

сообщения  
Объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

967 / 2-80

3/3-80

P10 - 12879

С.Г.Бадалян

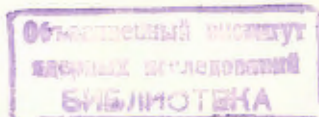
СИСТЕМА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ НА МОЩНОЙ ЭВМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАЛОГОВЫХ СРЕДСТВ

1979

P10 - 12879

С.Г.Бадалян

СИСТЕМА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
ФИЛЬМОВОЙ ИНФОРМАЦИИ НА МОЩНОЙ ЭВМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАЛОГОВЫХ СРЕДСТВ



Бадалян С.Г.

P10 - 12879

Система математической обработки filmовой информации на мощной ЭВМ с использованием диалоговых средств

Для сокращения сроков анализа filmовой информации на ЭВМ CDC-6500 создана система математической обработки результатов обмера камерных фотографий в пакетно-интерактивном режиме. Особенностью этой системы является значительное уменьшение затрат ручного труда на разбор и анализ результатов счета на всех этапах обработки, что достигается благодаря использованию в процессе анализа данных режима диалога человека с ЭВМ. Полученные результаты показывают, что использование этой системы наряду с существенным сокращением сроков обработки приводит к повышению надежности эксплуатации программ обработки filmовой информации и эффективности использования ЭВМ.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1978

Badalyan S.G.

P10 - 12879

System for Mathematical Processing of Film Information on Large-Powered Computer with the Use of Dialogue Means

To reduce the time of film information analysing by the CDC-6500 computer the system of mathematical processing of chamber photograph measurement results in batch-interactive regime has been created. The advantage of this system is an essential decrease of manual work expenditures for selection and analysis of processing results on all steps. This is achieved due to using in analysis process of the regime of man-machine dialogue. The results obtained showed that the use of this system along with essential decreasing of processing time allows one to rise the reliability of exploitation of programs for film information processing and effectivity of the computer use.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1979

В экспериментальных исследованиях по физике высоких энергий, проводимых в Объединенном институте ядерных исследований, широко используются разнообразные трековые детекторы с filmовым съемом информации<sup>/1-9/</sup>. Для просмотра и обмера камерных фотографий в ЛВТА ОИЯИ создан большой комплекс просмотровых и просмотрово-измерительных устройств<sup>/10-12,22,25,26/</sup>. Обсчет результатов измерений производится в основном на базовых ЭВМ института CDC-6500 и БЭСМ-6<sup>/13/</sup>. Имеющиеся в настоящее время в ОИЯИ возможности позволяют ежегодно обрабатывать сотни тысяч событий. Однако реально скорость обработки filmовой информации в ОИЯИ значительно меньше. Это в основном связано с тем, что в процессе обработки камерных фотографий имеются этапы, требующие больших затрат ручного труда. К ним относятся такие операции, как дополнительный просмотр стереоснимков для отбора данных на ленты суммарных результатов, разбор результатов счета, анализ причин отказов при реконструкции и идентификации событий, подготовка информации для домеров и перемеров и т.п. Вследствие этого, если, например, для обмера 30 тыс. событий на нрд требуется 15 недель, для обсчета результатов измерений - около 100 часов времени ЭВМ CDC-6500, то последующий анализ результатов счета растягивается на 1,5-2 года<sup>/14/</sup>.

Оснащение ЭВМ CDC-6500 терминальными устройствами типа "Тектроникс"<sup>/15/</sup> и специальным математическим обеспечением, служащим для организации работы пользователей на терминалах в режиме реального времени<sup>/16/</sup>, сделало возможным решить часть этих проблем посредством включения в процесс анализа данных человека, работающего в режиме диалога с ЭВМ.

Для сокращения сроков анализа фильмовой информации на ЭВМ CDC-6500 создана и ныне внедряется в практику система математической обработки результатов обмера камерных фотографий в пакетно-интерактивном режиме /17,18/.

Данная работа посвящена описанию этой системы и опыта ее эксплуатации при массовой обработке данных с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ.

§ I. Схема математической обработки фильмовой информации с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ и ее недостатки

Математическая обработка результатов измерений в ОИЯИ в течение ряда лет производилась по традиционной схеме /19-21,23,24/ на ЭВМ БЭСМ-4, CDC-1604A и БЭСМ-6 /27-30/ (см. рис.1).

