

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б - 15

10-80-193

**БАДАЛЯН
Сергей Григорьевич**

**СИСТЕМА
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СНИМКОВ
С ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ
В ПАКЕТНО-ИНТЕРАКТИВНОМ РЕЖИМЕ**

**Специальность: 01.01.10 - математическое обеспечение
вычислительных машин и систем**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1980

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

Научные руководители:

доктор физико-математических наук
член-корреспондент АН СССР
профессор

Н.Н.Говорун,

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

В.Г.Иванов.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

И.М.Граменицкий,

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

А.Н.Томилин.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт физики высоких энергий, г.Серпухов.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1980 г.
в "___" часов на заседании Специализированного совета Д 047.01.04
при Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ,
г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1980 г.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических
наук

Иванченко В.М.Иванченко.

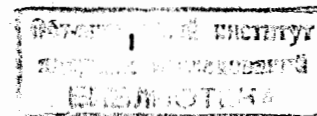
Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. В экспериментальных исследованиях по физике высоких энергий, проводимых в Объединенном институте ядерных исследований, широко используются разнообразные трековые детекторы с пленочным съемом информации [1]. Для обработки камерных снимков в ОИЯИ имеется большой комплекс просмотровых и измерительных систем (полуавтоматические измерительные устройства, сканирующий автомат типа НРД, спиральный измеритель, АЭЛТ-2/160) и соответствующее программное обеспечение. Математическая обработка результатов измерений в основном производится на базовых ЭВМ Института СРС-6500 и БЭСМ-6 [2]. Имеющиеся в настоящее время в ОИЯИ возможности позволяют ежегодно обрабатывать сотни тысяч событий, зарегистрированных в различных трековых детекторах. Однако для организации обсчета больших массивов данных, получаемых в ходе измерений камерных фотографий, потребовалось коренным образом усовершенствовать систему математической обработки, обеспечив в первую очередь повышение надежности работы программ, устранение потерь машинного времени, достижение более высокого уровня автоматизации, а также сокращение сроков получения физических результатов. Оснащение базовых ЭВМ Института терминальными устройствами и соответствующим программным обеспечением [3] создало новые возможности для решения части этих проблем за счет широкого внедрения средств диалога человек-ЭВМ в процесс математической обработки пленочной информации. Таким образом, усовершенствование систем математической обработки камерных снимков по-прежнему является актуальной проблемой.

[1] Киш Д. ЭЧАЯ, 1979, т.10, вып.3, стр.551.

[2] Иванов В.Г. ОИЯИ, ДЮ, II-11264, стр.71, Дубна, 1978.

[3] 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. 114-123, Иркутск, 1976.



Цель работы. Основная задача заключалась в коренном усовершенствовании системы математической обработки результатов обмера камерных фотографий, обеспечивающем массовую обработку данных, надежную работу программ, эффективное использование вычислительной машины и максимально возможный на базе имеющихся технических средств уровень автоматизации процесса анализа исходных данных и результатов счета.

Для этого потребовалось решить следующие проблемы, представляющие самостоятельный научный интерес:

1. Провести исследование различных режимов работы программ математической обработки результатов измерений и выбрать оптимальный, обеспечивающий надежную эксплуатацию системы и эффективное использование ресурсов ЭВМ.
2. Усовершенствовать систему базовых программ для устранения многоступенчатости процесса обмера данных и сокращения сроков обработки.
3. Разработать методы контроля исходных данных и получаемых результатов на всех этапах анализа.
4. Разработать принципы организации режима диалога человек - ЭВМ в системах математической обработки результатов обмера камерных фотографий на всех этапах анализа, начиная с контроля исходных данных и кончая проверкой результатов счета.
5. Создать комплекс специализированных программ, обеспечивающих надежное функционирование системы, и внедрить их в практику математической обработки результатов измерений.

Научная новизна. Автором предложена и реализована система математической обработки в пакетно-интерактивном режиме, позволившая впервые распространить режим диалога человека с ЭВМ на все этапы процесса анализа камерных снимков. Характерной особенностью системы является то, что обсчет данных по базовым программам (геометрическая реконструкция и кинематическая идентификация) ведется в пакетном режиме, а остальные операции, включая оперативный контроль данных, работу с файлами и формирование лент суммарных результатов, могут производиться как в пакетном, так и в диалоговом режимах.

