

Ю - 808

На правах рукописи

Юрпалов Владимир Дмитриевич

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИНИ-ЭВМ ПРОЕКТОРА
В МНОГОМАШИННОМ ПРОСМОТРОВО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

01.01.10 - математическое обеспечение вычислительных машин и систем

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1982

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий (г. Серпухов).
Научные руководители: кандидат физико-математических наук Л.Г.Каминский, кандидат технических наук Ю.Л.Куркин.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук И.Н.Силин, кандидат физико-математических наук А.С.Марков.

Ведущее предприятие: Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова (г. Москва).

Защита диссертации состоится "22" апреля 1982 г. в 13⁰⁰ часов на заседании специализированного совета Д.047.01.04 при Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна, Московской области).

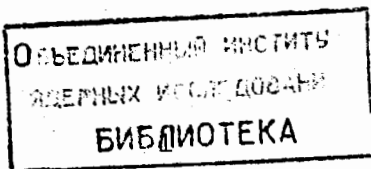
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "22" марта 1982 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
З.М.Иванченко

Актуальность проблемы. Пузырьковые камеры наряду с другими приборами с фотографическим съемом информации являются одним из основных инструментов исследований в физике высоких энергий. Традиционно обработка экспериментальных данных делится на первичную, осуществляемую в линию с измерительной аппаратурой, и off-line обработку, включающую физический анализ. Чтобы обеспечить разумные сроки проведения современных экспериментов (требующих порой анализа до 1 млн. фотоснимков), первичная обработка снимков должна, безусловно, опираться на использование автоматических и автоматизированных систем обработки. Существование и развитие последних объясняется все возрастающей сложностью снимков, делающей практически невозможным использование для обработки только автоматических систем.

Автоматизированные системы, в первую очередь, призваны обеспечить производительное выполнение типовых процедур первичной обработки снимков, выполнение которых в автоматическом режиме невозможно. К ним относятся: просмотр, измерения маски событий для автоматов, полные измерения событий со сложной топологией. До недавнего времени автоматизированные системы обработки снимков с больших пузырьковых камер создавались на базе разрабатываемых в каждом физическом центре уникальных просмотро-измерительных проекторов, управляемых сложной оригинальной электроникой и соединенных линиями связи с центральной ЭВМ (ЦЭВМ) среднего класса.



Последние годы характерны изменением условий, в которых создаются автоматизированные системы. Развитие микроэлектроники сделало возможным и целесообразным использование мини-ЭВМ в качестве контроллера устройств просмотрово-измерительного проектора. Отечественной промышленностью освоены типовые конструкции оптико-механических проекторов, которые могут быть использованы для обработки снимков со всех пузырьковых камер. Электроника управления функциональными устройствами проекторов может быть простой и унифицированной, если математическое обеспечение (МО) мини-ЭВМ, применяемой в качестве контроллера, обеспечивает реализацию алгоритмов управления и возможность адаптации к разнотипным камерам и проекторам. Однако трудоемкость разработки такого МО мини-ЭВМ сравнима или даже превышает разработку аппаратных компонентов.

Кроме того, современная автоматизированная система обработки должна обладать гибкостью, достаточной, чтобы обеспечить простоту ее дальнейшего совершенствования в соответствии с требованиями постоянно изменяющегося спектра физических задач, решаемых с ее помощью. Поискные эксперименты на пузырьковых камерах требуют создания и включения в систему нестандартных процедур, выполняемых в интерактивном режиме с участием физиков-экспериментаторов (сверка результатов двух независимых просмотров, физический просмотр, геометрическая реконструкция событий в линию с процессом измерения и т.п.).

Развитие гибридных систем, в которых функции точного измерения углов и импульсов вторичных частиц возлагаются на внешние электронные детекторы, ставит задачу организации обработки фильмовой информации с учетом результатов и предсказаний, получаемых из предварительного анализа цифровой и аналоговой информации с внешних детекторов. Возможность создания нетиповых процедур физиками-экспериментаторами реально достигается лишь при условии предоставления им виртуального прибора с интерфейсом взаимодействия высокого уровня, необходимость создания которого и определяет актуальность разработки инвариантного к процедурам обработки МО мини-ЭВМ.

