

На правах рукописи

УДК 681.3.06.539.12

ПОТРЕБЕНИКОВ Юрий Константинович

БАЗА ПРОГРАММ И ОРГАНИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СНИМКОВ  
С ПУЗЫРЬКОВЫХ КАМЕР

Специальность: 06.13.11 – математическое и программное обеспечение  
вычислительных машин и систем

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1985

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий Академии Наук Казахской ССР и Казахском ордена Трудового Красного Знамени государственном университете им.С.М.Кирова

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник В.Г.ИВАНОВ

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник А.А.ЛОКТИОНОВ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук  
доцент Е.А.ЖОГОЛЕВ

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник Г.А.ОСОСКОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт физики высоких энергий Государственного  
Комитета СССР по атомной энергии

Автореферат разослан "11" октября 1985 года.

Защита диссертации состоится "14" ноября 1985 года  
в 13-часов на заседании Специализированного совета  
Д047.01.04 при Лаборатории вычислительной техники и автома-  
тизации ОИЯИ, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

кандидат физико-математических наук *И.В.С.* Э.М.Иванченко

Актуальность проблемы. Проведение исследований в области экспериментальной физики высоких энергий неизбежно связано с разработкой и сопровождением на разнотипных ЭВМ сложных программных комплексов, решающих задачи математической обработки больших потоков экспериментальных данных. С накоплением опыта, расширением баз алгоритмических знаний и программного материала, с созданием на ЭВМ соответствующей операционной обстановки процесс разработки таких комплексов существенно ускоряется. Это способствует появлению большого количества специализированных систем обработки данных даже в одних и тех же исследовательских организациях, и, следовательно, приводит из-за возникновения дублируемости и увеличения тиражности программных разработок к быстрому росту затрат на их сопровождение \*), стоимость которого в крупных программных проектах и без того близка к стоимости написания самих программ \*\*). Вместе с тем, активная работа с имеющимся программным обеспечением такого типа предполагает достаточно высокий уровень профессиональной подготовки разработчиков, несмотря на то, что его адаптация к условиям новых экспериментов часто требует лишь незначительных изменений, с внесением которых в программы могли бы справиться непрофессиональные программисты.

В этой связи представляется актуальной задача дальнейше-

\*) Ершов А.П. Опыт интегрального подхода к актуальной проблематике программного обеспечения. - Кибернетика, 1984, № 3, с. II - 2I.

\*\*\*) Гласс Р., Нуазо Р. Сопровождение программного обеспечения. - М.: Мир, 1983. - 158 с.

го совершенствования специализированных инструментальных средств программирования и методов организации программного материала большого объема для упрощения доступа к накопленным алгоритмам и программам и реализация на этой основе систем математической обработки экспериментальной ядерно-физической информации, ориентированных на проведение анализа данных существенно различных экспериментов. Выполнение таких работ на отечественной ЭВМ БЭСМ-6, являющейся в настоящее время одной из основных вычислительных машин ядерных центров страны, важно еще и потому, что их результаты открывают возможность применения при решении задач анализа экспериментального материала современных МВК типа "Эльбрус", которые имеют в своем составе спецпроцессоры, совместимые с БЭСМ-6 по системе команд и операционной системе.

Состояние вопроса. В физике высоких энергий наилучшие результаты разработки мобильного многовариантного программного продукта достигнуты при создании комплексов программ математической обработки пленочной информации за счет широкого употребления разработанных здесь специализированных систем программирования HYDRA и RATCHU, составляющих основу проблемно-ориентированной части операционной обстановки на ЭВМ всех используемых для проведения расчетов типов. Применение указанных систем существенно упрощает процесс использования накопленных и создания новых программных элементов, решает вопросы обеспечения мобильности и многовариантности программ и обеспечивает удобство внутренней организации данных. Сами системы достаточно эффективны и открыты для постоянного развития.

Классическая технология проведения работ в рамках систем

HYDRA и RATCHU, ориентированная на эффективную реализацию программного обеспечения отдельных экспериментов, позволила накопить к настоящему времени обширную базу функциональных модулей и элементов организационного характера и обеспечила возможность создания ряда крупных систем анализа камерных снимков, таких как INDEX, DACATA, ZEUS, успешно используемых для получения физических результатов.

Наряду с этим в последние годы высокими темпами развиваются теоретические принципы создания программного обеспечения в различных областях исследований. Подход к разработке программ с точки зрения хорошо установившихся языковых понятий и конкретизация этих понятий с позиций структуризации языковых конструкций позволили вплотную приблизить методы разработки программного продукта к научным. Также исследуются вопросы более оптимальной организации данных в крупномасштабных программных проектах. Все это привело к появлению обобщенных понятий базы прикладных программ<sup>к)</sup> и базы данных<sup>ж)</sup>.

Накопленный программный материал, опыт практической реализации комплексов математической обработки экспериментальных данных, результаты теоретических исследований и реально существующие потребности создали объективные предпосылки для нового подхода к разработке систем анализа данных существенно различных экспериментов в области физики высоких энергий с

к) Жоголев Е.А. Гиперпрограммирование и базы прикладных программ. - Программирование, 1982, № 6, с. 24 - 31.