В рамках созданной системы математической обработки разработана методика всестороннего оперативного контроля данных на всех этапах процесса анализа. При этом удалось объединить в едином комплексе как известные из литературы методы проверки данных,

так и критерии, впервые развитые автором. Разработаны и реализованы принципы организации диалога человека с ЭВМ, позволившие распространить использование диалоговых средств на все этапы процесса математической обработки.

На основании исследования процесса обработки как среды, в которой взаимодействуют люди, ЭВМ, алгоритмы и экспериментальные данные, показано, что для успешного функционирования системы математической обработки наряду с базовыми программами необходимо иметь специализированное математическое обеспечение. Назначение последнего - обеспечивать эффективную работу базовых программ и контроль со стороны пользователя процесса математической обработки на всех его этапах.

Реализация. Разработанные методы, алгоритмы и программы реализованы в виде специализированного математического обеспечения, являющегося составной частью системы математической обработки результатов измерений камерных снимков.

Практическая ценность работы. Разработанная система математической обработки имеет универсальный характер, хотя и апробирована только на снимках с классических жидководородных пузырьковых камер. Большинство из созданных автором алгоритмов и программ может быть использовано в системах обработки снимков с трековых детекторов других типов. В первую очередь к числу таких разработок относятся следующие:

- организация процесса математической обработки в пакетно-интерактивном режиме, обеспечивающая надежную и эффективную работу программ при оптимальном использовании ресурсов ЭВМ;
- программы для проверки исходных данных (результатов обмера элементов события), контроля качества работы измерительных приборов и оценки достоверности получаемых результатов при небольших затратах машинного времени;
- методика организации режима диалога человек-ЭВМ в процессе математической обработки результатов измерений и комплекс соответствующих программ;
- программы для редактирования структур данных прикладных программ модульной системы "Гидра" [1]. Реализацией этих программ завершается перевод на систему "Гидра" всей цепочки программ математической обработки вплоть до формирования лент суммарных результатов.

[1] HYDRA System Manual, CERN, Geneva, 1975.

Описанная в диссертации система реализована на ЭВМ CDC-6500. Однако ее перевод на другие вычислительные машины, на которых имеются соответствующие технические средства, транслятор с алгоритмического языка ФОРТРАН и система модульного программирования "Гидра", не представляет особых трудностей.

Публикации и апробация работы. Основные материалы, положенные в основу диссертации, опубликованы в работах^{/1-13/}, выполненных автором в 1976-1980 г.г., и были доложены на Втором всесоюзном семинаре по обработке физической информации (Ереван, 1977 г.)^{/2/} и на Втором Всесоюзном совещании "Диалоговые вычислительные комплексы - ДИАЛОГ-79" (Протвино, 1979 г.)^{/8/}.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка цитированной литературы и приложений.

Содержание работы

В вводной части обосновывается актуальность выбранной темы, определяются задачи, решение которых необходимо для коренного усовершенствования процесса математической обработки результатов измерений камерных снимков, формулируются цели работы и излагается краткое содержание глав диссертации.

Первая глава посвящена изложению методики обработки камерных фотографий с классических жидководородных пузырьковых камер. На основании обзора имеющихся работ описывается традиционная схема организации процесса обработки, излагается математическая постановка проблемы анализа результатов измерений камерных фотографий, а также дается краткая характеристика базового программного обеспечения систем математической обработки [1]. Большое внимание уделяется описанию методов и средств, применяемых в системах обработки результатов обмера камерных фотографий для повышения производительности этих систем и эффективности использования ЭВМ, в частности, описанию опыта применения средств диалога человек-ЭВМ для этих целей.

[1] Villemaes P. Data Processing in Bubble Chamber Experiments. CERN, 71-6, Geneva, 1971.

Констатируется, что современные системы обработки filmовой информации являются весьма сложными комплексами, включающими в себя разнообразные просмотрово-измерительные устройства, мощные вычислительные машины и специализированное программное обеспечение.

