

925216

К-891

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ**

10 - 9511

**КУЗНЕЦОВ
Владимир Николаевич**

**ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ БЭСМ-4
В РЕЖИМЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ СВЯЗИ**

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

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

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1976

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

Научные руководители:

член-корреспондент АН СССР,
доктор физико-математических наук

Н.Н.ГОВОРУН

кандидат физико-математических наук

И.М.ИВАНЧЕНКО

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

Б.М.ГОЛОВИН

кандидат физико-математических наук

А.Н.ТОМИЛИН

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт теоретической и экспериментальной
физики (г.Москва)

Автореферат разослан " ____ " _____ 197 г.

Защита диссертации состоится " ____ " _____ 197 года
в _____ часов на заседании 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

Т.П.ПУЗЫНИНА

" ____ " _____ 197 г.

10 - 9511

КУЗНЕЦОВ
Владимир Николаевич

**ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ БЭСМ-4
В РЕЖИМЕ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ СВЯЗИ**

Специальность - 01.01.10 математическое обеспечение
вычислительных комплексов и АСУ

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Объединенный институт
физических исследований
Библиотека

Применение электронных вычислительных машин (ЭВМ) в режиме непосредственной связи (на линии) с экспериментальными установками явилось поворотным пунктом в процессе автоматизации физического эксперимента. Проблема автоматизации экспериментальных исследований в области физики высоких энергий стоит особенно остро ввиду сложности, многорежимности и многокомпонентности экспериментальных комплексов и, во-вторых, из-за большого объема регистрируемых данных. Первые эксперименты на линии с ЭВМ, в состав оборудования которых входили бесфильмовые координатные детекторы, были проведены в середине 60-х годов^{1,2,3/}. Возможность передачи экспериментальных данных непосредственно в память ЭВМ и связанное с этим значительное сокращение разрыва между измерениями и получением физических результатов, возможность наблюдать процесс развития эксперимента и управлять им в реальном масштабе времени привели к развитию и широкому внедрению в практику методики проведения экспериментов на линии с ЭВМ.

Развитие данной методики основано на бурном прогрессе технической базы — детектирующей и регистрирующей аппаратуры, быстрой электроники, средств связи с ЭВМ. Совершенствование средств проведения эксперимента позволяет исследовать все более сложные типы взаимодействий.

ЭВМ в экспериментах осуществляет сбор и обработку данных и является организующим элементом всего экспериментального комплекса. Создание математического обеспечения для уникальных комплексов, каковыми являются экспериментальные установки для исследований в области физики высоких энергий, представляет собой самостоятельную проблему. Эффективное решение таких задач, как контроль работы оборудования, управление, реализация диалогового режима при ограниченных ресурсах используемой ЭВМ требует специальных исследований и разработок с целью учета особенностей изучаемых физических процессов и состава оборудования конкретной установки.

Метод траекторных измерений — один из основных приемов в экспериментах физики высоких энергий. Связанная с этим проблема автоматического распознавания траекторий (треков) является одной из наиболее сложных задач обработки экспериментальной информации. В настоящее время мы имеем дело как с возросшим количеством регистрируемых событий, так, и что самое существенное, с усложнением типа событий: увеличение фоновой загрузки и переход от изучения одотрековых событий к многотрековым. Это предопределило разработку алгоритмов и создание соответствующих программ автоматического распознавания, которые должны удовлетворять таким, в известной степени противоречивым условиям, как высокая скорость выполнения и высокая эффективность распознавания при минимальном объеме требуемой оперативной памяти.

Появление новых задач, решаемых за счет программных средств, связано с внедрением системы КАМАК^{4/}, предложенной в 1969 году как основы для создания программно-управляемых цифровых модулей электроники, выполненных на интегральных схемах. В связи с этим расширились и усложнились функции программного обеспечения при решении задач сбора данных, управления и контроля работы экспериментальных комплексов.

