

И-231

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И
АВТОМАТИЗАЦИИ**

10 - 9761

ИВАНЧЕНКО

Зинаида Мироновна

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СИСТЕМЫ ОБМЕРА КАМЕРНЫХ СНИМКОВ
НА БАЗЕ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ, РАБОТАЮЩИХ
В РЕЖИМЕ МУЛЬТИДОСТУПА С ЭВМ ТИПА БЭСМ-4**

**Специальность 01.01.10 - математическое обеспечение
вычислительных комплексов и АСУ**

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

Дубна 1976

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

Научный руководитель:

член-корреспондент АН СССР, профессор Н.Н.ГОВОРУН

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор М.Р.ШУРА-БУРА,

доктор физико-математических наук И.М.ГРАМЕНИЦКИЙ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт физики высоких энергий (г. Серпухов).

Автореферат разослан " " 1976 г.

Защита диссертации состоится " " 1976 г. на заседании специализированного Ученого совета Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь совета
кандидат физико-математических наук

Гудышкина

Т.П.ПУЗЫНИНА

Одну из важнейших областей применения ЭВМ в физике высоких энергий представляет обработка^{/1/} информации с траекторных детекторов - пузырьковых, искровых и стримерных камер.

При проведении современного физического эксперимента с использованием траекторных детекторов получают сотни тысяч стереоснимков событий. Процесс обработки фотоматериала включает три основных этапа: просмотр и отбор зафиксированных на фотопленке событий; обмер отобранных событий; вычисление геометрических и кинематических характеристик треков, идентификация типов реакций и частиц, статистическая обработка.

Все возрастающий объем информации требует сокращения сроков обработки данных и уменьшения затрат ручного труда. Особенно актуальной является задача автоматизации первых двух этапов процесса обработки - просмотра и измерения, где затраты труда наиболее значительны. Практически во всех крупных физических центрах нашей страны и за рубежом в составе систем обработки функционируют автоматические и автоматизированные системы для измерения снимков. Наряду с ними созданы и системы^{/2-6, 21-23/} на базе полуавтоматических измерительных приборов. Группа приборов подключается к одной ЭВМ, которая управляет процессом измерения и осуществляет контроль за работой измерительной системы. Для обмера снимков со сложными событиями на пленках любого качества полуавтоматическая система является экономически более выгодной, а зачастую и единственно-возможной.

В основу диссертации положены исследования и разработки, конечный результат которых - создание математического обеспечения системы обмера камерных снимков на базе полуавтоматических измерительных приборов, работающих в режиме разделения времени на линии с ЭВМ типа БЭСМ-4.

Основное внимание в работе уделяется математическому обеспечению^{/4,7/} системы ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4, функционирующей в настоящее время и используемой для обмера снимков со всех траекторных детекторов ОИЯИ: однометровая жидководородная камера, СКМ-200, "Людмила", одно- и двухметровые пропановые камеры и др. Основными свойствами этой системы являются мультипрограммность, интерактивность, модульная структура, многоприоритетность, работа измерительных приборов в режиме мультимасштабности в реальном масштабе времени.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Задачами математического обеспечения являются:

- управление процессом обмера камерных снимков (управление работой оператора и работой электроники измерительных столов САМЕТ);
- сбор и сортировка на различных этапах результатов измерений;
- экспресс-анализ поступающей в ЭВМ информации с целью контроля за работой измерительной аппаратуры и оператора;
- проверка работы измерительной аппаратуры в специальном тестовом режиме;
- ведение диалога;
- паспортизация и накопление результатов измерений камерных снимков для последующей обработки;
- автоматизированный выпуск, размножение и корректировка документации по математическому обеспечению.

При решении этих задач были сформулированы и выполнены следующие требования к системе:

1. Высокая реактивность системы, позволяющая обслуживать поступающие требования в реальном ритме измерений без потери информации на линии между измерительными приборами и ЭВМ.

2. Универсальность и гибкость системы, обеспечивающие одновременную работу измерительных приборов в режиме обмера снимков на пленках различных физических экспериментов, а также обеспечивающие простое подключение для новых физических экспериментов новых блоков программ контроля и обработки без изменения центрального ядра системы.

3. Высокое качество измерений благодаря автоматическому контролю поступающей информации и работы измерительной аппаратуры, что сводит количество отказов на этапах дальнейшей обработки (геометрия - идентификация - статистический анализ) к минимуму.