Состояние вопроса. Созданное к моменту начала настоящей работы МО мини-ЭВМ в комплексах первичной обработки можно разделить на два класса:

- при включении проекторов с мини-ЭВМ в автоматизированные системы, разработанные для проекторов без мини-ЭВМ, МО мини-ЭВМ осуществляет только управление устройствами проектора, т.е. служит буферным звеном между аппаратурой, оператором и ЦЭВМ;

- при создании временных систем с ограниченными задачами обработки МО мини-ЭВМ кроме управления устройствами проектора контролирует всю логику процедур обработки, используя ЦЭВМ в качестве внешнего накопителя.

Оба подхода в нашем случае обладают очевидными недостатками. В первом сохраняется традиционный уровень взаимодействия с проектором, во втором контроль измерительных данных является весьма поверхностным в силу ограниченности ресурсов мини-ЭВМ, а модификация МО мини-ЭВМ для новых экспериментов представляется достаточно трудоемкой задачей.

Целью диссертационной работы является разработка эффективных методов построения унифицированного МО мини-ЭВМ и их реализация в современной автоматизированной системе обработки снимков с трековых детекторов. Среди совокупности задач, возникающих при создании МО мини-ЭВМ, особого внимания заслуживают задачи организации взаимодействия с оператором и ЦЭВМ, поскольку от полноты и корректности построения этих интерфейсов в большой степени зависит как спектр возможных функциональных процедур, реализуемых системой, так и удобство работы с проектором основных пользователей системы – операторов и физиков-экспериментаторов.

Основными требованиями, предъявляемыми к МО мини-ЭВМ, являются следующие:

- обеспечение независимости МО ЦЭВМ от типа проекторов, используемых в системе;

- простота модификации МО мини-ЭВМ при адаптации к новым типам проекторов, камер, экспериментов или при подключении новых устройств проектора;

- взаимодействие между ЦЭВМ и проектором с мини-ЭВМ осуществляется на достаточно высоком, допускающем физическую интерпретацию уровне;
- организация взаимодействия оператора проектора с системой обеспечивает простоту его обучения и работы;
- достаточная общность принципов построения, которая позволяет при создании типовой автоматизированной системы первичной обработки снимков получить возможность автоматизации как типовых, так и нетиповых и новых процедур;
- эффективность реализации и удобство отладки;
- наличие средств простого и удобного тестирования аппаратуры.

Научная новизна. Проведена формализация процедур первичной обработки снимков, на основе которой впервые стало возможным создание единого программного процессора первичной обработки снимков, параметрически настраиваемого на типовые процедуры, традиционно выполнявшиеся ранее независимыми и отдельными программами. В рамках предложенной формализации разрешаются существующие трудности автоматизации нестандартных режимов таких, как измерение событий, пропущенных оператором при просмотре, просмотр, совмещенный с полными измерениями или с измерением маски для автоматов и т.п.

Разработана математическая модель управляющей программы мини-ЭВМ в виде системы конечных автоматов с ограничением на входе, обеспечивающая наряду с возможностью эффективной программной реализации простоту модификации и удобство отладки.

Сформулирована концепция абстрактного проектора, обеспечивающая независимость МО ЦЭВМ от типа используемых в системе проекторов.

Разработан программный интерфейс между МО мини-ЭВМ и ЦЭВМ, позволяющий организовать диалог с проектором в терминах обрабатываемых объектов (а не традиционно используемых команд управления аппаратурой) и реализовать тем самым концепцию открытой для физика-экспериментатора системы.

Разработана функциональная схема драйверов устройств проектора и получена оценка условий реализуемости драйверов устройств с жестким ритмом в системе реального времени RTS8.