Последовательная реализация модульного принципа в разработках ядерно-физической аппаратуры позволяет, с одной стороны, в короткие сроки создавать новые установки и, с другой, — оперативно изменять схему и состав оборудования работающих установок. Учет этих условий определяет необходимость создания специальной библиотеки универсальных алгоритмов для наиболее характерных задач класса экспериментов с целью ускорения разработки программного обеспечения новых установок. В структуру программного обеспечения должны закладываться возможности быстрой его настройки для учета изменений внутри установки.

Процесс проведения эксперимента можно разделить на несколько этапов: проектирование эксперимента; разработка, наладка и определение характеристик оборудования установки; проведение измерений и накопление данных; обработка информации и получение физических результатов.

На этапе проектирования эксперимента ЭВМ используется для определения схемы и оптимальной конструкции установки, для определения требований к точностным характеристикам оборудования, обеспечивающим необходимую точность конечных результатов. С помощью ЭВМ моделируют физические условия и процессы эксперимента. Результаты моделирования используются, в частности, для выбора и отладки алгоритмов обработки данных.

Значительная часть оборудования изготавливается для каждого эксперимента по индивидуальным проектам. Исследование рабочих характеристик, выбор оптимальных значений параметров отдельных элементов установки, функциональных узлов и всего комплекса оборудования — один из наиболее трудоемких этапов эксперимента. Использование ЭВМ на этом этапе позволяет автоматизировать процесс исследования оборудования и наладки установки, провести его более полно и с лучшим качеством.

Сбор и накопление экспериментальной информации — основная задача ЭВМ на этапе измерений. Любые работы, проводимые машиной в процессе измерений, не должны снижать производительности экспериментального оборудования. Вторая, и не менее важная, задача заключается в постоянном контроле (технический контроль) всех звеньев установки, непрерывно работающей в течение часов и даже суток. Эффективность этапа измерений, особенно в экспериментах поискового характера, зависит от того, насколько полна схема обработки событий, реализуемая в реальном времени, и какая доля событий обрабатывается по этой схеме (физический контроль). Развитие методики и, в частности, внедрение программно-управляемых модулей электроники позволило передать некоторые функции управления экспериментальным оборудованием вычислительной машине. В измерительно-вычислительном комплексе экспериментатор является активным звеном в системе управления экспериментом. Этот фактор определяет задачу обеспечения диалога экспериментатора с ЭВМ.

Решение совокупности перечисленных задач на этапе измерений обуславливает создание специальных мультипрограммных систем обеспечения эксперимента.

Главная цель работ, положенных в основу диссертации, — создание программного обеспечения экспериментов, проводимых на протонном синхротроне ИФВЭ (г.Серпухов) с применением установки НОРА, а также комплексов программ для наладки установки АЛЬФА и системы бесфильмовых искровых камер спектрометра МИС ОИЯИ. В процессе работы значительное внимание уделено общей организации комплексов программ; решению задачи автоматического распознавания треков; созданию КАМАК-ориентированных компонентов программного обеспечения; разработке программ, реализующих вывод информации без снижения реактивности системы при обслуживании запросов физического оборудования.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения.

В первой главе приводятся необходимые (с точки зрения создания программного обеспечения) сведения о составе оборудования физических установок. Описаны устройства и приведены характеристики трех основных типов бесфильмовых координатных детекторов: искровых, многопроволочных пропорциональных и дрейфовых камер. Приведены краткие сведения об интенсивно развивающемся стандарте КАМАК/4/.

На линии с рассматриваемыми установками работала ЭВМ типа БЭСМ-4/5/ с расширенной оперативной памятью, оснащенная каналом связи МКС-I и схемой прерывания/6/. В состав внешних запоминающих устройств ЭВМ включены накопители на магнитной ленте (НМЛ) ЕС-5012 и СДС-608, совместимые с НМЛ мощных ЭВМ ОИЯИ — СДС-1604А, БЭСМ-6, СДС-6400. В качестве языка программирования используется покомандный автокод АССЕМБЛЕР/7/. Важным компонентом используемого математического обеспечения ЭВМ является интерпретирующая система ИС-2/8/, дополненная сервисными системными программами/9/.