В ходе математической обработки решаются следующие задачи /13,21/:

1. Восстановление пространственной картины измеренных событий.
2. Кинематическая идентификация событий.
3. Формирование лент суммарных результатов.
4. Статистический анализ результатов эксперимента.

Исходными данными для геометрической реконструкции событий являются результаты обмера их элементов, записанные в стандартном формате на магнитных лентах.

Результаты работы геометрической программы (пространственные координаты вершин, параметры треков, их ошибки) записываются на магнитные ленты. Поскольку из-за различного рода ошибок, допускаемых при измерениях, часть событий бракуется, то результаты реконструкции, как правило, пишутся на две ленты; ленту хороших событий и ленту плохих событий.

Результаты реконструкции хорошо измеренных событий обсчитываются по кинематической программе, которая для каждого рассматриваемого события выделяет одну или несколько наиболее вероятных гипотез. Здесь под гипотезой понимается присвоение конкретных значений масс трекам события. Результаты кинематической идентификации также записываются на магнитную ленту.

Поскольку при кинематической идентификации событий, образованных частицами высоких энергий, в большом числе случаев не удается выделить только одну гипотезу, то производится дополнитель-

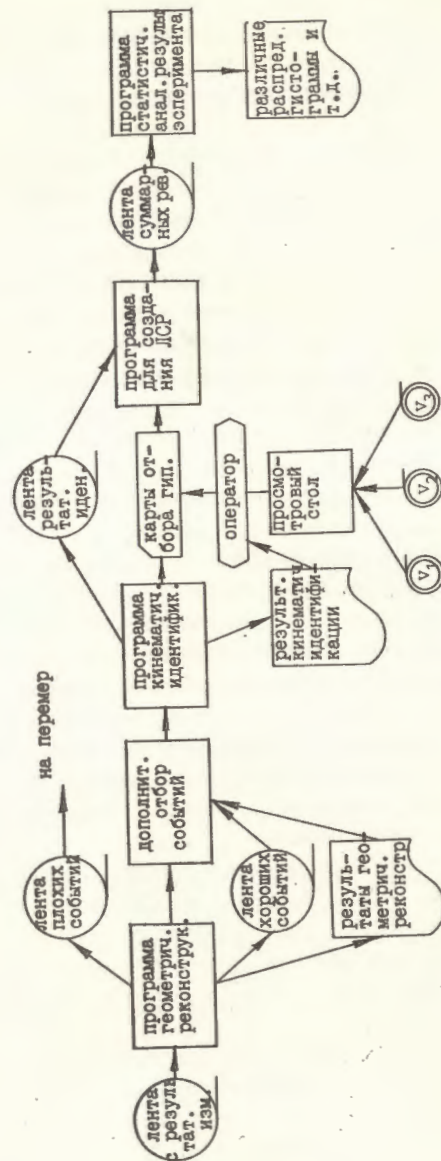


Рис. I  
Традиционная схема математической обработки фильмовой информации

ный просмотр результатов счета и фотоленок для исключения фоновых событий и уменьшения числа неоднозначно идентифицированных гипотез. В ходе этого просмотра наблюдаемая на снимках ионизация треков сравнивается с вычисленной при различных предположениях о массах частиц события.

Для проведения этого анализа с помощью специальной программы распечатываются результаты счета и для каждой прошедшей гипотезы перфорируется специальная карта отбора ( slice -карта), на которой указывается номер события и тип гипотезы.

В ходе дополнительного просмотра фотоленок и результатов счета по кинематической программе выбираются карты отбора только тех гипотез, для которых наблюдаемая на снимках ионизация не противоречит вычисленной. Масштаб производимых при этом работ показывают такие цифры:

- один физик при анализе данных с камеры "Людмила" за неделю просматривает при интенсивной работе от 250 до 300 событий (с учетом необходимости просмотра нескольких измерений одного события);
- по результатам кинематической идентификации для одного события с камеры "Людмила" в среднем перфорируется 6-7 карт отбора данных, а печать результатов счета по геометрической и кинематической программам на одно событие занимает 2-3 страницы. Таким образом, при анализе нескольких десятков тысяч событий приходится разбирать и просматривать сотни тысяч перфокарт и сотни тысяч страниц с распечаткой результатов счета.