Разработано и создано специализированное МО мини-ЭВМ, ускоряющее процесс ввода в систему новых проекторов и обеспечивающее эффективную разработку и настройку драйверов новых устройств.

Практические результаты и предложения по использованию материалов диссертации. Разработанные принципы построения МО мини-ЭВМ в много-машинном комплексе реализованы в автоматизированной системе первичной обработки снимков RTFAS в ИФВЭ. Созданная система в течение трех лет используется для обработки снимков в экспериментах на камерах "Мирабель" (SERP-E-133), СКАТ (SERP-E-107), ВЕВС (CERN-WA-027), Европейском гибридном спектрометре EHS (CERN-NA-16, 23) и искровом магнитном спектрометре ИТЭФ-ИФВЭ (SERP-E-045). Возможности системы позволяют проводить широкий спектр функциональных процедур первичной обработки снимков - от традиционных до процедур с геометрической реконструкцией и кинематическим анализом событий в линию с процессом измерения - без модификации МО мини-ЭВМ. Разработанная концепция абстрактного проектора позволяет включать в систему любое устройство, удовлетворяющее принятым соглашениям построения абстрактного проектора. Опыт разработки и реализации МО мини-ЭВМ и предложенная методика отладки проекторов могут быть использованы при создании типовых автоматизированных систем обработки снимков в других физических центрах страны (НИИЯФ МГУ, ИФ АН Азерб. ССР. ЕрФИ).

Апробация и публикации. Рассмотренные в диссертации вопросы обсуждались на семинарах ЛВТА ОИЯИ (г. Дубна), ФВМК МГУ (г. Москва), ИФВЭ (г. Серпухов). Основные результаты докладывались на Всесоюзных совещаниях по обработке физической информации в Ереване (1977 г.), по автоматизации научных исследований в Алма-Ате (1979 г.), Всесоюзном совещании "Диалог 78" в Пушкине (1978 г.) и опубликованы в работах /1-6/.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и библиографии, содержащей 68 наименований. Объем диссертации составляет 106 страниц текста, 8 рисунков и 3 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассматриваются функциональные характеристики, комплекс технических средств, а также основные принципы проектирования системы RTFAS /1/. В рамках подхода к RTFAS как к автоматизированной системе управления и обработки данных МО системы призвано решить задачу автоматизации на трех уровнях:

- измерительного процесса (административный уровень);
- измерительного прибора (технологический уровень);
- отдельных устройств проектора (локальное управление).

Роль МО мини-ЭВМ на каждом уровне автоматизации определяется местом мини-ЭВМ в системе и заключается в следующем:

- решение всех задач уровня локального управления, т.е. управление стандартными устройствами проектора (измерительная каретка, лентопротяжные механизмы, осветители, алфавитно-цифровой дисплей) и возможными дополнительными устройствами (например, графический дисплей, аппаратура объективного центрирования и т.п.);
- выполнение части задач технологического уровня: сбор данных с измерительных датчиков, обеспечение диалога с оператором, контроль его деятельности и взаимодействие с программами ЦЭВМ технологического и административного уровня.

Во второй главе развивается формальный подход к построению технологического уровня автоматизированной системы обработки снимков, обеспечивающий возможность выполнения типовых процедур единой программой, в противовес созданию разных программ /2/.

Задача первичной обработки как начального этапа обработки снимков заключается в реализации процесса перенесения информации, извлекаемой с пленки, в некую информационную структуру и в контроле получаемой информации. В достаточно общем виде выполнение процедур первичной обработки можно рассматривать как процесс взаимодействия оператора и уже накопленных данных под управлением некоторого программного процессора, реализующего доступ оператора к данным и контроль действий оператора на основе имеющихся данных.