ж) Мартин Дж. Организация данных в вычислительных системах. - М.: Мир, 1978. - 616 с.

позиций организации баз прикладных программ, реализуемых средствами гиперпрограммирования, и баз данных.

Цель работы заключается в разработке и создании модели базы прикладных программ и конкретной схемы организации данных, обеспечивающих эффективное решение задачи анализа больших массивов экспериментальной фильмовой ядерно-физической информации, и в реализации на этой основе системы математической обработки снимков с разнотипных пузырьковых камер на ЭВМ БЭСМ-6.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие основные задачи, каждая из которых представляет самостоятельный научный интерес:

- разработана и реализована модель базы прикладных программ обработки фильмовой информации в рамках систем RATCHU и HYDRA ;

- разработан способ организации и реализована системная основа создания и сопровождения конкретного варианта базы данных задачи математической обработки результатов измерений снимков с пузырьковых камер;

- создана система математической обработки экспериментальных данных с разнотипных пузырьковых камер - классической водородной пузырьковой камеры (ВПК) "Людмила", большой ВПК "Мирабель" и двухметровой дейтериевой пузырьковой камеры (ДПК) ЦЕРНа, учитывая особенности измерительно-вычислительного комплекса ИВЭ АН КазССР;

- разработаны и реализованы методы повышения эффективности и надежности программного обеспечения системы математической обработки камерных снимков;

- исследованы точностные характеристики базовых элемен-

тов системы.

Достижение цели работы обеспечено адаптацией и постоянным сопровождением на ЭВМ БЭСМ-6 современных версий систем программирования HYDRA -3.22, RATCHU -4.02, их вспомогательных подсистем, общих и прикладных библиотек.

Научная новизна. Предложена модель организации программного обеспечения проблемы математической обработки экспериментальной фильмовой информации в области физики высоких энергий, реализуемая средствами систем RATCHU и HYDRA в виде базы прикладных программ, не отличающейся по архитектуре от определяемой в гиперпрограммировании.

Даны рекомендации по разработке на конкретной системной основе баз программ и данных в крупномасштабных программных проектах, по повышению надежности и эффективности базовых программ системы математической обработки экспериментальных данных.

Реализация. На основе разработанных моделей базы прикладных программ и базы данных на ЭВМ БЭСМ-6 реализована система математической обработки результатов  $\bar{p}p$  - эксперимента ( 32 ГэВ/с ) на ВПК "Мирабель",  $\bar{p}p$  - эксперимента ( 12 ГэВ/с ) на ВПК "Людмила" и  $\bar{p}d$  - эксперимента ( 21 ГэВ/с ) на двухметровой ДПК ЦЕРНа. Система реализована в среде операционной системы (ОС) "Дубна", специализированных систем программирования HYDRA -3.22, RATCHU -4.02, EDIT -3.01 и использует возможности библиотеки программ общего назначения General Section (GS) версии 3.05.

Практическая ценность. Созданная модель базы прикладных программ обработки снимков с разнотипных пузырьковых камер обеспечила снижение затрат на сопровождение программного обес-

печения проблемы по сравнению с затратами на сопровождение разрозненных систем, упростила доступ разработчиков и пользователей к имеющемуся программному материалу и может служить основой для организации аналогичных комплексов программы обработки экспериментальных данных в других областях исследований.

При помощи разработанного программного обеспечения в рамках соответствующих содружеств решены задачи инклюзивного анализа данных в  $\mathcal{A}^d$  - эксперименте на двухметровой ДПК ЦЕРН, эксклюзивного анализа данных в  $\bar{d}p$  - эксперименте на ВПК "Лицилла" и обеспечена возможность подготовки данных для инклюзивного анализа результатов  $\bar{p}p$  - эксперимента на ВПК "Мирабель". Использование элементов реализованной системы математической обработки फिल्मовой ядерно-физической информации позволило существенно повысить производительность труда экспериментаторов по сравнению с проведением анализа данных по цепочке независимых базовых программ.

Автор выносит на защиту следующие основные результаты работы.

1. Принципы организации и реализацию модели базы прикладных программ, обеспечивающих решение проблемы математической обработки результатов измерений снимков с разнотипных пузырьковых камер.

2. Принципы организации и реализацию комплекса программ создания и сопровождения конкретного варианта базы экспериментальных данных.

3. Методику повышения надежности и эффективности базовых программ системы математической обработки камерных снимков и практическую реализацию соответствующих программных элементов.

4. Методы адаптации и создание комплекса специализированного инструментального программного обеспечения реализации задач математической обработки फिल्मовой ядерно-физической информации на ЭВМ БЭСМ-6.