С помощью карт отбора из результатов кинематической идентификации на ленты суммарных результатов переписываются данные, удовлетворяющие определенным критериям.

На заключительном этапе производится статистический анализ результатов эксперимента, в ходе которого определяются исследуемые величины и их ошибки. Данные, накопленные на ЛСР, используются для вычисления различных величин, характеризующих эксперимент в целом, для построения гистограмм, идеограмм, двумерных диаграмм рассеяния и т.д.

В связи с тем, что в ряде задач для получения физических результатов нет необходимости в кинематической идентификации событий, то в этом случае для отбора данных на ЛСР используются результаты геометрической реконструкции<sup>/31/</sup>.

Основные трудности, связанные с обработкой данных по описанной схеме, обусловлены многоступенчатостью процесса анализа<sup>/32,35/</sup>. Обсчет результатов измерений производится в четыре этапа. Вследствие этого программы системы используют большое число магнитных лент (на один сеанс счета по всей цепочке программ, включая создание ЛСР, требуется установка 7-8 лент, не считая лент с библиотеками программ).

При большой емкости последних одни и те же ленты используются в различных сеансах счета, что накладывает жесткие требования на их качество. Кроме того, из-за большого числа выдаваемой на печать и перфокарты информации много усилий тратится на их разбор, обработку и хранение. При работе на ЭВМ с относительно небольшой производительностью и невысокой плотностью записи информации на магнитные ленты отмеченные недостатки проявляются не очень сильно.

Однако при переходе на мощные ЭВМ, способные обрабатывать сотни событий в час, и при использовании магнитных лент с большой емкостью (несколько тысяч событий на ленте) обработка экспериментальных данных по традиционной схеме в наших условиях не обеспечивала достаточно эффективного использования ЭВМ и надежной работы программ системы. В связи с этим возникла необходимость модернизации используемой в ОИЯИ схемы математической обработки пленочной информации с жидководородных пузырьковых камер.

## § 2. Усовершенствование системы математической обработки пленочной информации на ЭВМ CDC - 6500

Базовыми ЭВМ центрального вычислительного комплекса ОИЯИ являются БЭСМ-6 и CDC-6500<sup>/33,34/</sup>.

Наиболее подходящей для задач математической обработки пленочной информации является CDC-6500. Время обращения к памяти для этой ЭВМ, имеющей два центральных процессора, равно около 1 мкс. Это позволяет за один час машинного времени CDC-6500 обчислить по геометрической и кинематической программам 300-400 событий с жидководородных пузырьковых камер<sup>/35/</sup>. Объем оперативной памяти этой ЭВМ, отведенный для программ пользователей, составляет 50 тыс. слов.

На дисках, одновременно подключаемых к ней, можно разместить информацию объемом около 100 млн. слов. Вследствие этого библиотеки программ вместе с исходными данными и результатами счета можно хранить на частных (съемных) дисках. Имеющиеся на CDC-6500 магнитофоны позволяют записывать на одну магнитную ленту результаты обсчета от 4 до 10 тысяч событий - в зависимости от плотности записи.

Поэтому вскоре после ввода этой ЭВМ в эксплуатацию начались работы по постановке на ней программ обработки фильмовой информации и организации массового счета.

Анализ причин отказов в работе программ показал, что они в основном были связаны с плохим качеством магнитных лент и наличием фатальных ошибок в исходных для реконструкции событий данных.

В связи с этим были проведены исследования различных режимов работы программ с целью поиска надежной схемы организации математической обработки экспериментальных данных.

В результате этих исследований был найден оптимальный режим работы, особенностью которого является широкое использование съемных дисковых пакетов для хранения исходных данных и промежуточных результатов счета<sup>/32/</sup>.

Использование такого режима работы позволило наладить массовую обработку данных. Так, например, только в 1977 году 15 тысяч событий с камеры "Людмила" были обсчитаны за 42 часа времени ЭВМ CDC-6500 практически без потерь машинного времени<sup>/32/</sup>.

Однако при работе в этом режиме сохраняется многоступенчатый характер процесса анализа экспериментальных данных.

Устранить ряд промежуточных этапов можно за счет сокращения числа программ, по которым ведется обсчет.

При решении ряда задач можно объединить все первые три этапа обработки (геометрическую реконструкцию, кинематическую идентификацию, печать результатов и перфорацию карт отбора) и производить их с помощью одной программы. Для анализа данных с одномоетровой пузырьковой камеры ВПК-100 был создан и проверен на массовой статистике вариант такой программы (ГЕОКИН)<sup>/35/</sup>.