Введем понятие конечной цели этого процесса, в качестве которой декларируем полноту и непротиворечивость пространственной картины обрабатываемого объекта. Для представления процедур первичной обработки в рамках единой схемы информационная структура должна содержать компоненту управления, на основе которой возможно формирование текущей цели процесса. Действительно, при таком подходе процесс первичной обработки измерительной информации можно рассматривать как последовательность состояний процессора, которые в рамках цели полностью определяются структурой имеющихся данных. Управление должно отражать вид объекта (из класса физических событий) и требуемый вид обработки.

Используемая в настоящее время структура данных, на которую ориентирован весь комплекс программ обработки, фактически унифицирована для всех этапов обработки и всех экспериментов, и поэтому указанную выше специфику необходимо вводить извне. Характерное для всех типовых процедур представление события в виде отдельных несвязанных вершин позволяет унифицировать цель процесса и свести логику работы программного процессора к контролю полноты и непротиворечивости информации на каждом уровне информационной структуры. После достижения полноты текущего уровня происходит переход к рассмотрению более высокого уровня, тем самым осуществляется обход дерева целей до тех пор, пока обработка объекта (как правило кадра) не будет завершена. Анализ отличий в логике работы процессора для различных типовых процедур показал возможность задания вида обработки одним достаточно простым параметром, названным активностью.

Во втором разделе главы показано, что каждая из традиционных процедур первичной обработки может быть задана в виде режима работы единого программного процессора некоторой комбинацией значений активности на всех уровнях рассматриваемой структуры данных (статусом процесса). Использование динамического переключения статуса процесса позволяет естественным образом реализовать процедуры, представимые произвольной комбинацией типовых процедур. Включение дополнительных семантических процедур, вызываемых при переходе с уровня на уровень, решает задачу автоматизации процесса измерений в целом ряде нестандартных процедур. В качестве примера в работе приведены значения статуса процесса и семантические процедуры при обработке эксперимента по исследованию образования каскадных Ξ^+ - и Ξ^- -гиперонов.

Однако ограничение цели и способа задания вида обработки с помощью активности, очевидно, приводит к неполноте класса объектов и процедур, которые могут обрабатываться в едином программном процессоре. Следовательно, приходится признать необходимость создания специфических программных процессоров, существенно зависящих от экспериментов. Поскольку создаваемое МО системы призвано поддерживать все виды работ на проекторах, возникает задача выделения компоненты программных процессоров, инвариантной к процедурам первичной обработки, и обеспечения взаимодействия с ней на наиболее высоком для этих процессоров уровне.

Предложенное в третьем разделе главы выделение сканера, в котором локализованы не только взаимодействие с аппаратурой проектора, но и диалог с оператором, является основой для введения концепции абстрактного (виртуального) проектора. Обмен информацией между сканером и интерпретатором (проблемно-ориентированной компонентой) осуществляется с помощью разработанного набора примитивов обмена. Для того, чтобы интерпретатор мог запрашивать данные на всех информационных уровнях, предлагаемая структура примитивов обмена отображает структуру обрабатываемых в методике пузырьковых камер объектов. В то же время она соответствует языку описания объектов, понятному физику-экспериментатору, что весьма существенно для реализации открытой для пользователя системы. Командные

примитивы обрабатываются сканером, реализующим диалоговый режим получения данных с помощью оператора. Результатом работы сканера являются синтаксически верные данные, передаваемые в виде информационных примитивов в интерпретатор.

Обеспечение требуемого времени реакции при синтаксическом контроле команд оператора достигается реализацией сканера в мини-ЭВМ. Интерпретатор, осуществляющий семантический анализ, формы которого могут быть весьма сложными (например, кинематический анализ событий в линию с процессом измерений), реализуется на мощной ЦЭВМ комплекса.

В последнем разделе главы приводится технологическая структура МО системы первичной обработки в соответствии с изложенными концепциями абстрактного проектора и интерпретатора.