Устройство сопряжения с установками МИС и НОРА/10/ обеспечивает одновременную передачу информации от двух независимых источников (крейт КАМАК и устройство считывания информации с искровых камер). Для связи с установкой АЛЬФА было разработано устройство сопряжения БЭСМ-4-КАМАК/11/. Подробно описана схема организации обмена посредством данного устройства.

В экспериментах, проводимых на ускорителях элементарных частиц, поток информации обычно имеет циклический импульсный характер: в промежутке времени Δt в случайные моменты регистрируются события, затем следует пауза. Соотношение Δt и паузы $\sim 1:10$. Скорость набора экспериментальных данных в процессе измерений определяет эффективность использования оборудования. Современные

установки могут работать с частотой до 10^5 Гц. В этих условиях время переключения машины на прием и время приема информации является одной из важнейших характеристик ЭВМ, определяющей производительность установки.

В конце главы описаны алгоритмы сбора данных от активных внешних объектов.

Во второй главе рассматриваются назначение, состав и структура основных частей программного обеспечения; методы автоматизаций, используемые при его разработке. Описаны задачи, решаемые с помощью ЭВМ на этапе изготовления и настройки оборудования. Приведены алгоритмы определения характеристик различных детекторов.

Основными характеристиками бесфильмовых камер являются эффективность и координатная точность. Эффективность камеры определяется отношением числа зарегистрированных в ней точек, принадлежащих трекам, к общему числу опознанных треков. Найденный трек используется для определения эффективности камеры лишь в том случае, если он мог быть опознан без привлечения информации с данной камеры /12,22/.

Пусть N - число камер в установке, N_{min} - минимальное число точек, определяющих трек, и компоненты вектора d определяются:

$$d_i = \begin{cases} 1, & \text{если в } i\text{-камере есть точка на треке;} \\ 0 & \text{- в противном случае;} \end{cases}$$

$$i = 1, 2, \dots, N.$$

За оценку эффективности i -камеры на выборке из M треков принимаем:

$$E_i = \frac{\sum_{k=1}^M \delta_{ik}}{\sum_{k=1}^M \Delta_{ik}},$$

δ_{ik} и Δ_{ik} определяются:

$$\text{а) если } \sum_{i=1}^N d_i > N_{min}, \text{ то } \delta_{ik} = d_i, \Delta_{ik} = 1;$$

$$\text{б) если } \sum_{i=1}^N d_i = N_{min}, \text{ то } \delta_{ik} = 0, \Delta_{ik} = (i + d_i) \bmod 2.$$

Приведены описания двух методов определения точности камер.

В процессе измерений информация накапливается на магнитной ленте. Для последующей обработки удобно всю информацию, накопленную за законченный этап измерений, оформить в виде единой логической записи и снабдить идентифицирующей информацией. Приводится формат записей и описание пакета подпрограмм работы с магнитной лентой. Контроль работы аппаратуры в реальном масштабе времени основан на статистическом анализе регистрируемой информации. Рассмотрены программно-контролируемые параметры различных элементов установки. Для бесфильмовых камер используется два уровня контроля - координатный и траекторный. Удобным средством визуального контроля работы всего оборудования является вывод геометрического изображения регистрируемых событий с указанием элементов системы избирательного запуска и разметкой опознанных треков. В описанных стандартных программах использована возможность программного анализа занятости АЦПУ и буферизованный вывод, что позволяет производить вывод данных параллельно с работой центрального процессора /13/. Структура и состав оборудования установки задаются декларативными таблицами.

