

4845
B-573
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 5703

В. А. Владимиров

СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ
И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ЭВМ
МИНСК-2 И БЭСМ-4
В СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОМ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ

Специальность 260 - приборы
экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

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

Научный руководитель
доктор технических наук профессор

Г.И. Забиякин.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук профессор

А.П. Цитович,

кандидат технических наук

Б.З. Фефилов.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Физический институт АН СССР имени П.Н. Лебедева.

Автореферат разослан " " 1971 г.

Защита диссертации
состоится " " 1971 г.

на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной
техники и автоматизации.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

Ю.В. Катышев

10 - 5703

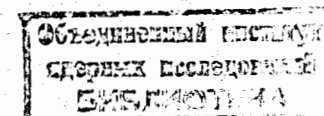
В.А. Владимиров

СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ
И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ
ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ЭВМ
МИНСК-2 И БЭСМ-4
В СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОМ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ

Специальность 260 - приборы
экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

7652 691



При решении исследовательских задач в ядерно-физических лабораториях все большее распространение получают универсальные электронные цифровые вычислительные машины. Применение ЭВМ на подготовительных этапах исследования, для накопления экспериментальной информации и окончательной обработки полученных материалов способствует значительному сокращению экспериментального цикла и повышению достоверности результатов исследований. Включение вычислительной машины непосредственно в спектрометрический тракт, сопровождающееся существенными, зачастую качественными, изменениями процессов регистрации, накопления и обработки данных, ведет к дальнейшему развитию методики эксперимента. Во многих случаях используется не одна, а несколько ЭВМ с функциональной специализацией отдельных машин в измерительном центре лаборатории. Лабораторная система ЭВМ одновременно может являться частью общего измерительно-вычислительного комплекса физического исследовательского центра.

Широкое внедрение средств вычислительной техники в экспериментальную практику предопределило актуальность задач поиска и разработки новых приемов оптимальной организации комплексов детекторной, регистрирующей и обрабатывающей аппаратуры спектрометрического измерительного центра /ИЦ/. Современное представление о роли вычислительной машины в составе ИЦ свидетельствует о том, что ЭВМ является основой автоматизации и оптимизации физических исследований. Накопленный опыт использования вычислительных машин в экспериментальных работах подтверждает перспективные возможности такой ориентации. Вместе с тем, неприспособленность большинства универсальных ЭВМ для задач сбора, регистрации и накопления данных, поступающих от физических установок, определила необходимость проведения непосредственно в физической лаборатории работ по совершенствованию и развитию ЭВМ, созданию программ организующих систем, а также

отработку методов использования вычислительных машин в составе измерительного центра конкретной лаборатории.

В реферируемой диссертации обобщаются результаты многолетней работы автора в области разработки средств автоматизации различных этапов спектрометрических экспериментов. Особое внимание уделяется вопросам разработки регистрирующих систем на основе ЭВМ, построению и применению систем предварительной обработки экспериментальной информации, а также вопросам использования вычислительных машин "Минск-2" и БЭСМ-4 в спектрометрических измерительных центрах.

Диссертация состоит из трех глав и приложения.

Глава I. Цифровые системы сбора, накопления и обработки спектрометрических данных

Развитие работ по комплексной автоматизации процессов в экспериментальных исследованиях показали целесообразность объединения устройств и отдельных блоков, автоматизирующих определенные этапы получения экспериментальных результатов, в спектрометрическую измерительную систему. Среди всего разнообразия таких систем, приспособленных к конкретным условиям лабораторий, преимущественное распространение получили измерительно-регистрационные центры на основе устройств с фиксированными программами работы и комбинированные измерительные центры, включающие специализированную аппаратуру и универсальные вычислительные машины. Систематизированные в этой главе материалы характеризуют построение и эволюцию технических средств лабораторных систем сбора, накопления и обработки спектрометрической информации.

Кратко рассмотрены особенности и основные направления в развитии техники измерительно-регистрационных центров. Показывается, что наряду с расширением функций анализаторов для выполнения отдельных математических операций и программ над спектрами, получили распространение системы, предусматривающие обмен данными по линиям связи между анализаторами и ЭВМ.