Апробация и публикации. Материалы диссертации опубликованы в работах /I-I7/, выполненных автором в 1976 - 1984 годах. Основные результаты диссертации доложены и обсуждены на I и II Всесоюзных совещаниях по автоматизации научных исследований в ядерной физике ( г.Киев, 1976 г. и г.Алма-Ата, 1978 г. ), III и IV Международных совещаниях по проблемам моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач ( г.Дубна, 1977 и 1983 гг. ), на Сессиях отделения ядерной физики АН СССР ( г.Москва, 1982 и 1984 гг. ), на Всесоюзном семинаре по обработке и интерпретации физического эксперимента ( г.Москва, 1984 г. ), на III Всесоюзном семинаре по автоматизации исследований в ядерной физике и смежных областях ( г.Тбилиси, 1984 г. ) и на республиканских совещаниях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации - 144 страницы, III из которых - основной текст, включающий 19 рисунков и 8 таблиц. Список цитируемой литературы содержит 105 наименований.

Во введении обосновывается актуальность предмета исследования - создание специальной модели базы прикладных программ и базы экспериментальных данных и реализация на этой основе системы математической обработки снимков с разнотипных пузырьковых камер на ЭВМ БЭСМ-6, формулируется основная цель работы, перечисляются положения, выносимые автором на защиту, и излага-

ется краткое содержание диссертации по главам.

В первой главе показывается, что накопленный практический опыт реализации программных систем математической обработки пленочной информации в области экспериментальной физики высоких энергий и результаты теоретических исследований в технологии программирования и вопросах организации данных в крупномасштабных программных проектах создали объективные предпосылки для нового подхода к разработке программного обеспечения проблемы анализа снимков с разнотипных пузырьковых камер с позиций организации баз прикладных программ, реализуемых средствами гиперпрограммирования, и баз данных. Подчеркивается необходимость специальной проработки вопросов обеспечения требуемой надежности и эффективности используемых функциональных элементов программного материала, позволяющего решать указанную проблему.

Во второй главе рассмотрены вопросы разработки и адаптации на ЭВМ БЭСМ-6 технологических систем программирования задач математической обработки результатов измерений снимков с пузырьковых камер. Основное внимание уделено методам адаптации специализированных систем к особенностям ОС "Дубна" ЭВМ БЭСМ-6 и выработке общих рекомендаций по проведению работ такого характера.

В результате выполненных работ на ЭВМ БЭСМ-6 обеспечено эффективное функционирование современных версий систем HYDRA PATCHY, EDIT и библиотеки программ GS, в существенной мере удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к инструментальным средствам программирования в крупномасштабных программных разработках.

Адаптированное специализированное программное обеспечение в целом решает задачу создания многовариантного, модульного, мобильного программного продукта и позволяет использовать опыт и практические реализации программ обработки экспериментальных данных, накопленные в ведущих ядерно-физических центрах.

В третьей главе изложены принципы построения конкретного варианта организации данных в логической цепи математической обработки больших потоков пленочной ядерно-физической информации. Использована двухуровневая схема, базовый поток экспериментальных данных которой организован аналогично классическому: результаты измерений камерных снимков обрабатываются программами геометрической реконструкции и, при изучении эксклюзивных реакций, кинематического анализа событий; в специальной программе производится формирование лент суммарных результатов (ЛСР), подаваемых на вход системе статистического анализа результатов обработки. Главным принципом при организации потока каталоговой информации является принцип обратной связи между потоками данных, позволивший реализовать функции управления процессом обработки: на любом его этапе обеспечена возможность отбора событий для дальнейшего анализа по заданным экспериментатором признакам. Одновременно заложены возможности получения различных списков событий и выдачи статистических сведений о ходе процесса обработки на любом его этапе.

Логически каталог эксперимента организован аналогично структуре данных системы HYDRA. Рис. I иллюстрирует способ его построения и показывает реализованные связи с потоком

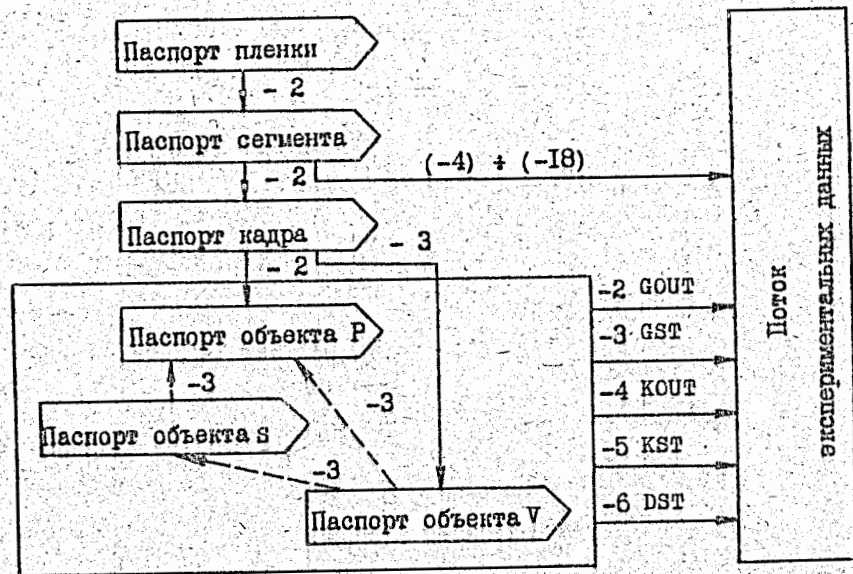


Рис. 1. Структура каталога и связи между потоками данных

экспериментальных данных.