В ряде физических центров достигнут высокий уровень автоматизации процесса обработки экспериментальных данных благодаря, в частности, использованию ионизационных измерений, а также внедрению режима диалога человек-ЭВМ на этапах просмотра, измерения, спасения событий и статистического анализа суммарных результатов эксперимента.

Вторая глава посвящена вопросу организации системы математической обработки результатов обмера фотоснимков с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ и основным этапам ее усовершенствования.

После ввода в строй мощной ЭВМ CDC-6500, имеющей богатый арсенал средств и возможностей для организации эффективной системы обработки результатов обмера камерных фотографий, на ней была поставлена цепочка программ THRESH-GRIND-AUTOCR-SLICE-SUMX [1]. Однако практика работы с этими программами показала, что в рамках традиционной схемы обработки не обеспечивается надежная эксплуатация системы этих программ и эффективное использование ЭВМ CDC-6500.

В результате предпринятых исследований был найден и обоснован оптимальный режим эксплуатации программ обработки, особенностью которого является широкое использование съемных дисковых пакетов для хранения исходных данных и промежуточных результатов счета^{/4/}. Схема организации процесса обработки в таком режиме подробно разбирается во второй главе. Использование этой схемы позволило обработать на ЭВМ CDC-6500 в 1977-79 г.г. около 100 тысяч событий с камер "Людмила" и ВПК-100 практически без потерь машинного времени. Одним из путей ускорения процесса анализа экспериментальных данных и дальнейшего усовершенствования всей системы обработки является устранение многоступенчатости за счет объединения ряда программ, по которым ведется обсчет событий. В главе излагается методика решения этой проблемы на примере программы ГЕОКИН^{/7/}. С помощью этой программы производятся пространственное восстановление, кинематическая идентификация, печать

[1] Иванов В.Г. ОИЯИ, Д10, ИИ-11264, стр.71, Дубна, 1978.

и перфорация карт отбора данных на ленту суммарных результатов, т.е. объединяются сразу три этапа процесса математической обработки. Вследствие этого достигается существенное ускорение процесса обработки за счет сокращения числа сеансов счета в три раза.

Усовершенствование системы математической обработки фильмовой информации на ЭВМ CDC-6500 позволило наладить массовый обсчет результатов обмера камерных фотографий. Однако связанное с этим увеличение числа обрабатываемых событий сделало особенно насущным решение задач по резкому сокращению затрат ручного труда на анализ каждого обрабатываемого события и разработке средств оперативного контроля данных для уменьшения потерь машинного времени.

В третьей главе исследованы вопросы организации контроля в системе математической обработки фильмовой информации. Здесь прежде всего рассмотрены и обобщены критерии для оценки качества результатов измерений, а также проанализированы природа и характер основных ошибок, возникающих при обмере камерных снимков.

Одной из важных характеристик измерительной системы является доля событий, отвергаемых в процессе геометрической реконструкции. Для обеспечения оперативного контроля за качеством поступающих данных была разработана методика оценки числа хорошо измеренных событий по результатам идентификации проекций треков на соответствующих стереоснимках^{/3/}.

На основе систематизации основных ошибок, имеющих в исходных данных и вызывающих отбраковку событий в процессе геометрической реконструкции, исследования точностей измерения элементов событий на стереоснимках и найденных критериев для оценки числа хорошо измеренных событий была разработана методика проверки результатов измерений камерных снимков. Для ее реализации был создан специальный пакет программ, с помощью которых можно выявлять плохо измеренные данные, получать информацию о погрешностях обмера элементов событий на снимках, оценивать число хорошо измеренных событий и их пригодность для дальнейшей обработки.

Для решения в сжатые сроки таких методических задач, как подбор и уточнение значений констант, используемых при реконструкции и идентификации событий, создана методика экспресс-анализа результатов счета по геометрическим и кинематическим программам, реализованная на базе специального пакета программ^{/9/}.

Анализ распределений различных величин позволяет оценить достоверность получаемых физических результатов и их пригодность для проводимых исследований.