После установки вычислительной машины непосредственно в физической лаборатории создаются благоприятные условия для дальнейшего совершенствования измерительных систем. Анализ различных аспектов применения вычислительных машин в измерительных центрах составляет основное содержание главы. В обзорном материале последовательно рассматриваются методические, технические и связанные с ними программные вопросы использования ЭВМ в спектрометрических исследованиях.

На примерах известных работ обсуждаются методы реализации обмена информацией ЭВМ со специализированными системами накопления спектров и особенности работы вычислительной машины непосредственно в тракте регистрации спектрометрических данных. Показывается, что осуществление операций регистрации экспериментальных данных с использованием процессора основной ЭВМ измерительного центра становится возможным лишь на развитых вычислительных машинах. Совмещение таких режимов работы с приемом и обработкой массивов информации от анализаторов предъявляет повышенные требования к емкости оперативной памяти, быстродействию и операционной системе машины, что не всегда выполнимо для класса ЭВМ, устанавливаемых в ИЦ лаборатории. Это положение подтверждается зависимостями, полученными при оценке загрузки ЭВМ БЭСМ-4 операциями накопления данных, поступающих от анализаторов измерительного центра Лаборатории нейтронной физики /2,16/.

Анализируются вопросы организации на вычислительной машине ИЦ предварительной обработки и характеризуется целесообразность многомашинного построения систем математической обработки экспериментальных материалов.

В последующих разделах обзора рассматриваются особенности построения спектрометрических измерительно-вычислительных систем на основе ЭВМ среднего класса. Технические и программные решения вопросов взаимодействия ЭВМ с аппаратурой измерительного центра наталкиваются на значительные трудности в силу ограниченных возможностей перечисленных в работе типов вычислительных машин для использования их в комплексных системах. Это преимущественно относится к осуществлению непосредственного взаимодействия с экспериментальным оборудованием. Отсутствие стандартных каналов ввода-

вывода вынуждает физические лаборатории самостоятельно разрабатывать различные типы систем обмена информацией.

С первых шагов использования ЭВМ ощущается дефицит в рабочем объеме оперативной памяти. Помимо этого, структурное построение запоминающих устройств машины и организация их взаимодействия с процессором в обменных операциях оказывает значительное влияние на все процессы взаимодействия с внешними системами.

Особенно остро ощущается отсутствие в составе ЭВМ устройств графического и визуального представления информации в процессе ее обработки, ограниченность средств взаимодействия "человек - машина".

На конкретных примерах обсуждается и показывается актуальность решения перечисленных вопросов, рассматриваются основные направления работ по совершенствованию параметров применяемых ЭВМ.

Использование вычислительной машины измерительного центра параллельно в нескольких комплексных системах предусматривает возможность приостановки выполнения одной программы и преимущественного прохождения другой. В силу ряда ограничений в большинстве случаев не удается осуществить режим многоуровневого прерывания работы вычислительной машины. Как следствие, появляются ограничения на порядок взаимодействия ЭВМ с несколькими установками, по разному реагирующими на длительность ожидания обслуживания.

Применительно к рассматриваемому кругу вопросов анализируются структурная схема организации взаимодействия ЭВМ с устройствами измерительного центра, обсуждаются назначение системы организующих программ машины и вопросы взаимодействия отдельных элементов, входящих в структурную схему, при выполнении требований на обслуживание со стороны устройств ИЦ, приводятся примеры конкретного построения такого рода систем.

Вычислительная машина "Минск-2" нашла широкое применение в физических лабораториях для накопления и обработки экспериментальной информации. Применительно к задачам спектрометрических исследований в ОИЯИ, при непосредственном участии автора в течение 1965-1967 г.г., проводились работы по использованию ЭВМ "Минск-2" для регистрации и предварительной обработки экспериментальных данных.