Начальное формирование каталога событий эксперимента производится по результатам физического просмотра фотопленок. При обновлении каталога используются результаты работы специальных программ контроля и анализа данных, записываемые в создаваемый в ходе любого сеанса счета программы геометрической реконструкции и кинематического анализа событий промежуточный каталог. Тем самым обеспечивается достоверность и сохранность информации в каталоге событий эксперимента, актуализация которого выполняется только специальными высоконадежными программами.

Эффективное изучение накопленных в каталоге данных обеспечено разработанной информационно-справочной системой со специальным языком запросов, граф синтаксиса которого приведен на рис. 2.

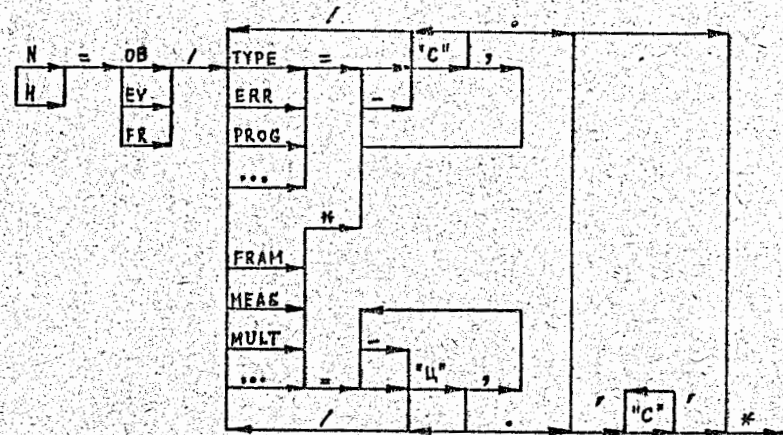


Рис. 2. Граф синтаксиса языка запросов

На каждом участке работы с потоком каталоговой информации реализованы специальные интерфейсные модули, преобразующие физическое представление данных в логические HYDRA-структуры. Это обеспечивает высокий уровень мобильности программ и приближает систему сопровождения потока каталоговых данных по организации к системам управления базами данных.

Таким образом, в логической цепи математической обработки больших потоков фильмовой ядерно-физической информации предложена конкретная схема организации данных. При ее создании использован принцип обратной связи между потоками экспериментальной и каталоговой информации с явным указанием ад-

ресов объектов обработки на всех этапах анализа событий и четкой детализацией элементарных шагов обработки. В качестве архитектурного решения при организации каталога эксперимента выбран способ построения структур данных системы HYDRA. Предложенная схема организации данных составляет основу логической структуры двухуровневой базы данных системы математической обработки камерных снимков ИФЭ АН КазССР.

В четвертой главе предложена конкретная модель организации базы прикладных программ математической обработки фильмовой ядерно-физической информации, реализованная средствами систем RATCHU и HYDRA. Разработанная модель ориентирована на решение крупной прикладной проблемы в целом, а не отдельных задач, как в классическом случае. При ее использовании более полно учитываются теоретические положения разработки больших программных систем, устраняется излишнее дублирование общих участков программного материала и в существенной мере обеспечивается выполнение требований, предъявляемых к постоянно модифицируемому программному обеспечению задач обработки экспериментальной информации в области физики высоких энергий.

Четкое разделение программного материала в соответствии с общими принципами структуризации на информационный, организационный и функциональный уровни, выделение доступных активному вмешательству пользователей участков программ и реализация каждого элемента схемы элементами данных системы RATCHU соответствующего ранга позволили разработать новую модель операционной обстановки, наиболее эффективную в случаях решения недостаточно формализованных задач обработки экспериментальной ядерно-физической информации.

Для реализации предложенной модели созданы новые РМ-файлы INF на информационном уровне, USERM и MANAG - на организационном и USERB - на функциональном, заменившие классические USER - РМ-файлы стандартной схемы организации программного материала в системе RATCHU. Результатом работы в рамках модели является набор АБМ-файлов с текстами программы и данных, обеспечивающий решение определенного класса задач обработки экспериментальных данных.

Созданные РМ-файлы, как и вся схема организации программного обеспечения, имеют иерархическую структуру. В каждом контексте РМ-файлов четко определены языковые средства описания задач. "Активные" РМ-файлы сконструированы настолько простыми, чтобы обеспечить удобство работы и, в то же время, предоставить пользователю доступ ко всем контекстам описания проблемы. В качестве примеров организационных структур созданных РМ-файлов на рис. 3 и 4 приведены "пассивный" и "активный" РМ-файлы организационного уровня модели соответственно.