В условиях, когда экспериментатор удален от ЭВМ на значительное расстояние, задача организации его диалога с машиной представляет особый интерес. Трудности реализации диалога связаны с

небольшой мощностью ЭВМ, выделением единственного (в нашем случае) канала связи на все время диалога при вспомогательном характере задачи, выделением дополнительной памяти, организацией автоматического отключения терминала в случае каких-либо неисправностей в нем. В § 4 второй главы описано программное обеспечение алфавитно-цифрового дисплея "ВИДЕОТОН-340". Предложен способ формирования библиотеки постоянных частей изображений и пакет стандартных программ редактирования библиотеки и вывода информации в различных форматах^{/14/}.

В заключение второй главы приводится состав библиотеки стандартных программ для класса экспериментов.

В третьей главе рассматривается состояние проблемы распознавания траекторий частиц (треков) и, в основном, прямолинейных треков на плоскости. Приведен обзор методов и алгоритмов распознавания треков. Существующие методы, при использовании их для целей экспресс-обработки в режиме работы на линии с установками, имеют ряд недостатков: медленная скорость распознавания, большой требуемый объем оперативной памяти, невысокая эффективность в условиях больших фоновых загрузок камер. При разработке алгоритма ЛИНТР существенно учитывались такие особенности событий, регистрируемых бесфильмовыми координатными детекторами, как малое количество точек на треке (каждая точка регистрируется отдельной камерой), значительные расстояния между точками трека (большие расстояния между камерами), прямолинейность распознаваемых траекторий.

Основные особенности ЛИНТРа заключаются в следующем:

- повышение эффективности распознавания за счет последовательного применения интерполяции при отыскании точек, определяющих трек;

- уменьшение времени выполнения алгоритма путем учета "истории" направленного перебора;

- общая оптимизация процесса распознавания с учетом разнообразной априорной информации, передаваемой через аппарат фактических параметров. Приведены временные характеристики работы ЛИНТРа, оценки эффективности распознавания, времена распознавания контрольного события различными алгоритмами^{/15/}. В последние годы разработаны быстрые аппаратные процессоры распознавания. Описан ряд таких процессоров и реализуемые ими методы распознавания.

В четвертой главе описаны состав аппаратуры установок МИС ОИЯИ и АЛЬФА, а также системы программного обеспечения, использованные на этапах настройки их оборудования.

Пятиметровый магнитный искровой спектрометр МИС ОИЯИ является универсальной установкой, предназначенной для исследования взаимодействий частиц высокой энергии. Характерная особенность установки заключается в том, что здесь одновременно применяются два метода регистрации траекторий частиц. Для регистрации результатов взаимодействия пучковых частиц с веществом мишени применяется фильмный съем информации, а для определения характеристик пучковых частиц - бесфильмовый.

Работа проводилась на ускорителе ИФВЭ (Серпухов) на линии с ЭВМ БЭСМ-4. Основное внимание было уделено исследованию системы бесфильмовых камер и регистрирующей электроники, а также отработке логики взаимодействия всех звеньев измерительно-вычислительного комплекса.

Программа ПРИЗМА обеспечивает прием, накопление на магнитной ленте и экспресс-обработку информации^{/12/}. Программа имеет двухприоритетную структуру. Обработка информации производится с разрешенным прерыванием. В промежутке между сбросами пучка обрабаты-

вается информация, полученная в последнем сбросе. Одно событие, обработка которого была прервана очередным сбросом, дообрабатывается после него. Обработка данных включает форматный контроль информации, опознавание треков, координатный и трековый контроль работы системы камер, вывод геометрического изображения событий на АЦПУ. Последующая, более полная обработка, производилась с помощью офф-лайн программы ПРОМИС. Иницирующие части программы ПРИЗМА и ПРОМИС, организующие перезагрузку их с магнитного барабана в оперативную память, согласованы, и переход от работы одной программы к другой производится переключением клавиши на пульте управления ЭВМ.

Установка АЛЬФА предназначена для исследования рассеяния адронов в широком диапазоне переданных импульсов. Устройство сопряжения и быстрая электроника выполнены в стандарте КАМАК. Основными детекторами установки для траекторных измерений являются пропорциональные камеры.