Проведенные исследования показали, что непосредственное использование в процессе измерений возможностей данной ЭВМ по вводу и программному выполнению операций интегрального накопления событий ограничено вследствие сравнительно низкого суммарного быстродействия /0,4 - 0,5 мсек. на событие/. Поэтому основное внимание было направлено на разработку комплекса блоков и устройств, обеспечивающих повышение быстродействия ЭВМ при выполнении операций регистрации и представления накапливаемых данных на этапе измерений и в процессе предварительной обработки, а также на разработку специализированных устройств отбора и накопления экспериментальной информации /3/.

Общая направленность разработок характеризовалась стремлением осуществить временное совмещение работы нескольких устройств, подключенных к ЭВМ "Минск-2", разностороннее применение ряда функциональных блоков при компоновке и проведении различных исследований, что способствовало объединению всего комплекса разработанных систем регистрации и обработки экспериментальной информации в рамках спектрометрического измерительного центра на основе вычислительной машины /7/.

Увеличение скорости обменных операций, что соответственно уменьшает время регистрации события, было достигнуто введением в систему команд ЭВМ операции "быстрый цифровой ввод информации", рассчитанной на прием от внешнего устройства 37-разрядных параллельных кодов чисел с быстродействием около 30 тыс. событий в сек.

Осуществлен анализаторный режим работы вычислительной машины с циклом регистрации одного события 36 мксек. и накоплением спектра по 8 К / $K=1024$ / каналам. Для увеличения общего числа каналов регистрации введено разделение разрядной сетки числа машины на 2, 3 или 4 "этажа", что позволило увеличить количество каналов накапливаемого спектра до 32 К. Уменьшение емкости каналов регистрации до относительно небольшой величины /9-12 разрядов/ компенсируется переписью информации на магнитные ленты машины /5/. Непосредственно в процессе измерения обеспечивается вывод и индикация на экране осциллографа спектров, накапливаемых в оперативной памяти машины.

В работе подробно рассматриваются функциональные и принципиальные схемы этих блоков и устройств. Длительная эксплуатация ЭВМ в режиме анализатора показала целесообразность подобного построения регистрирующих систем.

Вопросы использования "Минск-2" как основы спектрометрического измерительного центра анализировались применительно к таким задачам, как работа на машине нескольких пользователей, что потребовало разработки и создания специального устройства согласования /4/. Это устройство выполняет коммутацию направлений обменных операций вычислительной машины с экспериментальными установками /общим числом до 7/, а также ряд логических функций при построении последовательности операций отбора и регистрации экспериментальных данных в памяти машины /3,13/.

Возможность достаточно гибкой синхронизации работы ЭВМ с внешним объектом через устройство согласования позволила осуществить ранее не применявшийся режим вывода накапливаемых данных без остановки процесса регистрации в многотрактовом регистрирующем МОЗУ /6/. Экспериментатор задает для вывода только начальные условия в виде номера группы и типа выводных операций.

Предварительная обработка экспериментальной информации в центре осуществляется с использованием осциллографа со световым карандашом и отдельных специализированных устройств. Созданное оборудование измерительного центра применяется в экспериментальных задачах с начала 1966 г.

Методика интегрального накопления экспериментальной информации в МОЗУ ЭВМ получила дальнейшее развитие при реализации двумерного анализатора с цифровыми "окнами" отбора /13/. Режим многомерного анализа на ЭВМ "Минск-2" создан за счет расширения функций отдельных операций режима анализатора. Последовательность операций отбора, регистрации и наблюдения экспериментальных данных задается специально выполненным блоком устройства согласования.

Разработанные с участием автора методы использования ЭВМ "Минск-2" в составе спектрометрического ИЦ были использованы при создании измерительного центра ОЯС и РХ Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Совершенствование структуры данного ИЦ, расширение числа используемых устройств проводится группой электроники отдела ОЯС и РХ ЛЯП /15/ с учетом конкретных условий физической лаборатории.

Глава III. Вопросы построения комплексных систем на основе ЭВМ БЭСМ-4 в спектрометрическом ИВЦ ЛНФ

Лабораторный измерительный центр ЛНФ /1/, сформировавшийся задолго до установки вычислительной машины, является функционирующим центром и рассчитан на различные методические приемы спектрометрических измерений. При внедрении средств вычислительной техники в системы этого центра ставилась задача сохранения максимальной преемственности. Развитие централизованных машинных систем регистрации, накопления и обработки спектрометрической информации должно сочетаться с совершенствованием методов автономного накопления экспериментальной информации.