Основным достоинством предложенной модели организации программного материала является, таким образом, четкое разделение разнотипного материала на самостоятельные группы, выделение на этапе описания проблемы иерархических контекстов и определение в каждом из них языковых средств описания соответствующих понятий. Последовательное применение макросредств на уровне реализации алгоритмов и использование возможностей системы HYDRA для внутренней организации данных позволят описывать решение целого класса задач из данной предметной области. Такая организация математического обеспечения отвечает



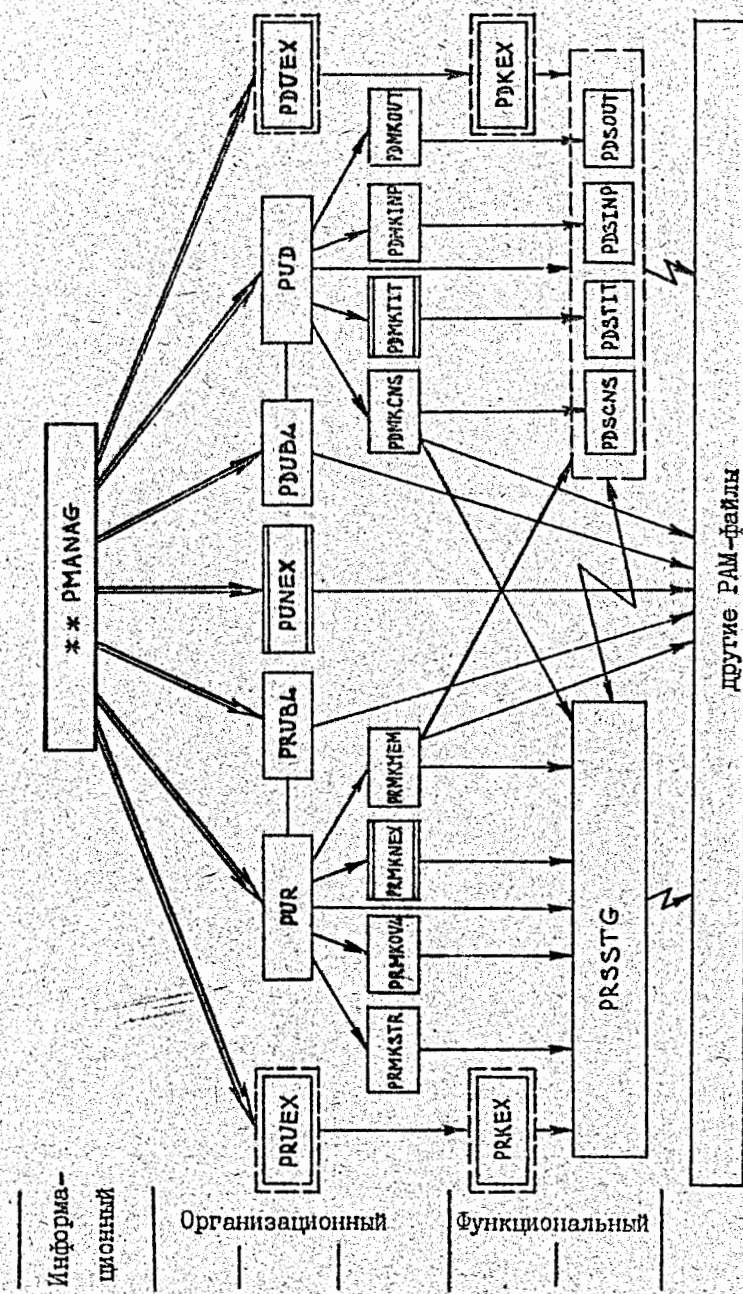


Рис. 3. Граф организационного РАМ-файла MANAG

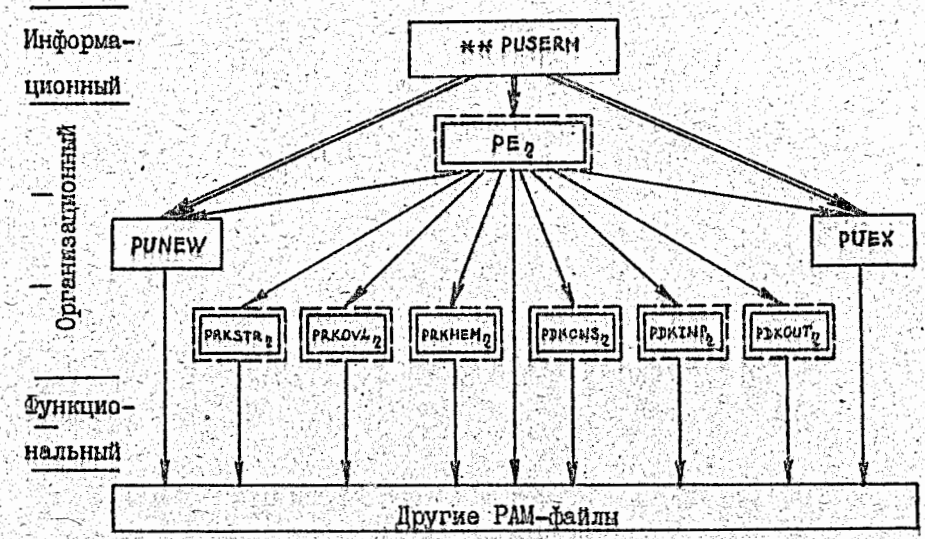


Рис. 4. Структурная схема РАМ-файла USERM

требованиям, сформулированным в наиболее перспективных направлениях развития технологии программирования и по своей архитектуре не отличается от базы прикладных программ, реализуемой средствами гиперпрограммирования.