Достоинством программы ГЕОКИН является сокращение числа сеансов счета в три раза. В программу ГЕОКИН включено большое число проверок как исходных данных, так и получаемых результатов, что резко сократило число аварийных остановов программы и позволило вести счет большими группами событий. Среди особенностей этой программы также следует отметить, что здесь для каждого забракованного события создается специальная карта с указанием его номера и причины отказа. Эти карты впоследствии используются для составления списков перемеряемых событий и анализа причин отказов.

За период с июля по декабрь 1978 года по программе ГЕОКИН при использовании магнитных дисков для чтения исходных данных и записи промежуточных результатов счета за 33 часа времени центральных процессоров ЭВМ CDC-6500 было обработано около 16 тысяч событий, полученных в *АР*-эксперименте с помощью одномоетровой водородной пузырьковой камеры ОЯЛ<sup>/35/</sup>. К весне 1979 года это число уже составило 30 тысяч событий.

На магнитных лентах с результатами счета по программе ГЕОКИН записываются от 1 до 4 тысяч событий. Для обеспечения сохранности этой информации из-за возможности порчи магнитных лент создавались копии лент результатов. Для предотвращения возможности порчи информации на них из-за ошибок пользователей и операторов и для облегчения ведения учета накопленных данных была разработана система маркировки как основных, так и дублирующих лент.

Таким образом, перевод системы математической обработки фильмовой информации на работу с файлами данных на дисках, сокращение числа программ и включение в них развитой системы диагностирования ошибок позволили наладить надежную эксплуатацию этой системы и обеспечить эффективное использование ЭВМ CDC-6500.

### § 3. Система математической обработки фильмовой информации в пакетно-интерактивном режиме

Усовершенствование системы математической обработки фильмовой информации на ЭВМ CDC-6500 позволило наладить массовый обсчет результатов обмера камерных фотографий, но не устранило узкие места в первоначальной схеме, связанные с большими затратами ручного труда на разбор и анализ результатов счета, с отсутствием средств оперативного контроля исходных данных и получаемых

результатов на всех этапах процесса обработки. Увеличение числа обрабатываемых событий сделало особенно насущным решение задачи по резкому сокращению затрат ручного труда на анализ каждого обрабатываемого события. Для этого было необходимо автоматизировать выполняемые вручную операции. Однако достичь полного уровня автоматизации, как на этапах обмера событий по программам системы, здесь невозможно, так как операции по учету, разбору и анализу результатов счета требуют постоянного контроля со стороны человека. В нашем случае отмеченные трудности можно устранить за счет использования режима диалога человека с ЭВМ.

В связи с этим был создан ряд диалоговых программ и разработана система математической обработки фильмовой информации в пакетно-интерактивном режиме (см. рис.2), анализ данных в которой производится в следующей последовательности.

После сброса результатов измерений с магнитной ленты на диск пользователь может проверить качество обмера с помощью специальных программ в пакетном или интерактивном режимах.

В процессе проверки имеется возможность установить не только погрешности измерения отдельных элементов событий на их стереоснимках, но и оценить число хорошо измеренных событий. Таким образом, если есть сомнения в надежности работы измерительной системы, то качество измерений можно проверить на начальном этапе обработки, а не после ее завершения.

Обсчет результатов измерений по геометрическим и кинематическим программам или по объединенной программе типа ГЕОКИН ведется в пакетном режиме в соответствии с обычной схемой. Однако здесь на каждом этапе анализа, будь то геометрическая реконструкция или кинематическая идентификация, пользователь имеет возможность проверить полученные результаты. Для решения этой задачи имеется специальный пакет программ<sup>35</sup>. Проведение экспресс-анализа результатов счета позволяет обнаруживать различного рода ошибки в программах, подборе констант, методике анализа непосредственно в процессе счета, а не после накопления данных на лентах суммарных результатов. Результаты математической обработки, записанные на ленты суммарных результатов, используются для статистического анализа результатов эксперимента.