4. Надежность работы и программная устойчивость. Алгоритмы системы продолжают функционировать при поступлении ложной информации и при наличии частичных отказов в работе измерительной аппаратуры и сбоев в работе ЭВМ.

5. Достаточно удобные средства и язык для взаимодействия человека с ЭВМ.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе классифицированы задачи и функции управляющей ЭВМ, которые predetermined назначением системы. Рассмотрены основные факторы, влияющие на степень сложности и методы решения указанных задач - масштабы и динамика экспериментальных исследований в физическом центре, ресурсы ЭВМ, информационно-логические возможности измерительной аппаратуры, средств сопряжения ЭВМ и измерительных приборов. Приведены примеры некоторых полуавтоматических измерительных систем, отмечаются их характерные особенности. Рассматриваются средства автоматизации программирования, используемые в этой системе и разработанные для нее.

Для обмера камерных снимков используются полуавтоматические установки ПУОС^{8/} и просмотрово-измерительные столы САМЕТ^{9/}, являющиеся прецизионными измерительными приборами. На ПУОСе такие операции, как установка нужного кадра, перемещение измерительного стола, центрирование перекрестия экрана на середине трека осуществляются вручную. Столы САМЕТ дополнены специальным блоком электроники, обеспечивающей под управлением ЭВМ автоматический подвод нужного кадра, включение проекции и перемещение измерительной метки в область измеряемой точки, оставив за оператором в процессе измерений только опознавание события на кадре и корректировку положения измерительной метки на реперных крестах и точках трека.

В качестве управляющей ЭВМ используется БЭСМ-4, дополненная /4, 10, 11/ каналом связи и схемой прерывания по внешним и внутренним причинам и с оперативной памятью 12К. БЭСМ-4 также оснащена накопителями на магнитной ленте типа БС-5012 Единой системы ЭВМ и счетчиком реального времени.

Использование ЭВМ класса БЭСМ-4 для решения приведенных выше задач в реальном масштабе времени почти однозначно определило язык для написания программ - автокод I:1^{12/}.

Важным компонентом средств автоматизации программирования является интерпретирующая система ИС-2^{13/}, дополненная блоком БЭСИ - запоминания стандартных программ, работа которых не закончена к моменту стирания при недостатке свободного места на рабочем поле ИС; программами редактирования библиотеки программных модулей и информационно-управляющих таблиц; блоком для обеспечения работы в режиме статической загрузки программных модулей.

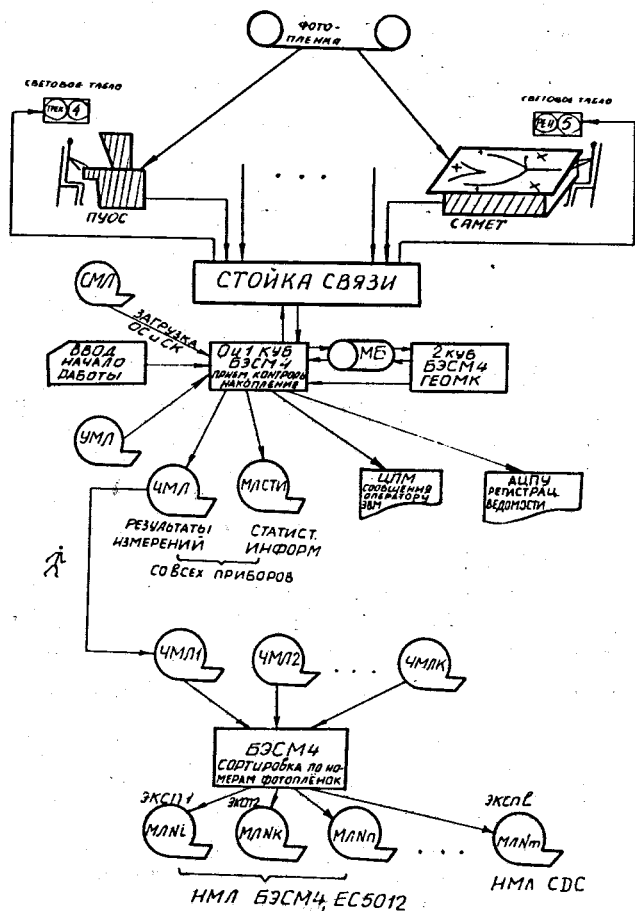


Рис. 1. Схема движения информации и структура системы ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4.

