

41-581

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

10 - 5080

Л.С. Нефедьева

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СИСТЕМ ПРИЕМА, НАКОПЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ НА ЛИНИИ
С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Специальность № 007 - математическая логика и программирование

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук

Дубна 1970

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

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук Н.Н.Говорун

Официальные оппоненты:

доктор физико-технических наук А.Д. Смирнов,

кандидат физико-математических наук, доцент Н.Л. Трифионов.

Ведущее предприятие:

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе (филиал)

Автореферат разослан " " 1970 года.

Защита диссертации состоится " " 1970 г. на заседании Ученого совета Лаборатории вычислительной техники и автоматизации в конференц-зале ЛТФ ОИЯИ, г.Дубна, Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

Ю.В.Катышев

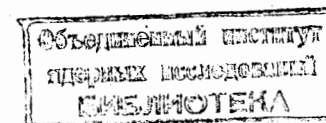
10 - 5080

Л.С. Нефедьева

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СИСТЕМ ПРИЕМА, НАКОПЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ НА ЛИНИИ
С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Специальность № 007 - математическая логика и программирование

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук



Современный уровень развития экспериментальных методов ядерной физики характеризуется большим потоком информации, который в большинстве случаев не может быть обработан без применения современной вычислительной техники.

Первоначально ЭВМ широко применялись при обработке экспериментальной информации, а ее подготовка и ввод в машину характеризовались относительно низким уровнем автоматизации.

Ввод информации в машину, как правило, осуществлялся через читающие устройства машины, которые требовали предварительного переноса информации на перфокарты или перфоленту.

В настоящее время ЭВМ играют все более важную роль в приеме информации непосредственно с физических установок. Это потребовало создания линий связи между машиной и измерительной аппаратурой. Таким образом, электронная машина стала составной частью экспериментальной аппаратуры, что позволило автоматизировать проведение эксперимента и анализ исходной информации.

Накопление информации, ее оперативная математическая обработка, необходимость получения промежуточных результатов, желание оперативно воздействовать на ход эксперимента диктовали создание систем приема, накопления и обработки потока информации.

Основные задачи таких систем:

- 1) контроль аппаратуры, участвующей в эксперименте;
- 2) проверка качества проведения эксперимента;
- 3) набор необходимой статистики событий;

- 4) проведение простейшей математической обработки полученных результатов в ходе эксперимента;
- 5) вывод принятых или обработанных данных на печать или осциллограф;
- 6) сортировка и отбор данных для дальнейшей обработки.

При создании такого рода систем под обработкой измерений понимается предварительная обработка, которая позволяет экспериментатору судить о качестве проводимого эксперимента.

Основные требования к вычислительной машине, входящей в комплекс оборудования систем приема, накопления и обработки, необходимо рассматривать с позиций обеспечения перечисленных требований. При этом необходимо иметь в виду относительно небольшие вычислительные машины (малые ЭВМ). Комплекс малых ЭВМ, одновременно обслуживающих большое число физических установок, должен иметь выход на более мощную машину, поскольку использование быстродействующих машин с большой памятью, с развитой системой команд, с многопрограммной работой и т.д., связано с большими материальными затратами и сложностью эксплуатации. Малая машина должна нести функции приема данных, предварительной обработки и операций по вводу-выводу.

Более сложную математическую обработку уже отсортированных данных можно поручить мощной машине.

Одним из основных требований к малым машинам является наличие каналов связи и приоритетной системы прерывания, что позволяет им работать по принципу разделения времени и обеспечивает работу машины в истинном масштабе времени в нескольких экспериментах.

Эффективность использования ЭВМ для систем приема, накопления и обработки достигается созданием математических систем, позволяющих автоматизировать процесс приема, накопления и обработки потока исходной информации. Такого вида системы в области фильмовой и бесфильмовой обработки экспериментальных данных на протяжении последних лет были созданы за рубежом^{/32-38/} и в СССР^{/1-34/}.

Надо отметить, что требованиям, предъявляемым малым ЭВМ, зачастую не удовлетворяют машины, серийно выпускаемые промышленностью СССР. В связи с этим в качестве малых машин используются ЭВМ общего назначения, но при этом приходится сталкиваться с трудностями их переделки и модернизации.

Отсутствие развитых программных систем на этих машинах требует дополнительных усилий при создании математического обеспечения систем приема, накопления и обработки данных.

Сотрудниками ОИЯИ в течение последних лет разработано и создано несколько систем, обеспечивающих прием спектрометрической информации по кабельным линиям связи, ее накопление и обработку на ЭВМ. Первая из этих систем эксплуатировалась в ОИЯИ с 1965 до августа 1968 года. Некоторые эксперименты, проводимые в Лаборатории нейтронной физики (ЛНФ), использовали эту систему, выполненную на базе машины "Минск-2" и ИЦ ЛНФ^{/4-13,27/}. В качестве "большой" машины использовалась ЭВМ М-20^{/25/}.

Аналогичная система приема, накопления и обработки данных на базе ЭВМ БЭСМ-4^{/19-21/} и ИЦ ЛНФ создана в 1969 году, и в настоящее время некоторые эксперименты, проводимые в ЛНФ, используют ее. Математическое обеспечение является составной частью этой системы

и названо: "Прием, обработка физической информации" (ПОФИ2)/23-24/.