Третья глава посвящена разработке принципов построения управляющей программы мини-ЭВМ^{/3/}. Создание достаточно сложной программы, работающей в реальном времени и удовлетворяющей требованиям гибкости, простоты в отладке и модернизации, значительно упрощается при использовании математической модели. Следует отметить, что задачи, решаемые мини-ЭВМ в комплексе, ориентированном на первичную обработку, близки задачам, решаемым в целом ряде других приложений. В связи с этим во втором разделе главы предлагается регулярный способ построения параметров примитивов обмена между мини-ЭВМ и ЦЭВМ. Выбор параметров основан на представлении процедуры измерения объекта как операции развертки, осуществляемой той или иной последовательностью работы виртуальных логических устройств ввода характеристик объекта по инициативе ЦЭВМ или оператора. В таком случае значения параметров примитивов обмена должны задавать модальность виртуальных устройств, определяющую отношение каждого устройства к запрашиваемому действию.

Предложенный конструктивный способ задания диаграмм переходов для виртуальных устройств, отражающий тройственное значение модальности, дает возможность представить модель управляющей программы в виде системы

конечных автоматов (СКА) с ограничением на входе. Начальным автоматом системы является автомат, принимающий командные примитивы, автоматами системы – виртуальные устройства измерения типичных объектов, обработки прерываний от оператора, логические устройства ввода характеристик объекта, устройства отображения информации. Автоматы СКА рассматриваются как распознающие устройства, имеющие свою собственную ленту ввода, на которой помещена цепочка из терминальных символов и символов явного вызова других автоматов.

Модель формализует два существенных момента в организации отработки запроса на измерение объекта: запуск устройства по инициативе ЦЭВМ или оператора и прерывание работы устройства по инициативе оператора (в том числе и прерывание, требующее обращения к ЦЭВМ, с возможностью возобновления работы прерванного устройства без повторения предыдущего запроса). Использование модели управляющей программы в виде СКА с ограничением на входе и связанное с этим четкое определение каждого состояния программы и множества допустимых символов позволяет выдачей оператору описания состояния СКА (контекста) достаточно просто обеспечить его ориентацию в текущей стадии обработки.

В последнем разделе главы рассматриваются вопросы программной реализации предложенной модели. Использование модели в виде СКА обеспечивает простоту модификации управляющей программы, поскольку зависимость от физических экспериментов, типов камер и проекторов задается в виде массива констант (таблиц переходов, ограничений на входе и т.п.), подгружаемого к универсальной программе. Все логические устройства ввода предлагается имитировать на алфавитно-цифровой клавиатуре дисплея с помощью программируемой функциональной клавиатуры^{/4/}.

В четвертой главе разрабатывается организация МО подсистемы локального управления устройствами проектора как внешними устройствами мини-ЭВМ^{/5, 6/}. Унифицированная электроника управления предоставляет программам мини-ЭВМ элементарный доступ к исполнительным механизмам и

датчикам устройств, реализация алгоритмов управления и замыкание функциональных связей между устройствами, состав и конструкция которых существенно зависят от типа проектора, осуществляются драйверами подсистемы.

Разработанная и реализованная подсистема локального управления обеспечивает: независимость программ технологического уровня от типа проектора; выполнение заданных алгоритмов управления нестандартными устройствами мини-ЭВМ, в частности, сервоприводами; работу драйверов в масштабе времени, диктуемом динамикой устройств; частичное и полное тестирование аппаратуры.

Корректное управление устройствами с жестким ритмом требует проверки условий мультиплексирования их драйверов. Приведенная в четвертом разделе главы оценка условий получена с учетом особенностей реальной аппаратуры и используемой системы реального времени RTS8. В обозначениях $T_{вyi}$ - минимальный интервал между двумя запросами к драйверу с i -го внешнего устройства; $r_{вyi}$ - максимально допустимый интервал между появлением запроса и его обслуживанием; t_{hi} - максимальное время работы модуля обработки прерывания; $t_{вх}$ - время входа в систему прерываний, $t_{зап}$ - время, необходимое для запуска драйвера; $t_{дрi}$ - максимальное чистое время, затрачиваемое на выполнение драйвера; полученная оценка условия мультиплексирования записывается в виде системы неравенств:

$$\sum_{i=1}^{\ell} a_{il} (t_{вх} + t_{hi} + t_{зап} + t_{дрi}) + \sum_{i=\ell+1}^N (t_{вх} + t_{hi} + t_{зап}) < r_{вyl},$$

где N - число одновременно работающих устройств, a_{ij} - коэффициент кратности обращений устройств относительно друг друга. Оценка используется для прогнозирования поведения системы при выборе интервалов прерываний с внешних устройств или при включении новых устройств.