Во второй главе обсуждается общая структура и особенности математического обеспечения трех полуавтоматических измерительных систем^{/14-17,4/} на базе ЭВМ типа БЭСМ-4, созданных последовательно с 1967 по 1975 гг. для обмера камерных снимков.

Приводятся некоторые характеристики работы первых двух систем ПУОС-БЭСМ 3М и ПУОС-БЭСМ-4 и рассматривается структура, задачи, основные черты и динамика работы системы ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4.

В течение нескольких лет система ПУОС-БЭСМ-4^{/16/} находилась в производственной эксплуатации. Математическое обеспечение этой системы было рассчитано на работу 15 ПУОСов на линии с ЭВМ. При этом память ЭВМ (как оперативная, так и на магнитных барабанах) была использована полностью, а для работы системы использовалось $\approx 30\%$ времени центрального процессора. Основным достоинством математического обеспечения этой системы является гибкая и развитая система контроля^{/15/}, обеспечившая обработку результатов измерений для различных физических экспериментов и повышение производительности на одном ПУОСе не менее, чем в 1,8 раза.

При разработке и создании математического обеспечения системы ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4 (рис. 1), был учтен многолетний опыт эксплуатации прежней системы, а также новые требования, предъявляемые физическими экспериментами, и новые возможности, предоставляемые измерительной аппаратурой и вычислительной техникой^{/4,9,18,19/}.

Математическое обеспечение^{/7/} системы ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4 состоит из следующих трех основных компонентов: средства автоматизации программирования, специализированная операционная система (ОС) и система контроля (СК).

ОС обеспечивает одновременную работу 21 измерительного прибора, на которых измеряются снимки для различных физических экспериментов, и управляет вычислительным процессом ЭВМ. Основные функции ее сводятся к следующим:

- начальный (повторный) пуск системы;
- обработка прерываний и управление вычислительным процессом ЭВМ согласно дисциплине диспетчеризации с абсолютными приоритетами;
- управление в режиме диалога процессом измерений в соответствии с последовательностью этапов, требуемых каждым конкретным экспериментом. Для каждого эксперимента можно задать свою схему измерения;

- обмен с внешними запоминающими устройствами;
- ведение диалога с оператором ЭВМ;
- сбор, упорядочение всех результатов измерений;
- формирование и печать протокола работы каждого из измерительных приборов и всей системы в целом.

ОС представляет собой совокупность программных модулей, которые размещаются в оперативной памяти ЭВМ и на магнитных барабанах. Резидентная часть включает наиболее часто используемые программные модули.

СК, как и ОС, выполнена в виде набора управляющих и исполнительных модулей, которые в совокупности осуществляют:

- генерацию программы обработки каждого измеренного фрагмента события из программных модулей системной библиотеки;
- управление контролем;
- выполнение логических и математических проверок поступающей информации;
- контроль работы измерительной аппаратуры и отдельных структурных компонентов ЭВМ.

Особое место в программном комплексе занимают системная библиотека программных модулей, библиотека информационно-управляющих таблиц и массивы статусной информации. Рассматривается конструкция этих структурных единиц.

На каждом из измерительных приборов, работающих одновременно и независимо друг от друга, измеряются снимки, относящиеся к различным физическим экспериментам. С этой точки зрения полуавтоматы можно рассматривать как независимые терминальные устройства, иницирующие в ЭВМ работу нескольких различных задач. Следовательно, разделение времени и выполнение одновременно нескольких различных программ обработки является необходимым условием функционирования рассматриваемой системы.

В системе ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4 совокупность функциональных программ подразделяется на пять приоритетных уровней. Основные функции рассмотренных уровней следующие: выполнение инструкций дежурного оператора ЭВМ (первый приоритет); анализ и накопление поступающей информации, управление измерительным процессом, выполнение требований операторов измерительных приборов, контроль работы измерительной системы (второй приоритет); фильтрация результатов измерений с использованием пространственной реконструкции событий (третий приоритет); фоновая задача, например, редактирование биб-

лиотеки информационно-управляющих таблиц (четвертый приоритет).

Высшим приоритетом обладают так называемые программы обработки прерываний, которые могут прервать программы всех перечисленных выше приоритетов. Они осуществляют обмен информацией с измерительными приборами, программное автосопровождение по треку и реперным крестам. Такая организация прохождения программ имеет ряд достоинств, которые обсуждаются в этой главе.

Завершается глава рассмотрением динамики работы системы; выделены основные фазы функционирования и описано состояние системы в этих фазах.