Математическая обработка экспериментальной информации является одним из важнейших этапов в современных исследованиях /17/. Для успешного решения этой задачи предусматривалось развитие на основе ЭВМ ИВЦ ЛНФ технических и программных средств предварительной обработки данных, средств общения человека с машиной и осуществление пересылки накопленных экспериментальных материалов для обработки на центральных вычислительных машинах ОИЯИ.

Работы по развитию измерительного центра ЛНФ являются первой попыткой создания на основе ЭВМ БЭСМ-4 измерительно-вычислительного центра с расширенными возможностями.

В реферируемой работе рассматриваются требования, предъявляемые к основной вычислительной машине спектрометрического ИЦ и обосновывается возможность использования для накопления и обработки экспериментальной информации в измерительном центре ЛНФ универсальной ЭВМ типа БЭСМ-4^{12/}. При анализе этих вопросов использовался практический опыт, накопленный при работе с "Минск-2".

Развитие средств вычислительной техники в измерительном центре ЛНФ проводилось, начиная с 1967 г. Работы велись по нескольким методическим направлениям, которые кратко описываются в первой части.

Применительно к задачам измерительного центра в состав оборудования ЭВМ БЭСМ-4 дополнительно введены каналы приема-выдачи данных, расширена оперативная память, увеличено число блоков внешних запоминающих устройств, подключены дополнительные устройства вывода результатов обработки. Автор участвовал в разработке проекта развития средств вычислительной техники в ИЦ ЛНФ; под руководством и при непосредственном участии автора разработаны и созданы каналы данных к дополнительным блокам МОЗУ машины, проводились работы по развитию средств представления обрабатываемой информации и созданию устройств предварительной обработки экспериментальных данных, использующих в своей работе каналы данных МОЗУ БЭСМ-4^{8,10/}. Создание этих каналов позволило совместить во времени работу блоков дополнительных МОЗУ в системах регистрации и предварительной обработки спектрометрических данных с приемом информации от анализаторов ИЦ ЛНФ и математической обработкой накопленных материалов. Вмешательство ЭВМ в работу устройств, подключенных к шинам каналов данных, осуществляется по сигналам прерывания на этапах измерения режимов или условий выполняемых операций.

Во второй части главы приводятся основные характеристики каналов данных и рассматриваются режимы чтения, записи и поканальной сортировки экспериментальной информации. Канал данных состоит из ряда функциональных блоков, основные из которых имеют следующее назначение:

1. Блок управления временной диаграммой МОЗУ выполняет внутри 8-мксек. цикла памяти перестроение токовой диаграммы.

2. Порядок подключения процессора ЭВМ и внешних устройств определяется блоком приоритетности обслуживания этих устройств в каждом очередном цикле. Время ожидания процессором начала обслуживания не превышает 4 мксек.

3. Блок сигналов обмена формирует последовательность управляющих сигналов по одному из двух направлений, соответствующих внешним устройствам с различными приоритетами.

4. Специализированный блок операции поканальной сортировки при интегральном накоплении спектрометрической информации выполняет цикл регистрации экспериментального события за 8 мксек.

Во время работы по шинам канала данных предусмотрена возможность выдачи на внешние устройства командных сигналов, сопровождающихся специальным признаком. Режимы работы канала анализируются и поясняются с помощью временных диаграмм.

В последующих материалах описывается блок-схема системы обработки данных на основе ОСК с автономной регенерацией изображений, использующая в своей работе канал данных МОЗУ. Рассматриваются режимы работы осциллографа и взаимодействие всех устройств системы по сигналам светового карандаша. Показывается, что в определенном смысле такая система позволяет использовать БЭСМ-4 в режиме разделения времени.

Для накопления многомерной информации в измерительном центре ЛНФ широко применяются специализированные регистраторы на магнитных лентах. Обработка многомерной информации с магнитных лент на ЭВМ БЭСМ-4 осуществляется в автоматическом режиме с использованием специализированного устройства отбора^{14/}. Формирование и занесение команд в устройство отбора, поканальная сортировка отобранных данных и наблюдение за накапливаемыми материалами выполняются с использованием канала данных.