В последнем разделе главы рассматриваются задачи диагностики и тестирования аппаратуры. Наиболее сложной задачей является создание комплексных тестов сервоприводов проектора, поскольку они призваны решить две

задачи: собственно тестирования и предоставление разработчику средств настройки алгоритмов управления, реализуемых в драйверах. Вторая задача возникает в связи с применением цифрового импульсного управления, методы оптимального синтеза которого в настоящее время не достаточно разработаны. Для исследования динамических характеристик и качества управления используется метод фазового пространства, расширенный на цифровые системы управления, в котором фазовым координатам соответствуют переменные состояния.

Инструментом исследования является специально разработанная управляющая программа мини-ЭВМ, диалоговые возможности которой позволяют проводить достаточно сложные тесты на выбираемых сервосистемах, с запоминанием переменных состояния через задаваемые пользователем (в единицах интервалов между прерываниями с устройства) промежутки времени. Вывод информации после каждого цикла тестирования может осуществляться либо в графической форме (на экран запоминающего дисплея), либо на печатающее устройство. Параметры графического представления (отображаемые зависимости, масштабы изображения и т.п.) определяются в диалоговом режиме. Анализируя цифровую и/или графическую информацию, разработчик получает возможность оценить динамику цифрового управления и качество переходных процессов (устойчивость, время процесса, точность и т.п.). Наличие в программе отладочных функций позволяет разработчику изменять алгоритмы и параметры управления (величину управляющих воздействий, способ их вычисления и т.п.). При отлаженном драйвере программа используется для обнаружения отклонения параметров сервосистем.

Диалоговый режим работы программы и удобное представление результатов существенно сокращают время создания драйверов сервоприводов для проекторов новых типов (либо адаптации драйверов при модернизации электроники или механики существующих проекторов) и упрощают настройку сервосистем на заданные параметры.

В пятой главе рассматриваются технологические вопросы подготовки, хранения и загрузки программ в мини-ЭВМ.

В заключении приведены результаты работы. Основным результатом является создание математического обеспечения мини-ЭВМ просмотрово-измерительного проектора в рамках автоматизированной системы обработки снимков RTFAS в ИФВЭ. Реализованный в системе уровень автоматизации измерительного процесса обеспечил проведение как типовых, так и новых процедур обработки и получение физических результатов в целом ряде различных экспериментов.

В процессе работы над математическим обеспечением мини-ЭВМ были получены следующие результаты:

1. Предложен формальный подход к представлению процедур первичной обработки снимков, что позволило создать единый программный процессор, параметрически настраиваемый на типовые процедуры, традиционно выполнявшиеся ранее отдельными, независимыми программами, и впервые в рамках единой схемы решить задачу автоматизации ряда нестандартных процедур, требуемых практикой физического эксперимента.

2. Сформулирован принцип декомпозиции программного процессора, основанный на рациональном распределении функций контроля входной информации по программам: проблемно-ориентированной, осуществляющей семантический контроль, и аппаратно-зависимой, в которой локализовано не только взаимодействие с аппаратурой проектора, но и диалог с оператором. Включение синтаксического контроля команд оператора в аппаратно-зависимую программу дает возможность реализовать взаимодействие с проектором в терминах обрабатываемых объектов, а не команд управления аппаратурой проектора.