Третья глава посвящена рассмотрению алгоритмов управления процессом измерения и описанию работы основных структурных компонентов операционной системы.

Различные информационно-логические возможности двух типов измерительных приборов, используемых в системе, определили два варианта решения задачи управления процессом измерения.

ЭВМ и оператор обмениваются сообщениями информационного и управляющего характера. Требование быстроты и удобства (наглядности и обзорности сообщений машины; естественность и эффективность представления информации, лаконизм и однозначность языка оператора) в общении человека с ЭВМ привели к необходимости передавать информацию в виде коротких слов или символов. Обсуждается структура языкового обеспечения диалога.

Управление процессом измерения на ПУОСах строится на диалоге оператор ПУОСа - ЭВМ в основном по принципу: требование ЭВМ - действие оператора в соответствии с этим требованием - подтверждение от ЭВМ о правильности (неправильности) действий оператора - новое требование. Каждый физический эксперимент может иметь свою схему измерений событий. Таким образом, с каждым из операторов, измеряющих одновременно информацию для различных физических экспериментов, ЭВМ общается по различным схемам диалогового режима. ЭВМ управляет работой оператора, а работу прибора только контролирует.

Проверяя качество измеренной информации, ЭВМ помогает оператору правильно измерить соответствующий фрагмент события, сообщая шифр допущенной им ошибки, т.е. создает обучающую среду для каждого из операторов.

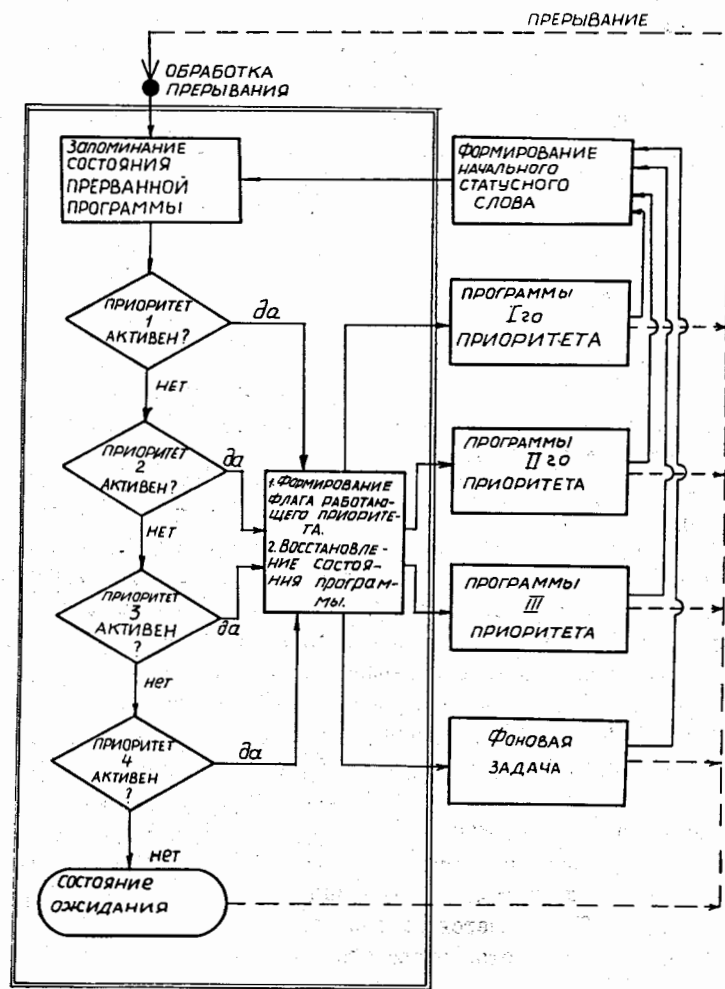


Рис. 2. Схема работы центрального диспетчера системы.

На столах САМЕТ большинство операций переложено на ЭВМ и электронику стола^{/9/}. Созданное математическое обеспечение осуществляет автоматический подбор нужного кадра и включение очередной проекции, автоматический сброс "в нуль" счетчиков X-Y - координат, программное сопровождение с высокой точностью по реперным крестам и треку, автоматический возврат в вершину трека и на контрольный реперный крест. О каждом этапе измерения, к которому переходит ЭВМ, оператор САМЕТА информируется посредством светового табло.

Таким образом, при измерениях на САМЕТАх на каждом этапе измерения ЭВМ не только контролирует, но и управляет работой прибора.