Цель работы заключалась в отработке методики использования ЭВМ БЭСМ-4 на линии с аппаратурой КАМАК, разработке алгоритмов проверки различных звеньев установки, выборе совокупности контролируемых параметров при настройке пропорциональных камер, автоматизации процесса получения оптимальных значений параметров пропорциональных камер, разработке алгоритмов программного управления цифровыми модулями^{/16/}.

Система программного обеспечения состоит из ряда отдельных программ. Программа ТЕСТ-КАНАЛ позволяет оперативно проверить работу устройства сопряжения и различных модулей КАМАК.

Программа АЛЬФА-СТЕНД реализует прием, накопление и экспресс-обработку информации с одной пропорциональной камеры при работе ее на пучке или от β -источника. Варьируя значениями параметров,

влияющих на эффективность камеры, посредством программно-управляемых модулей КАМАК, программа обеспечивает автоматическое получение зависимостей эффективности камеры от этих параметров.

Программа АЛЬФА-СН производит прием, накопление и координатную обработку информации от системы из нескольких пропорциональных камер. Вывод результатов работы программ АЛЬФА-СТЕНД и АЛЬФА-СН производится на АЦПУ и в измерительный центр.

Программа трековой обработки АЛЬФА-ТРЕК используется для определения точностей и эффективностей пропорциональных камер.

Структура установки (число камер, число проволок в них, состав и порядок расположения модулей электроники в крейте КАМАК) для программ АЛЬФА-СТЕНД, АЛЬФА-СН и АЛЬФА-ТРЕК задаются в виде декларативных таблиц.

В этой главе обсуждаются методы обеспечения универсальности и гибкости комплекса программ как средства учета многорежимности установки и вариаций условий проведения эксперимента.

В пятой главе рассматривается математическое обеспечение цикла экспериментов по поиску новых метастабильных частиц (НОРА), проведенного совместно сотрудниками ОИЯИ и НИИЯФ МГУ на ускорителе ИФВЭ (Серпухов). Характерные особенности этой работы заключаются, во-первых, в нетрадиционном для экспериментов на циклических ускорителях потоке данных. В рассматриваемом цикле экспериментов регистрация событий производится в течение всего цикла ускорителя. При этом вне ЭВМ нет буферной памяти достаточной емкости для выравнивания потока входных данных^{/17/}.

Второй характерной особенностью рассматриваемого цикла экспериментов является поисковый характер, предопределивший необходимость полной обработки событий в реальном масштабе времени.

Указанные особенности были учтены при создании ядра специальной операционной системы-диспетчера /I7-I8/, а также комплекса программ сбора и накопления данных на магнитной ленте; обработки, включающей автоматическое распознавание событий в условиях большой фоновой загрузки; вывода результатов.

Совокупность программ, работающих под управлением диспетчера, разделена на четыре приоритетных уровня. Уровни с меньшими номерами имеют более высокий приоритет. Выполнение программ какого-либо уровня прерывается, если появляется работа для программ более высокого приоритета (дисциплина диспетчеризации с абсолютными приоритетами). Высший - нулевой приоритет имеет подпрограмма приема; первый приоритет - форматный контроль информации и запись на магнитную ленту; второй приоритет - обработка событий; в отдельный - 3 приоритет вынесены программы вывода информации на печать. Третий приоритет разделен на два внутренних. К первому относится печать информации о событиях, удовлетворивших программным критериям отбора (в оперативной памяти выделен буфер для трех событий). Ко второму - диагностические сообщения о критическом состоянии программно-контролируемых параметров и вывод вспомогательной информации по требованию оператора.

Выбранная функциональная схема обеспечения позволила провести полную обработку всей информации в реальном масштабе времени /20/.

Формирование в процессе обработки тест-вектора события, характеризующего результаты проверки различных критериев, и запись его с исходной информацией на магнитную ленту позволили резко снизить время повторной - выборочной обработки событий.