Изложенная в третьей главе методика контроля, а также созданное специализированное программное обеспечение успешно используются в ОИЯИ для анализа работы измерительных систем^{/10/} и в исследованиях, проводимых на камере ВПК-100^{/7/}. Однако, как отмечается в главе, по-прежнему велики затраты ручного труда на анализ и учет результатов счета по геометрическим и кинематическим программам, да и использование специальных программ для контроля и экспресс-анализа в пакетном режиме работы не обеспечивает необходимой оперативности.

В четвертой главе диссертации описывается схема организации пакетно-интерактивного режима обработки результатов измерений^{/12/}, призванного устранить отмеченные выше трудности.

Отличительной особенностью схемы обработки в этом режиме 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 диалоговый режим (см. рис. I). Значительное внимание в главе уделено изложению принципов реализации диалогового режима работы на ЭВМ CDC-6500 в системе математической обработки фильмовой информации^{/8,11/}. Поскольку анализом результатов счета занимается широкий круг пользователей, то специальные диалоговые программы построены по принципу обучающе-решающих систем.

В этом случае программа знакомит пользователя с имеющимися возможностями, "подсказывает" ему путь решения задачи и контролирует его действия. При обнаружении ошибок в полученном от пользователя задании программа немедленно сообщает ему об этом и "подсказывает" способ их устранения.

Диалог между ЭВМ и пользователем ведется на вполне понятном языке с использованием хорошо известных ему терминов для описания имеющихся в системе возможностей. В главе приводится описание директив языка диалога с помощью металингвистических формул.

Математическая обработка фильмоной информации в пакетно-интерактивном режиме

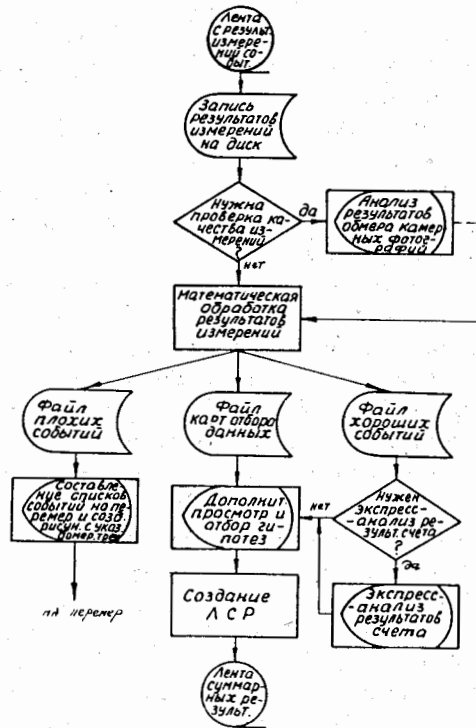


Рис. 1

Описываемая диалоговая система относится к системам, в которых диалог управляется вычислительной машиной [1]. Выбор такого принципа организации объясняется тем, что в рамках данной системы решается заданный класс задач, алгоритмы решения которых отработаны и заложены в соответствующих программах.

[1] Глушков В.М. и др. Диалог, управляемый вычислительной машиной. Управляющие системы и машины (УС и М), № 6, 1974, стр.1.

В качестве примера реализации пакетно-интерактивного режима приведена система математической обработки инклюзивных реакций при pp-взаимодействиях, зарегистрированных в камере "Людмила" (см. рис.2).

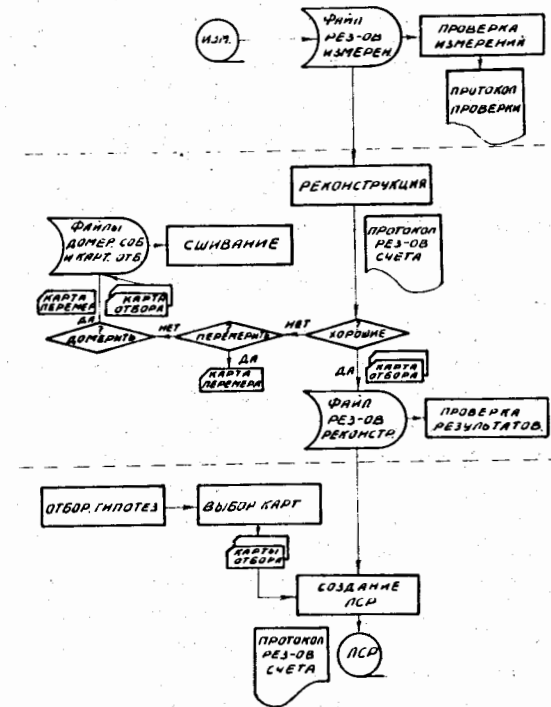


Рис. 2

Затраты машинного времени на дополнительные операции для проверки качества измерений, экспресс-анализа результатов счета составляют несколько процентов от времени, необходимого на всю обработку.