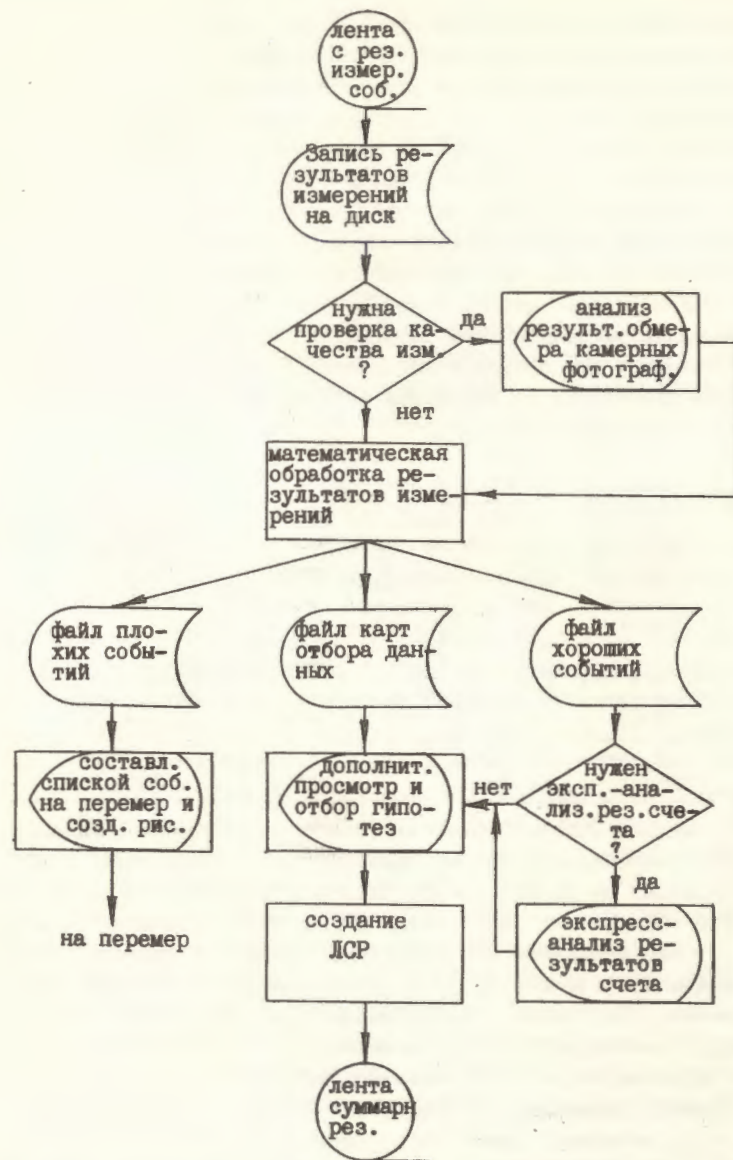


Рис.2

Математическая обработка фильмовой информации в пакетно-интерактивном режиме.

Отличительной особенностью описанной схемы обработки является то, что математическая обработка по программам геометрической реконструкции и кинематической идентификации ведется на ЭВМ в пакетном режиме работы, а для контроля исходных данных, экспресс-анализа результатов счета на всех этапах обработки, выбора карт отбора по результатам дополнительного просмотра фотоснимков и некоторых других операций наряду с пакетным может быть использован и режим диалога человека с ЭВМ. Активное включение дисплея в такую схему организации обработки обеспечивает оперативный контроль каждого этапа анализа экспериментальных данных и надежную работу всей системы. Ресурсы памяти на дисках ЭВМ, необходимые для организации пакетно-интерактивного режима математической обработки фильмовой информации, приведены в таблице I.

Таблица I

Камера	Число обработанных событий на I магн. ленте	Файл результатов измерений	Файл результатов геометрической реконструкции	Файл результатов кинематической идентификации	Файлы карт отбора данных на ЛСР
"Людмила"	1,3-1,4 тыс.	~ 1,5 млн. слов	~ 0,8 млн. слов	~ 2,5 млн. слов	~ 0,1 млн. слов
ВПК-100	1,5 тыс. соб.	~ 1,2 млн. слов	-	~ 0,8 млн. слов	~ 0,07 млн. слов