Далее обсуждаются структура и работа основных блоков операционной системы: программа пуска, диспетчерские программы, программы обработки прерываний, программы выдачи информации измерительным приборам и на печатающие устройства ЭВМ, программы обмена с внешними запоминающими устройствами (магнитные барабаны и ленты). На рис. 2 дана схема работы центрального диспетчера системы.

Высокое качество измерений в рассматриваемой системе достигается благодаря автоматическому контролю поступающей информации и работы измерительной аппаратуры. Обсуждению этих вопросов посвящена четвертая глава.

Рассматривается модульная структура и принципы построения системы контроля.

Созданный пакет программ ориентирует рассматриваемую измерительную систему на обзор снимков с различных траекторных детекторов. Управляющие модули этого пакета на каждом этапе для измеренного фрагмента события (реперы, трек, служебная информация и т.д.) согласно заданному в информационно-управляющей таблице вектору заданий генерируют программу обработки из исполнительных модулей и осуществляют управление контролем.

Исполнительные модули выполняют логические и математические проверки качества измерения информации, правильности работы измерительной аппаратуры. Указанная структура системы контроля позволила одновременно обрабатывать информацию для различных физических экспериментов (обычно, 8-12 экспериментов).

Рассматриваются основные тесты для анализа информации в плоскости кадра^{/15/}, назначение которых - установить факт ошиб-

ки и локализовать ее уже на раннем этапе, сразу после измерения какого-либо фрагмента события. Особое внимание уделяется программе ГБОМК^{20/} для фильтрации измерений с использованием геометрической реконструкции событий. Рассматривается схема и результаты исследования работы программы. Включение в систему программы ГБОМК позволило не менее, чем в 3 раза сократить перемеры, обусловленные следующими ошибками: трек выходит за пределы камеры, большой разброс реконструированных пространственных точек, перепутывание номеров треков, излом на измеренной части трека из-за акта ядерного взаимодействия, который не был замечен оператором.

В последнем разделе главы приводятся некоторые параметры созданной измерительной системы.

Заключение. Основным результатом диссертации является разработка и создание математического обеспечения полуавтоматической измерительной системы ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4, используемой в ОИЯИ для обмера снимков со всех траекторных детекторов и основанной на многолетнем опыте автора по созданию и эксплуатации первых вариантов полуавтоматических систем на базе ЭМ типа БЭСМ-4.

На различных этапах разработки и создания математического обеспечения были решены следующие задачи:

1). Создана специализированная операционная система, обеспечивающая одновременную работу 21 измерительного терминала в режиме мультидоступа с ЭМ БЭСМ-4, осуществляющая управление процессом измерения на приборах различных типов по различным схемам измерения и управление вычислительным процессом ЭМ согласно дисциплине диспетчеризации с абсолютными приоритетами.

2). Создан пакет программ, ориентирующий рассматриваемую систему на обмер снимков со всех трековых детекторов ОИЯИ. Управляющие модули этого пакета осуществляют генерацию программы обработки из исполнительных модулей для каждого измеренного фрагмента события и управления работой этой программы. Исполнительные модули осуществляют различные логические и математические проверки поступающей информации, контроль за работой измерительной аппаратуры.

3). Разработаны алгоритмы и создано математическое обеспечение для управления процессом измерения на столах САМЕТ в режиме

программного сопровождения, обеспечивающее автоматический подвод нужного кадра, включение измеряемой проекции, автоматический вывод измерительной метки в область измеряемой точки для программного сопровождения по реперным крестам и трекам.

4). Разработана и создана программа ГБОМК для фильтрации результатов измерений с использованием пространственной реконструкции следов частиц, которая по мощностным критериям практически совпадает с программами геометрической реконструкции, но требует значительно меньше вычислительных ресурсов.

5). Создано программное обеспечение для редактирования информационно-управляющих массивов и библиотеки программных модулей, которое в сочетании с модульным принципом построения математического обеспечения системы не только сокращает время создания программного обеспечения, но и позволяет легко расширять систему, изменять отдельные функциональные блоки, включать в систему новые физические эксперименты, не изменяя при этом основных структурных компонентов математического обеспечения системы.

Различные варианты математического обеспечения полуавтоматической измерительной системы, созданные в Дубне, переданы в другие физические центры страны (Институт ядерной физики КазССР, Тбилисский государственный университет, МИФИ), и там успешно эксплуатируются^{5,6/}.

Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в работах^{2-4,7,9,14-16,18-20/}, обсуждались на международном совещании по программированию и вычислительным методам решения физических задач (Дубна, 1967), на международном симпозиуме по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых камер (Дубна, 1971 г.) и на семинаре по вопросам автоматизации научного лабораторного эксперимента (Киев, 1975 г.).

Л и т е р а т у р а

1. Н.Н.Говорун. ОИЯИ, IO-4437, Дубна, 1969.
2. В.И.Бондаренко, Н.Н.Говорун, Н.Д.Дикусар, В.В.Ермолаев, З.М.Иванченко, В.Д.Инкин, Г.М.Кадьков, С.В.Кадькова, В.Н.Капустина, Ю.А.Каржавин, З.В.Льсенко, Р.В.Мальшев, В.И.Мороз, О.К.Нефедьев, В.И.Садовников, В.И.Семашко, В.Д.Степанов, Г.Н.Тентюкова, В.Б.Флягин, В.Н.Шигаев, А.А.Шуравин. ОИЯИ, IO-3426, Дубна, 1967.
3. Н.Н.Говорун, В.В.Ермолаев, З.М.Иванченко, Ц.И.Иоселиани, Р.В.Мальшев, Ю.А.Каржавин, В.Ф.Рубцов, В.Н.Семенов, В.Н.Шигаев, О.С.Шудра. Сообщения АН Груз.ССР, 63, №2, 1971.
4. А.Ф.Виноградов, Н.Н.Говорун, Г.Н.Елисеев, З.М.Иванченко, А.П.Кретов, В.И.Мороз, Н.А.Проценко, В.Н.Самойлов, В.Д.Степанов, Г.Н.Чернышева, Н.И.Чулков. ОИЯИ, IO-8783, Дубна, 1975. УСИМ, № 3, стр. 81-86, Киев, 1976.
5. М.А.Ташимов, Б.В.Лобанов. Алма-Ата, ИВК-12, 1974.
6. Амаглобели Н.С., и др. Сообщения АН СССР, 73, № 2, стр. 305-308, 1974.
7. Н.Н.Говорун, З.М.Иванченко. ОИЯИ, IO-9605, Дубна, 1976.
8. В.Я.Алмазов и др., ОИЯИ, I352, Дубна, 1963.
9. Н.П.Богачев, Н.Н.Говорун, С.Гривняк, Б.Егличка, З.М.Иванченко, В.И.Мороз, И.Моудри, Н.А.Проценко, Я.Седлак, В.И.Семенов, В.Д.Степанов, Я.Щастны. ОИЯИ, P10-8748, Дубна, 1975.
10. Б.Д.Городничев и др. ОИЯИ, IO-4753, Дубна, 1969.
11. Б.Д.Городничев и др. ОИЯИ, I3-5053, Дубна, 1970.
12. В.А.Загинайко, И.Н.Силин. ОИЯИ, Б1-11-4514, Дубна, 1968.
13. М.Р.Шура-Бура. Интерпретирующая система ИС-2 для М-20. Москва, ВЦ АН СССР, 1965.
14. З.М.Иванченко, Р.В.Мальшев, В.Н.Шигаев. ОИЯИ, IO-4879, Дубна, 1968.
15. З.М.Иванченко. ОИЯИ, IO-6141, Дубна, 1971.
16. В.В.Ермолаев, З.М.Иванченко, Е.С.Кузнецова, А.П.Кретов, Р.М.Лебедев, Р.В.Мальшев, Р.А.Позе, Н.А.Проценко, В.Ф.Рубцов, В.Д.Степанов, Г.Н.Чернышева. Труды международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1971.

17. В.В.Ермолаев и др. ОИЯИ, IO-5973, Дубна, 1971.
18. И.М.Василевский, Н.Н.Говорун, В.Г.Иванов, З.М.Иванченко. ОИЯИ, IO-6469, Дубна, 1972.
19. Н.Б.Безрукова, А.Ф.Виноградов, Г.Н.Елисеев, З.М.Иванченко, В.И.Первушов, В.Н.Самойлов, Г.П.Стук, С.А.Щелев, Н.И.Чулков. ОИЯИ, 9189, Дубна, 1975.
20. З.М.Иванченко, В.И.Мороз. ОИЯИ P10-9689, Дубна, 1976.
21. В.Н.Говорун, и др. ОИЯИ, Д10-6142, Дубна, 1971.
22. Н.С. Albrechet et al. UCRL, 18528, 1968.
23. M.F.C. Moore. CERN, DD/DA/68/13, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 мая 1976 года