Предложенная модель организации программ большого объема является дальнейшим развитием классической архитектуры РАМ-файлов системы PACHY. Более совершенная организация программного материала достигнута за счет усовершенствования структуры и расширения функциональных возможностей USER - РАМ-файла системы. Вместо последовательного определения организационных структур отдельных задач с учетом присущих им специфических особенностей в модели рассмотрены общие аспекты решения проблемы в целом.

Практическая реализация базы программ геометрической ре-

конструкции событий трех существенно различных экспериментов в рамках разработанной модели показала значительное повышение эффективности работ по сравнению с работами в рамках классической схемы.

Пятая глава посвящена описанию реализованной в ИФВЭ АН КазССР на ЭВМ БЭСМ-6 системы математической обработки снимков с разнотипных пузырьковых камер, решению вопросов обеспечения надежности и эффективности системы в целом и ее отдельных элементов. В разработанной системе реализованы принципы организации предложенной (гл. 3) двухуровневой базы данных. При разработке программных элементов системы использованы возможности созданной (гл. 4) модели операционной обстановки. Комплекс программ, обеспечивающих в системе решение проблемы геометрической реконструкции событий, реализован в виде базы прикладных программ.

Функциональная схема системы приведена на рис. 5. В качестве базовых элементов в системе разработаны и адаптированы программные блоки геометрической реконструкции (SGEOM) и кинематического анализа (SKINEM) событий, формирования ЛСП (SDST) и статистического анализа результатов обработки (SSUMX).

Элементы сопровождения потока каталоговой информации системы позволяют создавать (SCAF) и обновлять (SCAFI) каталог событий эксперимента, подготавливать и печатать протоколы измерений и перемеров (SMAF), получать статистические сведения о ходе процесса обработки событий (SSTAT), осуществлять предварительную подготовку просмотрной информации (SHELP). Программа SSTAT организована в виде информации-

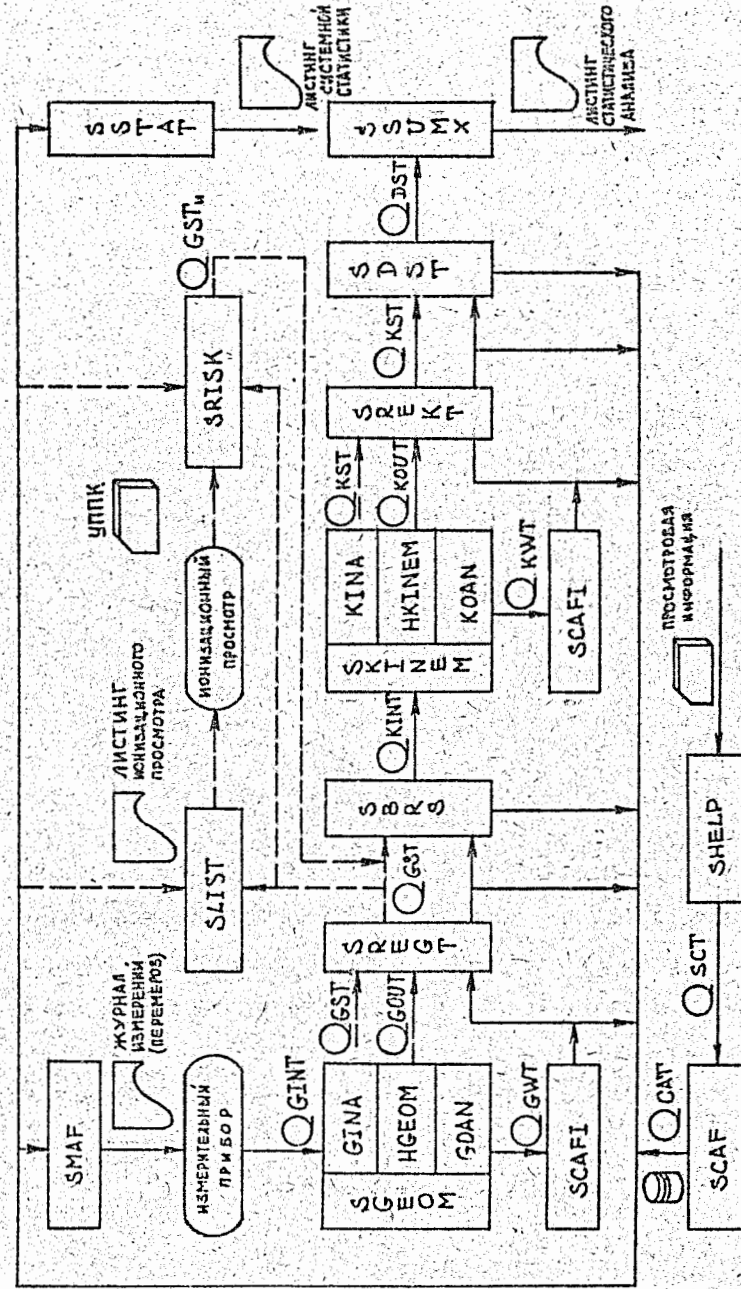


Рис. 5. Функциональная схема системы математической обработки камерных снимков

онно-справочной системы с предложенным в гл.3 языком запросов.