В таблице приведены усредненные эксплуатационные характеристики программы для проверки исходных данных и получаемых результатов счета. Для сравнения можно указать, что, например, на обработку 1 тысячи событий по геометрической программе требуется около 150 минут времени ЭВМ CDC-6500.

Таблица

Тип программы	Необходимая оперативная память	Время центрального процессора для создания рабочего варианта программы	Время центрального процессора для анализа 1000 событий	Время работы за терминалом с просмотром результатов счета
Программы контроля измерений	20-29 тыс.	20-70 с	250-2000 с	~1 час
Программы экспресс-анализа	24-30 тыс.	~18 с	~20 с	17-20 мин

В заключение отмечается, что разработка и внедрение в широкую практику пакетно-интерактивного режима и комплекса специальных диалоговых программ позволяет значительно ускорить сроки получения конечных результатов эксперимента за счет сокращения затрат ручного труда в процессе анализа данных, а также повысить эффективность использования ЭВМ.

В пятой главе диссертации дается описание математического обеспечения системы обработки результатов измерений в пакетно-интерактивном режиме^{/13/}. Основу этого математического обеспечения составляет цепочка программ, предназначенных для восстановления пространственной картины событий, их кинематической идентификации, создания лент суммарных результатов, а также статистического анализа результатов эксперимента.

Созданное автором специализированное математическое обеспечение системы служит для решения следующих задач:

- выполнения различных операций с файлами данных при работе в режиме с преимущественным использованием съемных дисков^{/4/};
- организации оперативного контроля исходных для математической обработки данных^{/6/};

- экспресс-анализа результатов счета по геометрическим и кинематическим программам^{/9/};
- просмотра на экране дисплея результатов счета для отбора данных на ленты суммарных результатов;
- редактирования файлов с картами отбора данных;
- составления списков перемеряемых и домеряемых событий;
- объединения результатов измерений одних и тех же событий и т.д.

Решение большинства из этих задач ориентировано на использование режима диалога человека с ЭВМ.

Специализированное математическое обеспечение создано на базе системы модульного программирования "Гидра".

Согласно современным требованиям соответствующие программы оформлены в виде пакетов, снабженных средствами для автоматизированной сборки (генерации) программ по заданиям пользователей, а также информационно-справочной системой. С помощью этих и других особенностей обеспечиваются гибкость созданной системы программ, возможность ее дальнейшего развития, высокая надежность эксплуатации и т.д. Иерархическая структура математического обеспечения системы обработки результатов измерений в пакетно-интерактивном режиме, реализованного на базе операционной системы ЭВМ CDC-6500 NOS/BE1 и связанной с ней подсистемы INTERCOM, показана на рис.3.

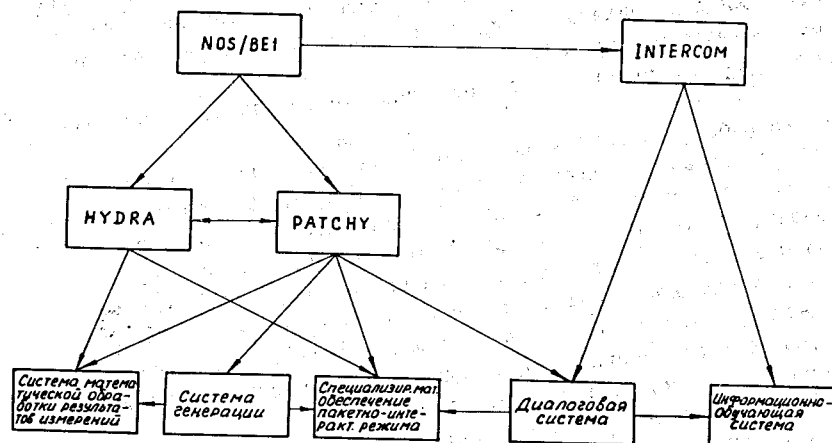


Рис.3

В главе приведено подробное описание и эксплуатационные характеристики пакетов программ для проверки качества измерений, экспресс-анализа, а также редактирования структур данных, созданных прикладными программами системы "Гидра". Подробно описывается методика генерации нужных пользователям программ. Отмечается, что созданный комплекс программ обеспечивает надежную и эффективную обработку в пакетно-интерактивном режиме на ЭВМ CDC-6500 фильмовой информации с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ.