Работа ЭВМ как на линии с установкой, так и в режиме обработки информации, считываемой с магнитной ленты, осуществляется в рамках единого обеспечения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разработан и исследован эффективный алгоритм распознавания кусочно-линейный треков, регистрируемых установками из бесфильмовых камер. Созданная на основе этого алгоритма стандартная программа ЛИНТР используется в обеспечении ряда экспериментов.

2. Для ЭВМ БЭСМ-4 разработан и создан комплекс стандартных программ редактирования и вывода информации на АЦПУ и дисплей "ВИДЕОТОН-340". Формализованное описание структуры установки для программы вывода на АЦПУ геометрического изображения регистрируемых событий задается декларативными таблицами. Вывод организован так, чтобы не снижалась реактивность системы на запросы от физического оборудования. В пакет дисплейных программ входит формирование и редактирование библиотеки постоянных частей изображений, вывод текстов, таблиц и графической информации.

3. Создано программное обеспечение приема, накопления и экспресс-обработки данных для системы бесфильмовых камер спектрометра МИС ОИЯИ, которое использовалось на этапе настройки оборудования на линии с ЭВМ БЭСМ-4.

4. Для отладки аппаратуры установки АЛЬФА на линии с БЭСМ-4 разработаны и созданы:

- универсальный тест для проверки устройства сопряжения БЭСМ-4-КАМАК и различных модулей КАМАК в интерактивном режиме;
- методика и соответствующее программное обеспечение стенда для испытания пропорциональной камеры. Получение характеристик производится в автоматическом режиме с помощью программно-управляемых модулей КАМАК;

— программное обеспечение сбора, накопления и обработки данных для установки из нескольких пропорциональных камер. Состав аппаратуры и электроники задается с помощью декларативных таблиц, что позволяет применять обеспечение при варьировании в широких пределах конфигураций установки.

5. Разработано и реализовано математическое обеспечение цикла экспериментальных исследований по поиску новых метастабильных частиц (НОРА), позволившее проводить полную обработку всей экспериментальной информации в реальном масштабе времени. Обеспечение включает программы сбора, опознавания треков, многомерного анализа и статистической обработки. Особенности эксперимента состояли не только в поисковом характере, но и в нетрадиционном для экспериментов на циклических ускорителях потоке данных.

Результаты исследований и разработок нашли применение и в обеспечении ряда других экспериментов, проводимых на ускорителях ОИЯИ (Дубна), ИФВЭ (Серпухов), ИТЭФ (Москва).

Основные результаты диссертации опубликованы в работах/II-2I/, доложены на совещании по программированию и математическим методам решения физических задач (Дубна, 1973), на международном совещании по методике проволочных камер (Дубна, 1975), на семинарах Лаборатории вычислительной техники и автоматизации, Лаборатории высоких энергий и Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Bellettini et al. CERN-report, 65-33, GENEVA, 1965.
2. E. Blezer et al. Nucl. Instr. and Methods, 44, № 1, 1965.
3. I. V. Chuvilo et al. Proc. Intern. Conf. H. E. P. Stanford, 1966.
4. Euratom-report, EUR 4100 e, (1969).