В системе математической обработки событий предложены и реализованы методы и процедуры, обеспечившие требуемую надежность и эффективность ее базовых программ и устойчивость системы в целом. Это достигается за счет введения элементов алгоритмической избыточности в программы обработки событий, реализации соответствующих схем сегментации базовых программ и применения специальных процедур, позволяющих резко сократить количество промежуточной информации, хранящейся в памяти программы во время ее работы.

Предложена общая формализованная методика разработки программ анализа и контроля данных на всех этапах их получения, основанная на сравнении графов, представляющих исходное событие, с графами моделей события, заложенных в программы обработки. Для оценки расхождения графов используется величина расстояния между множествами <sup>\*</sup>), имеющая для графов  $G=(G_V, G_T)$  и  $S=(S_V, S_T)$  вид:

$$r(G,S) = 1 - \frac{(1-\alpha)|G_V \cap S_V| + \alpha|G_T \cap S_T|}{(1-\alpha)|G_V \cup S_V| + \alpha|G_T \cup S_T|},$$

где  $\alpha$  - вес ребер, а  $(1-\alpha)$  - вес вершин графов,  $|M|$  - количество элементов множества  $M$ . Реализованные на этой основе модули GINA и GOAN позволили повысить надежность системы математической обработки событий с одновременным увеличением ее эффективности.

Проведенный анализ работы базовых элементов системы пока-

<sup>\*</sup>) Levandovsky M., Winter D. Distance between sets. - Nature, 1971, vol. 234, N 5323, p. 34-35.

зал, что по точностным характеристикам в среднем нет отклонений от характеристик существующих систем обработки камерных снимков.

Система обеспечивает обработку не менее 97% совокупности событий, измеренных на полуавтоматических измерительных устройствах, что соответствует надежности аналогичных систем при анализе фотографий равной степени сложности. Для событий сложной топологии ее эффективность несколько превышает эффективность аналогичных систем.

Таким образом, в ИФВЭ АН КазССР на ЭВМ БЭСМ-6 создана система математической обработки данных существенно различных экспериментов на разнотипных пузырьковых камерах, по эффективности, надежности и точностным характеристикам соответствующая требованиям, предъявляемым к системам математической обработки экспериментальных данных в области физики высоких энергий.

В заключении кратко сформулированы основные результаты работы.

1. На технологической основе программирования PASCAL и HYDRA разработана модель операционной обстановки, позволяющая использовать метод гиперпрограммирования для организации программного материала большого объема и обеспечивающая существенное упрощение работ по созданию многовариантного прикладного программного продукта.

2. В рамках предложенной модели реализована база прикладных программ математической обработки फिल्मовой ядерно-физической информации.

3. Разработаны принципы организации и программная основа создания и сопровождения двухуровневой базы экспериментальных

данных для решения задачи анализа камерных снимков.

4. В рамках перечисленных концепций на ЭВМ БЭСМ-6 реализована система математической обработки данных существенно различных в методическом плане экспериментов с разнотипных пузырьковых камер. Эксплуатация системы при проведении анализа событий  $\bar{p}p$  - эксперимента ( 32 ГэВ/с ) на ВПК "Мирабель",  $\bar{p}p$  - эксперимента ( 12 ГэВ/с ) на ВПК "Людмила" и  $\bar{p}d$  - эксперимента ( 21 ГэВ/с ) на двухметровой ДПК ЦЕРНа показала, что по надежности, эффективности и устойчивости система не уступает, а для событий сложной топологии - несколько превосходит аналогичные при обеспечении всех требований, предъявляемых к программным комплексам математической обработки экспериментальных данных в области физики высоких энергий.

5. Предложена формализованная методика разработки программ анализа и контроля экспериментальных данных на различных этапах их обработки, в соответствии с которой в системе реализованы блоки анализа и контроля структур данных программы геометрической реконструкции событий.

6. На основе предложенных в работе практических методов адаптирован к специфическим особенностям ЭВМ БЭСМ-6 комплекс современных версий базовых инструментальных средств программирования задач физики высоких энергий - HYDRA -3.22, RATCHU -4.02, EDIT -3.01, GS -3.05, широко используемый в настоящее время в ИФВЭ АН КазССР и КазГУ им.С.М.Кирова не только при обработке снимков с пузырьковых камер, но и для решения ряда других задач, в частности, для анализа данных с бесфильмовых спектрометров, при разработке программного обеспечения и создании базы экспериментальных данных в задаче ис-

следования процессов взаимодействия излучения с веществом.