Имеющиеся в составе созданного специализированного математического обеспечения средства позволяют сократить нужную для хранения данных на дисках память, а также оптимально организовать процесс получения результатов счета. Так, например, если в процессе дополнительного просмотра фотоснимков отбирать правильные гипотезы по результатам счета, высвечиваемым на экране дисплея, который установлен непосредственно у просмотрного стола, то отпадает необходимость в распечатке результатов счета, которые для десятков тысяч обрабатываемых событий занимают сотни тысяч страниц. Кроме того, отпадает необходимость создания карт отбора, т.к. возможно совместить процесс дополнительного просмотра фотоснимков с формированием ЛСР. Таким образом, включение

дисплея в схему математической обработки позволит существенно сократить печать и перфорацию полученных при счете данных. Пользователь может просмотреть нужные ему данные, хранящиеся на магнитных лентах или в виде перманентных файлов на дисках, на экране дисплея и только при необходимости распечатать их.

Математическое обеспечение пакетно-интерактивного режима состоит из следующих элементов:

- комплекса программ для обчета результатов обмера камерных фотографий (геометрическая реконструкция, кинематическая идентификация, создание ЛСР);
- программ, служащих для решения таких задач в процессе обработки данных, как сборка файлов с результатами счета по различным программам, сброс файлов с данными с магнитной ленты на диск и с диска на магнитную ленту, составление списков обчитываемых событий и т.д.<sup>/32/</sup>;
- пакета программ для проверки результатов обмера камерных фотографий (в пакетном и в интерактивном режимах)<sup>/36/</sup>;
- пакета программ экспресс-анализа результатов счета по геометрическим и кинематическим программам (в пакетном и в интерактивном режимах)<sup>/35/</sup>;
- программ для работы с файлами данных, в частности, для редактирования на экране дисплея файлов с картами отбора непосредственно в процессе дополнительного просмотра фотопленки и результатов счета;
- системы программ, автоматизирующих процесс организации перемеров и домеров событий и объединение результатов реконструкции первого измерения события с домеренными треками;
- комплекса диалоговых программ, обеспечивающих работу пользователя на ЭВМ в интерактивном режиме<sup>/35/</sup>;
- программ обучения пользователей работе с программами системы математической обработки фильмовой информации.

Использование модульной системы программирования "ГИДРА"<sup>/39,40/</sup> позволило решить проблему создания математического обеспечения пакетно-интерактивного режима в кратчайшие сроки.

На базе этого математического обеспечения также разработана и реализована методика контроля системы обработки фильмовой информации по результатам обмера камерных фотографий, которая позволяет при небольших затратах машинного времени ЭВМ



CDC-6500 производить полную проверку результатов измерений и оценить возможность их использования в физических исследованиях.

#### Заключение

Внедрение в практику работы в системе математической обработки filmовой информации пакетно-интерактивного режима позволит значительно ускорить сроки получения конечных результатов эксперимента за счет уменьшения ручного труда в процессе анализа данных, повысить надежность эксплуатации программ обработки и эффективность использования ЭВМ в соответствии с планами по дальнейшему усовершенствованию и развитию измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ/41/.

Так, благодаря созданным возможностям, за время от 4 до 30 минут (в зависимости от решаемой задачи) работы ЭВМ CDC-6500 может быть всесторонне оценено качество обмера 1000 событий. При этом время ожидания ответа у терминала не превышает 1 часа. Для экспресс-анализа результатов счета 1000 событий по геометрической и кинематической программам требуется не более 1 мин. машинного времени. На редактирование файлов с картами отбора или подготовку данных для перемеров событий затрачивается лишь несколько секунд машинного времени. Одновременно обеспечивается экономное использование ресурсов памяти ЭВМ.

Созданное математическое обеспечение рассчитано на широкий круг пользователей, которые, благодаря системе генерации/37,38/, могут собирать нужные им программы и решать свои задачи, не вникая в вопросы организации этих программ.