5. В. Ф. Ляшенко. Программирование для ЦВМ с системой команд М-20. Москва, Сов. радио, 1974.
6. Е. Д. Городничев и др. ОИЯИ, I3-5053, Дубна, 1970.
7. В. А. Загинайко, И. Н. Силин. ОИЯИ, Б1-II-54I4, Дубна, 1968.
8. Р. М. Шура-Бура. Интерпретирующая система ИС-2 для М-20, Москва, изд-во ВЦ АН СССР, 1965.
9. З. М. Иванченко. ОИЯИ, IO-6II4, Дубна, 1971.
10. А. Н. Сиваев, И. Н. Чурин. ОИЯИ, IO-764I, Дубна, 1973.
- II. Т. Коба, В. Н. Кузнецов, И. М. Пискунов, Г. М. Сусова. Устройство сопряжения ЭВМ БЭСМ-4-крейт КАМАК. ОИЯИ, IO-8739, Дубна, 1975.
12. В. В. Вишняков, О. А. Займидорога, В. В. Иванов, И. М. Иванченко, Ю. И. Иваньшин, Н. Н. Карпенко, В. Н. Кузнецов, В. Л. Пахомов, А. С. Чвыров. Программы сбора и обработки данных с бесфильмовых проволочных камер пятиметрового искрового спектрометра МИС ОИЯИ. ОИЯИ, IO-7966, Дубна, 1974.
13. Н. Н. Карпенко, В. Н. Кузнецов. Организация вывода графического изображения событий, регистрируемых бесфильмовыми установками. ОИЯИ, IO-8992, Дубна, 1975.
14. В. Н. Кузнецов. Вывод информации на дисплей ВТ-340, подключенный к ЭВМ БЭСМ-4. ОИЯИ, IO-8994, Дубна, 1975.
15. Н. И. Говорун, В. В. Иванов, И. М. Иванченко, В. Н. Кузнецов, Л. А. Сеннер. Программы распознавания прямолинейных треков, регистрируемых посредством искровых камер. ОИЯИ, IO-7303, Дубна, 1973.
16. В. Н. Кузнецов, И. М. Пискунов, А. Е. Сеннер, И. М. Ситник, А. Е. Строковский, А. С. Чвыров, В. И. Шаров. Программное обеспечение для настройки и определения характеристик системы пропорциональных камер, работающей на линии с ЭВМ БЭСМ-4. ОИЯИ, IO-9193, Дубна, 1975.

17. Г.Д.Алексеев, А.М.Зайцев, Н.А.Калинина, В.В.Круглов, В.Н.Кузнецов, А.В.Куликов, А.В.Купцов, Л.Л.Неменов, Б.М.Понтекорво, Д.М.Хазинс, И.Н.Чурин. Поиски запаздывающего излучения высокой энергии от свинцовой мишени, облученной протонами с энергией 45 ГэВ. ОИЯИ, Р1-8539, Дубна, 1975; ЯФ, 22, №5, (1975).
18. В.Н.Кузнецов. Математическое обеспечение поиска радиактивности нового типа. Сб. "Совещание по программированию и математическим методам решения физических задач". ОИЯИ, Д-7707, Дубна, 1974.
19. Н.Н.Говорун, И.М.Иванченко, Н.А.Калинина, В.Н.Кузнецов, А.В.Куликов. Программное обеспечение эксперимента по поиску радиоактивности нового типа. ОИЯИ, IO-9214, Дубна, 1975.
20. Г.Д.Алексеев, А.М.Зайцев, Н.А.Калинина, В.В.Круглов, В.Н.Кузнецов, А.В.Куликов, А.В.Купцов, Л.Л.Неменов, Б.М.Понтекорво, Д.М.Хазинс, И.Н.Чурин. Поиски метастабильных состояний с временами жизни более 5 нс в мишени из Pb , облученной протонами с энергией 60-70 ГэВ. ОИЯИ, Р1-9158, Дубна, 1975.
21. В.Г.Аблеев, В.А.Арефьев, С.Г.Басиладзе, Г.Г.Воробьев, А.Н.Кузнецов, В.Н.Кузнецов, А.А.Номофилов, В.Д.Пешехонов, Н.М.Пискунов, И.М.Ситник, Е.А.Строковский, Л.Н.Струнов, Г.М.Сусова, А.С.Чвыров, В.И.Шаров. Исследование пропорциональных камер с регистрирующей электроникой, переданной в производство фирме РОСОН. ОИЯИ, I3-8829, Дубна, 1975.
22. Н.Н.Говорун, И.М.Иванченко, А.С.Чвыров. Определение параметров искровых камер. ОИЯИ, Р5-5397, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 января 1976 года.