Основные материалы диссертации представлены в следующих публикациях.

1. Илеусузова Р.Б., Локтионов А.А., Потребеников Ю.К. Программный подбор соответствующих проекций треков в области высоких энергий. - Известия АН КазССР, сер. физ.-мат., 1976, № 6, с. 25-31.
2. Иванов В.Г., Илеусузова Р.Б., Локтионов А.А., Ободова Р.Ф., Потребеников Ю.К. и др. Разработка и использование новой версии системы ГИДРА на ЭВМ БЭСМ-6. - В кн.: I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Киев, 1976, с. 162-163.
3. Илеусузова Р.Б., Локтионов А.А., Потребеников Ю.К. Программа геометрической реконструкции событий из больших ВПК ( "Мирабель" ). - Алма-Ата, 1978. - 25 с. ( Препринт/ИФВЭ АН КазССР: 60-78 ).
4. Илеусузова Р.Б., Локтионов А.А., Потребеников Ю.К. и др. Комплекс программ модульной структуры для автоматизации обработки фильмовой информации на ЭВМ БЭСМ-6. - Известия АН КазССР, сер. физ.-мат., 1978, № 4, с. 71-74.
5. Гибрехтерман А.Л., Локтионов А.А., Потребеников Ю.К. и др. Системное математическое обеспечение ЭВМ БЭСМ-6 для повышения эффективности решения задач обработки ядерно-физической информации. - В кн.: Межвузовская конференция по применению вычислительной техники и математических методов в научных исследованиях. Алма-Ата: КазГУ, 1980, с. 60.

6. Абдурахимов А.У., Бадалян С.Г., Бано М., Буздавина Н., Врба В., Говорун Н.Н., Гоман В.С., Дирнер А., Иванов В.Г., Илеусузова Р., Кауфманн Х., Клабун Ю., Лепилова Л.И., Локтионов А.А., Новицки В., Позе Р.А., Потребеников Ю.К. и др. Система программ для математической обработки फिल्मовой информации на мощных ЭВМ. - Дубна, 1980. - 15 с. (Препринт/ОИЯИ: Р10-80-657).
7. Потребеников Ю.К., Слюсарева В.Б. FQX - пакет системы HYDRA на ЭВМ БЭСМ-6. - Алма-Ата, 1980. - 29 с. (Препринт/ИФВЭ АН КазССР: 80-13).
8. Потребеников Ю.К., Файн В.Э. Версия программы ROETA для ЭВМ БЭСМ-6. - Известия АН КазССР, сер. физ.-мат., 1981, № 4, с. 62-65.
9. Потребеников Ю.К., Слюсарева В.Б. FQT - пакет системы HYDRA на ЭВМ БЭСМ-6. - Известия АН КазССР, сер. физ.-мат., 1982, № 4, с. 63-67.
10. Потребеников Ю.К., Файн В.Э. Система RATCHU-4 на ЭВМ БЭСМ-6. - Известия АН КазССР, сер. физ.-мат., 1982, № 4, с. 67-73.
11. Локтионов А.А., Потребеников Ю.К., Слюсарева В.Б. Система EDIT для редактирования HYDRA - структур данных на ЭВМ БЭСМ-6. - В кн.: Тезисы докладов I Республиканской конференции по автоматизации научных исследований. Алма-Ата, 1982, т.2, с. 32-33.
12. Потребеников Ю.К., Слюсарева В.Б. Пакет программ анализа точностных характеристик блока геометрической реконструкции событий. - В кн.: Тезисы докладов I Республиканской конференции по автоматизации научных исследований. Алма-Ата, 1982, т.2, с. 40-41.
13. Loktionov A.A., Potrebеников Yu., K., Skorobogatova V.I. Organization of the experimental data processing programs in high energy physics. - Алма-Ата, 1984. - 25 с. (Препринт/ИФВЭ АН КазССР: 84-27).
14. Локтионов А.А., Потребеников Ю.К., Скоробогатова В.И. Модель организации программного обеспечения слабо формализованных задач физики высоких энергий. - В кн.: Автоматизация исследований в ядерной физике и смежных областях (материалы III Всесоюзного семинара). Тбилиси, "Мацниераба", 1984, с. 162-163.
15. Иванов В.Г., Локтионов А.А., Потребеников Ю.К. и др. Система математической обработки फिल्मовой информации в ИФВЭ АН КазССР на ЭВМ БЭСМ-6. - В кн.: Труды совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, ОИЯИ: Д10,11-84-818, 1983, с.383-385.
16. Потребеников Ю.К. База программ и организация данных в задаче математической обработки снимков с пузырьковых камер. - Алма-Ата, 1985. - 45 с. (Препринт/ИФВЭ АН КазССР:85-01).
17. Локтионов А.А., Потребеников Ю.К. Надежность и точностные характеристики геометрической части системы математической обработки событий на ЭВМ БЭСМ-6. - Алма-Ата, 1985. - 55 с. Рукопись представлена ИФВЭ АН КазССР, Деп. в ВИНИТИ 11 мая 1985 г., № 3182-85.