Широкое использование возможностей, предоставляемых системой "Гидра" и операционной системой ЭВМ CDC-6500, позволило решить проблему создания специализированного математического обеспечения в сжатые сроки. Разработанное математическое обеспечение является базой для дальнейшего развития системы обработки результатов обмера камерных фотографий.

В заключении кратко сформулированы основные результаты диссертации.

1. Разработан и реализован пакетно-интерактивный режим математической обработки результатов обмера камерных фотографий, внедрение которого позволяет организовать массовую обработку экспериментальных данных при эффективном использовании ЭВМ, уменьшить затраты ручного труда на разбор и анализ результатов счета и существенно сократить сроки проведения экспериментов. И хотя этот режим апробирован в системах математической обработки данных с классических жидководородных пузырьковых камер, однако он имеет универсальный характер.

2. На базе системы модульного программирования "Гидра" разработана специализированная система программ, обеспечивающая математическую обработку результатов обмера камерных снимков в пакетно-интерактивном режиме. В состав этого математического обеспечения входят пакеты программ для проверки результатов измерений, экспресс-анализа результатов счета, редактирования файлов данных, а также комплекс специализированных диалоговых программ.

3. Были исследованы различные режимы работы программ обработки и найден и обоснован оптимальный режим, ориентированный на широкое использование съемных дисковых пакетов для записи и хранения результатов промежуточных вычислений. Это позволило в рамках традиционной схемы обработки камерных фотографий существенно сократить потери времени и повысить эффективность использования ЭВМ.

4. Разработаны и реализованы с помощью специального программного аппарата принципы организации диалога человека с ЭВМ применительно к задачам математической обработки результатов измерений. Использование этой диалоговой системы обеспечивает пользователям возможность оперативного решения своих задач в процессе самообучения.

5. Созданы методы оперативного контроля процесса математической обработки результатов обмера камерных снимков, начиная с проверки исходных данных и кончая анализом результатов счета, отбираемых на ленты суммарных результатов.

В ходе этих работ были решены следующие задачи:

а) разработаны методики для оценки качества измерений на отдельных стереоснимках и числа хорошо измеренных событий по результатам идентификации проекций треков на соответствующих стереоснимках без их пространственного восстановления. Это позволяет ценой небольших затрат времени ЭВМ получить информацию о качестве работы измерительных систем;

б) предложены критерии для проверки достоверности получаемых в процессе математической обработки результатов счета, правильности подбора констант по тем же физическим величинам, которые используются на заключительных этапах анализа.

Развитые автором методы и программы широко используются для анализа экспериментальных данных с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ, а также в ходе работ по усовершенствованию измерительных систем на базе сканирующих автоматов типа НРД и спиральный измеритель.

Список работ, положенных в основу диссертации:

1. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, Б2-10-10706, Дубна, 1977.
2. 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. Изд-во ЕрФИ, 1978, стр.214-220.
3. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, Р10-11315, Дубна, 1978.
4. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, 10-11448, Дубна, 1978.
5. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, Р10-11911, Дубна, 1978.
6. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, Р10-12096, Дубна, 1978.
7. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, Р10-12474, Дубна, 1979.
8. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, Р10-12582, Дубна, 1979.

9. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, Р10-12606, Дубна, 1979.
10. Абдурахимов А.У., Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, Р10-12694, Дубна, 1979.
11. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, Р10-12744, Дубна, 1979.
12. Бадалян С.Г. ОИЯИ, Р10-12879, Дубна, 1979.
13. Бадалян С.Г. ОИЯИ, Р10-12880, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 марта 1980 года.