В заключение автор выражает искреннюю благодарность Н.Н.Говоруну и В.Г.Иванову за постоянную помощь и интерес к этой работе; И.И.Шелонцеву, В.В.Глаголеву, Н.А.Буздавиной, А.Дирнеру, Л.И.Лепиловой, Т.А.Стриж за полезные обсуждения; О.В.Катяшевой и Э.А.Лопатиной за помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вальтер М. и др. ОИЯИ, I-7153, Дубна, 1973.
2. Аладашвили Б.С. и др. ОИЯИ, I-7645, Дубна, 1973.
3. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, PI-6212, Дубна, 1971.
4. Voos E.G. et al. Nucl. Phys., 1977, B121, p.381.
5. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, I-6967, Дубна, 1973.
6. Варденга Г.Л. и др. ОИЯИ, PI3-9315, Дубна, 1975.
7. Андреев Е.М. и др. ОИЯИ, I3-8550, Дубна, 1975.
8. Анджеяк Р.А. и др. ОИЯИ, I3-3588, Дубна, 1967.
9. Кил Д. ЭЧАЯ, 1979, т.10, вып.3, стр.551.
10. Шигаев В.Н. Особенности математического обеспечения автоматизированной системы HFD ОИЯИ для измерения событий на снимках с пузырьковых камер. Материалы Второго всесоюзного семинара по обработке физической информации. Ереван, сентябрь 1977. ЕРФИ, 1978, стр.191-197.
11. Шелонцев И.И., Шигаев В.Н. ОИЯИ, IO-5728, Дубна, 1971.
12. Иванченко Э.М. ОИЯИ, IO-6141, Дубна, 1971.
13. Буздавина Н.А. и др. Система программ для анализа результатов обмера камерных фотографий. Материалы семинара по обработке физической информации. Ереван, ЕРФИ, 1976, стр.168-173.
14. Бадалян С.Г. и др. Методика анализа результатов обмера камерных фотографий в интерактивном режиме. Материалы Второго всесоюзного семинара по обработке физической информации. Ереван, сентябрь 1977. ЕРФИ, 1978, стр.214-220.
15. Low cost graphics terminal. Interactive graphics system. (LCGT IGS). Version 2.0. User Guide. Pub No. 76077400. Control Data Corporation, USA, 1976.
16. INTERCOM. Version 4. Reference Manual. Pub. No. 60494600, Control Data Corporation, USA, 1977.
17. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, B2-10-10706, Дубна, 1977.
18. Иванов В.Г. ОИЯИ, DI0, II-11264, стр.71, Дубна, 1978.
19. Розенфельд А., Хамфри У. Анализ данных с пузырьковых камер. Успехи физических наук, т.86, вып.1, 1965.
20. Суп К. Пузырьковая камера. Измерение и обработка данных. Изд-во "Наука", М., 1970.

21. Villemoes P. CERN, 71-6, p.105, Geneva, 1971.
22. Алмазов В.Я. и др. ОИЯИ, IO-45I3, Дубна, 1969.
23. Blair W.M.R. CERN, DD/DA/68/9, Geneva, 1968.
24. Позе Р.А. ЭЧАЯ, 1973, т.4, вып.3, стр.857.
25. Котов В.М. и др. ОИЯИ, IO-7939, Дубна, 1974.
26. Виноградов А.Ф. и др. ОИЯИ, IO-8783, Дубна, 1975.
27. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, IO-3627, Дубна, 1967.
28. Буздавина Н.А. и др. ОИЯИ, PII-4762, Дубна, 1969.
29. Карнаузов В.М. и др. ОИЯИ, IO-6I23, Дубна, 1971.
30. Буздавина Н.А. и др. ОИЯИ, PIO-5785, Дубна, 1971.
31. Рудь В.И., Тихонова Л.А. ОИЯИ, I-767I, Дубна, 1974.
32. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, IO-II448, Дубна, 1978.
33. Проблемы повышения эффективности БЭСМ-6. Материалы по математическому обеспечению ЭВМ. ВЦ АН СССР, Сибирский энергетический институт СО АН СССР, Иркутск, 1976.
34. CDC NBS/BE 1 Reference Manual, Pub. No. 60493800. Control Data Corporation, St. Paul, Minnesota, USA.
35. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, PIO-I2474, Дубна, 1979.
36. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, PIO-I2096, Дубна, 1978.
37. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, PIO-II6I2, Дубна, 1978.
38. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, PIO-II9II, Дубна, 1978.
39. HYDRA System Manual, CERN, Geneva, 1975.
40. Буздавина Н.А. и др. ОИЯИ, DIO,II-II264, стр.40I, Дубна, 1978.
41. Говорун Н.Н. и др. Основные направления развития центрального вычислительного комплекса ОИЯИ. Проблемы повышения эффективности БЭСМ-6. Материалы по математическому обеспечению ЭВМ. ВЦ АН СССР, Сибирский энергетический институт СО АН СССР, стр. II4-I23, Иркутск, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 октября 1979 года.