В заключительной части главы обсуждаются вопросы непосредственной регистрации экспериментальной информации на устройствах расширенного варианта машины БЭСМ-4^{9/}. Рассматриваются методы организации многоотраженных спектрометрических измерений с применением каналов приема-выдачи процессора и каналов данных МОЗУ ЭВМ. Приводится блок-схема многоотраженной регистрирующей системы на канале данных одного из МОЗУ. Описываются методы непосредственной ре-

гистрации многомерной информации, использующие МОЗУ БЭСМ-4 в буферном режиме и цифровые "окна" отбора, задаваемые от светового карандаша при разметке предварительно полученного спектра.

В приложение к диссертации вынесены некоторые примеры практического применения устройств, разработанных при непосредственном участии автора.

Ж Ж Ж

Основные результаты работ, вошедших в диссертацию, могут быть сформулированы в следующем виде:

1. Систематизирован материал, касающийся построения цифровой части спектрометрических систем сбора, накопления и обработки экспериментальной информации и применения ЭВМ типов "Минск-2" и БЭСМ-4 в таких системах. Сформулированы основные требования к параметрам ЭВМ и обсуждены особенности структуры взаимодействий однопрограммной вычислительной машины с аппаратурой измерительного центра.

2. Отмечается, что универсальная ЭВМ среднего класса после определенных доработок становится основой для создания эффективных систем регистрации экспериментальных данных и построения на основе ЭВМ спектрометрического измерительного центра с временным совмещением выполнения ряда характерных для спектрометрии задач регистрации и обработки данных.

3. Разработана, применительно к задачам регистрации экспериментальной информации на ЭВМ "Минск-2", и введена в состав команд машины операция "быстрый ввод цифровой информации"; осуществлен режим работы "Минск-2" как анализатора, регистрирующего поступающую информацию по 32 К каналам с циклом накопления 36 мксек. Введен режим наблюдения за накоплением данных на экране осциллографа непосредственно в режиме измерения.

4. Создано устройство согласования для подключения внешних систем к ЭВМ в измерительном центре на основе "Минск-2". Осуществлен вывод накапливаемой информации из многотрактовой регистрирующей системы без остановки процессов регистрации. Выполнены работы, обеспечившие применение в измерительном центре ряда специализированных устройств предварительной обработки.

5. С использованием режима анализатора на ЭВМ "Минск-2" введен режим, позволяющий использовать машину как быстродействующий двумерный анализатор с возможностью предварительного отбора информации методом цифровых "окон". Измерительный центр на основе "Минск-2" послужил базой для развития систем регистрации и предварительной обработки экспериментальной информации в отделе ОЯС и РХ ЛЯП ОИЯИ.

6. Сформулированы требования к параметрам ЭВМ для работы в составе спектрометрического измерительного центра. Рассмотрены основные методические направления использования ЭВМ в измерительном центре ЛНФ, предусматривающие развитие централизованных систем регистрации, разработку эффективных систем предварительной обработки экспериментальных данных и осуществление обмена информацией с большими вычислительными машинами ОИЯИ.

7. Выполнен ряд работ по совершенствованию ЭВМ БЭСМ-4 применительно к задачам спектрометрического измерительного центра ЛНФ. Созданы каналы данных для непосредственного обмена информацией МОЗУ ЭВМ с устройствами регистрации и предварительной обработки данных, минуя процессор БЭСМ-4. Каналы данных применялись при обработке информации с многомерного анализатора на магнитной ленте ИЦ ЛНФ и в системе предварительной обработки экспериментальных данных, использующей осциллограф со световым карандашом и автономной регенерацией изображения.

8. Сформулированы общие рекомендации по построению многомерных и многотрактовых систем непосредственной регистрации спектрометрической информации на основе вычислительной машины измерительного центра, снабженной каналами прямого доступа в оперативную память.