3. Разработан интерфейс между проблемно-зависимыми и аппаратно-зависимой программами, предназначенный для организации нетиповых и/или новых процедур первичной обработки снимков на проекторах. Интерфейс основан на разработанном функционально полном для задач первичной обработки

наборе примитивов взаимодействия высокого уровня. Реализация аппаратно-зависимых функций в МО мини-ЭВМ унифицирует работу с разнотипными проекторами на уровне МО ЦЭВМ, что отвечает современному принципу создания виртуальных терминальных устройств.

4. Предложена математическая модель управляющей программы мини-ЭВМ в виде системы конечных автоматов с ограничением на входе, адекватно описывающая процесс взаимодействия с оператором и аппаратурой проектора при отработке запроса от программ обработки на ЦЭВМ. Автоматы системы реализуют функции виртуальных логических устройств ввода информации и устройств обработки типичных объектов измерения. Этим достигается простота разработки и модификации программы при изменении физических устройств или решаемых задач.

5. Проведен анализ задач управления аппаратурой проектора, на основе которого определена структурная схема драйверов функциональных устройств проектора и получена оценка условий реализуемости драйверов устройств с жестким ритмом.

6. Разработана методика наладки аппаратуры и проверки качества алгоритмов управления с помощью разработанного МО, использующего в тестах комплексной отладки для отображения динамических характеристик исследуемых процессов графический дисплей, что значительно упрощает процесс настройки аппаратуры и существенно сокращает сроки ввода в систему новых проекторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белокопытов Ю.А., Воробьев А.П., Гончаров В.А., Грицаенко И.А., Гуменюк С.А., Дикий В.М., Каминский Л.Г., Карпенко А.С., Клименко С.В., Кочин В.Н., Куркин Ю.Л., Курносенко А.И., Лонгинов В.Д., Луговский С.Б., Некипелова Г.Д., Перевозчиков В.М., Петровых Л.П., Петухов В.А., Попов А.В., Рыбаченко В.И., Самарин А.В., Соколов А.П., Фенюк А.Б., Шляпников П.В., Юрпалов В.Д., Ярба В.А. Автоматизированная система обработки снимков RTFAS. Общая характеристика системы. Препринт ИФВЭ 79-176, Серпухов, 1979.
2. Белокопытов Ю.А., Каминский Л.Г., Клименко С.В., Кочин В.Н., Соколов А.П., Юрпалов В.Д. Автоматизированная система обработки снимков RTFAS. Основные принципы первичной обработки. Препринт ИФВЭ 80-54, Серпухов, 1980.
3. Белокопытов Ю.А., Дикий В.М., Каминский Л.Г., Клименко С.В., Куркин Ю.Л., Кочин В.Н., Курносенко А.И., Лонгинов В.Д., Некипелова Г.Д., Соколов А.П., Юрпалов В.Д. Автоматизированная система обработки снимков RTFAS. Управляющая программа абстрактного проектора. Препринт ИФВЭ 81-184, Серпухов, 1982.
4. Гончаров В.А., Дикий В.М., Куркин Ю.Л., Лонгинов В.Д., Некипелова Г.Д., Юрпалов В.Д. Структура программного обеспечения просмотрно-измерительного проектора с малой ЭВМ и алфавитно-цифровым дисплеем. Материалы II Всесоюзного семинара по обработке физической информации, Ереван, 1978.
5. Гончаров В.А., Зотов А.Ю., Куркин Ю.Л., Лонгинов В.Д., Устинов Е.А., Юрпалов В.Д. "Организация модульной программируемой системы обработки снимков с больших пузырьковых камер". Сборник тезисов докладов II Всесоюзного совещания по автоматизации научных исследований, Алма-Ата, 1978, стр. 17.
6. Юрпалов В.Д. Автоматизированная система обработки снимков RTFAS. Программное обеспечение подсистемы локального управления. Препринт ИФВЭ 80-93, Серпухов, 1980.

Рукопись поступила в издательскую группу
1 марта 1982 года.