных аналогов этой ЭВМ — "Электроника-100". Предложенный автором способ модификации монитора РДР-9 может применяться для расширения управляющих программ других ЭВМ. Алгоритмы подпрограмм, включенных в диспетчер ЭВМ М-222, могут быть полезны при создании математического обеспечения систем в составе с этой машиной, работающей в комплексе с другими ЭВМ или нестандартной аппаратурой. Идеи, реализованные при разработке имитационной модели, и ее организация с учетом новизны программирования на языке SIMULA-67 представляют интерес для специалистов, исследующих системы коллективного пользования.

Работы, положенные в основу диссертации, были выполнены автором в вычислительном центре БФН и Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ. Диссертант глубоко признателен тем, с кем ему довелось плодотворно сотрудничать и обсуждать различные проблемы.

Основные результаты, вошедшие в диссертацию, докладывались на Всесоюзном семинаре по обработке физической информации (Агверан, 1975), на I-ом Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований в ядерной физике (Киев, 1976) и опубликованы в работах /1-7/.

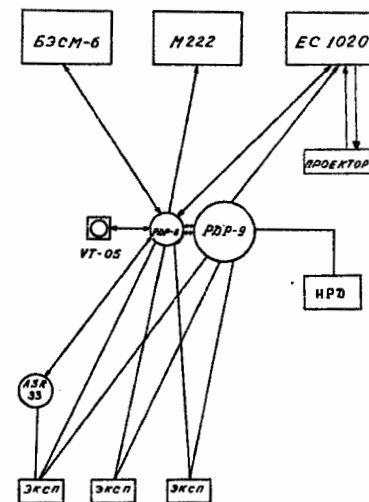


Рис.1

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. К.В.Григорян, А.Т.Дадян, С.А.Торосян. Программное обеспечение системы реального времени. Материалы Семинара по обработке физической информации. Ереван, 1976, стр. 75.
2. К.В.Григорян, А.Т.Дадян, А.М.Зверев. Программное обеспечение многоабонентной системы сбора и накопления информации. I-ое Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Тезисы докладов. Киев, 1976, стр. 71.
3. К.В.Григорян и др. Связь ЭВМ М-222 с системой ЭВМ для сбора и обработки информации с физических экспериментов. ВФИ-105(75), Ереван, 1975.
4. К.В.Григорян и др. Организация селекторно-мультиплексного канала к ЭВМ РДР-8/е. ВФИ-111(75), Ереван, 1975.
5. К.В.Григорян. Операторский пульт системы сбора и обработки информации. ВФИ-216(8)-77, Ереван, 1977.
6. К.В.Григорян. О способе расширения управляющих программ ЭВМ. ВФИ-217(9)-77, Ереван, 1977.
7. К.В.Григорян, А.С.Навасян, Г.А.Ососков. Моделирование системы реального времени на языке "СИМУЛА-67". ОИЯИ, IO-10059, дубна, 1976.

Тех. редактор А.С.Абрамян

Заказ 999

ВФ 03275

Тираж 160

Отдел научно-технической информации

Ереванского физического института, Ереван-36, пер. Маркаряна 2