Проведенные исследования и разработанные устройства нашли практическое применение в экспериментальных работах, ведущихся в ЛНФ и отделе ОЯС и РХ ЛЯП ОИЯИ. Примеры практического использования разработанных устройств приведены в приложении.

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на У I и У II всесоюзных конференциях по ядерной радиоэлектронике в Москве /1965 и 1967 г.г./, на международных симпозиумах в Праге /1966 г./ и Варне /1969 г./ и опубликованы в работах /I - II/.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.И.Барановский, В.А. Владимиров, Г.П. Жуков, Б.Е. Журавлев, Г.И. Забиякин, В.Н. Замрий, Г.Н. Зимин, Н.И. Лузанов, В.И.Приходько, В.Г.Тишин, В.Д.Шибяев.
Материалы IV Симпозиума по радиоэлектронике. Изд. ИЯИ АН ЧССР, Прага, 1967, стр.33.
2. В.А.Владимиров, Ф.Дуда, В.Н.Замрий.
ПТЭ, № 2, стр. 83 /1968/.
3. В.А.Владимиров, Ф.Дуда, Г.И.Забиякин, Э.В.Лысенко.
ПТЭ, №5, стр. 85 /1968/.
4. В.А.Владимиров, Ф.Дуда, Э.Зайдлер, В.И.Приходько, В.И.Талов, В.И.Фоминных, М.И.Фоминных, В.М.Цупко-Ситников.
Сообщение ОИЯИ, IO-4630, Дубна, 1969.
5. В.А.Владимиров, Ф.Дуда, Э.В.Лысенко.
Препринт ОИЯИ, II-3620, Дубна, 1967.
6. А.И.Барановский, В.А.Владимиров, Б.Е.Журавлев, Г.И.Забиякин, Э.В.Лысенко.
Материалы IV Симпозиума по радиоэлектронике. Изд. ИЯИ АН ЧССР, Прага, 1967, стр. 169.
7. А.И.Барановский, В.А.Владимиров, Ф.Дуда, Б.Е.Журавлев, Г.И.Забиякин, Э.В.Лысенко, В.И.Приходько, В.Г.Тишин, А.Томик, В.Р.Трубников, В.Д.Шибяев.
Препринт ОИЯИ, IO-3406, Дубна, 1967.
8. В.А.Владимиров, Б.Е.Журавлев, Г.И.Забиякин, Л.С.Исфедьева, В.Н.Поляков, В.Н.Садовников, В.И.Семашко, В.Р.Трубников, В.А.Цитильский, В.И.Чивкин.
Препринт ОИЯИ, BI-IO-4680, Дубна, 1969.
9. В.А.Владимиров.
Сообщение ОИЯИ, IO-5255, Дубна, 1970.

10. В.А.Владимиров, И.Томик, В.Р.Трубников.
Препринт ОИЯИ, BI-II-5593, Дубна, 1971.
11. А.И.Ахмаджанов, В.А.Владимиров, И.Звольски, Э.Малек, И.Молнар, В.И.Фоминных, В.М.Цупко-Ситников.
Программа и тезисы докладов XIX ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Изд. "Наука", Ленинградское отд., 1969, ч.1, стр. 135.
12. В.В.Александров и др.
Материалы IV Симпозиума по радиоэлектронике. Изд. ИЯИ АН ЧССР, Прага, 1967, стр. 1.
13. В.С.Александров и др.
Препринт ОИЯИ, I3-4273, Дубна, 1969.
14. Ф.Дуда и др.
Препринт ОИЯИ, IO-3780, Дубна, 1968.
15. Г.И.Забиякин, В.М.Цупко-Ситников.
Материалы Семинара по ядерной электронике. Изд. ОИЯИ, I3-4720, Дубна, 1969.
16. В.А.Вагов и др.
Сообщение ОИЯИ, IO-5370, Дубна, 1970.
17. Н.Н.Воробьева и др.
В сб. "Материалы совещания по программированию и вычислительным методам решения физических задач", II-4655, Дубна, 1969.
18. Е.Д.Городничев и др. Сообщение ОИЯИ, IO-4870, Дубна, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 марта 1971 года.