Разработка и создание математического обеспечения систем приема, накопления и обработки спектрометрической информации проводились под руководством и при непосредственном участии автора диссертации.

Вместе с инженерами-электронщиками автор участвовал в решении вопросов общей структуры систем связи, языка обмена приказами между физической аппаратурой и ЭВМ, возможности подключения различного вида аппаратуры.

Диссертация фактически является обобщением многолетнего опыта работ автора и работ, выполненных под его непосредственным руководством (1965 - 1970 г.).

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе дается общий обзор систем приема, накопления и обработки спектрометрической информации за рубежом и в СССР.

Во второй главе описывается система двухсторонней связи измерительного центра с вычислительной машиной "Минск-2". Особое внимание уделяется вопросам программной организации связи между приемно-передающим устройством и ЭВМ "Минск-2" /20-30/.

В третьей главе описывается система приема, накопления и обработки спектрометрической информации, выполненная для ИЦ ЛНФ на модернизированной ЭВМ БЭСМ-4. Особое внимание уделяется вопросам общего построения системы математического обеспечения (ПОФИ2)/23/; программному контролю работы аппаратуры, машины и самой системы.

В четвертой главе описываются общие требования к математическим системам приема, накопления и обработки потока информации. Одним из требований является простота обобщений как между блоками

системы, так и с самой системой. Для этого разработан язык обобщений. В главе он классифицируется, формулируются требования и правила его использования /22,26,31/.

Глава I.

Краткий обзор систем приема, накопления и обработки спектрометрической информации

В настоящее время во многих физических центрах за рубежом и в СССР созданы измерительно-вычислительные системы (ИВС), рассчитанные на прием и анализ информации от нескольких одновременно проводимых экспериментов. Основным оборудованием таких центров являются запоминающие блоки памяти (многоканальные анализаторы, МОЗУ вычислительных машин), соединенные каналами связи с вычислительными машинами (малые ЭВМ).

Основная задача ЭВМ в такой системе - прием информации из измерительного центра, накопление ее на магнитных лентах или магнитных барабанах (дисках), проведение простейшей обработки.

В данной главе рассматривается несколько примеров таких ИВС с выходом на большую ЭВМ (центральный процессор). Автор не ставил перед собой задачи сделать полный обзор всех существующих ИВС по обработке спектрометрической информации. Рассматриваются лишь те ИВС, которые представляют интерес с точки зрения их математического обеспечения. На оборудовании таких центров создаются системы приема, накопления и обработки информации.

Обзор работ по созданию таких систем в ОИЯИ, в которых участвовал автор, дается в хронологической последовательности.

Глава II

Система двухсторонней связи измерительного центра с вычислительной машиной "Минск-2"

В данной главе описывается оборудование и математическое обеспечение системы двухсторонней связи измерительного центра с вычислительной машиной "Минск-2", которая позволяет производить прием, накопление и первичную обработку спектрометрической информации. В этой системе роль малой машины выполняет ЭВМ "Минск-2" ("Минск-22"), роль более мощной - ЭВМ типа М-20 (БЭСМ-4).

Математическое обеспечение представлено комплексом программ и системой приема, обработки физической информации (ПОФИ). Комплекс программ состоит из программы двухсторонней связи и сборки. Информация для дальнейшей обработки передается на ЭВМ М-20/40/.

Программа двухсторонней связи позволяет осуществить прием и накопление экспериментальных данных на магнитной ленте; обратную передачу из машины в измерительный центр первых 34 чисел переданного сообщения и массива нарастающих сумм, полученных по правилу $S_i = \sum_{k=1}^i m_k$, где m_k - код, переданный из k -го канала анализатора. Программа сборки осуществляет сортировку данных по экспериментам.

Система ПОФИ решает следующие основные задачи:

1. Обеспечение приема информации в ЭВМ типа "Минск", поступающей с внешних объектов: по каналу из ИЦ, с узкой магнитной ленты, с автономного ОЗУ/5/, с перфоленты.
2. Проведение простейшей математической обработки полученных результатов для наблюдения и изменения хода эксперимента.

3. Сортировка и отбор данных для дальнейшей обработки.

Работа всей системы основывается на принципе интерпретации/14-18/ и единого вида информации, названного форматом.

Система (рис.1) состоит из малой обслуживающей программы, задачей которой является организация работы всей системы; интерпретатора, который осуществляет вызов программ и функции распределения памяти; набора стандартных программ. На все стандартные программы налагаются определенные правила написания, которые никак не ограничивают их смысловые возможности. По своей роли в системе они условно разбиваются на четыре группы.

1. Программы приема. Основная их задача - связь системы с внешними объектами, прием и ввод в ЭВМ информации и перевод ее на язык формата системы. (Формат - это массив двоичных чисел в системе с плавающей запятой, снабженный определенной служебной и физической информацией.).

2. Служебные программы. Данная группа стандартных программ сама по себе никакой обработки не ведет, используется другими программами обработки.

3. Программы обработки, позволяющие провести простейшую обработку экспериментальной информации.

4. Программы ОСК, работающие с осциллографом со "световым карандашом"/39/.

Принцип интерпретации и использование стандартных программ позволяет расширять систему любым набором новых стандартных программ, не изменяя самой системы. Добавление новых внешних объектов требует только создания новой программы при-

ема, обслуживающей этот объект, сама система при этом никак не меняется и способна вести дальнейшую работу с новой информацией, но преобразованной в формат системы.

Глава III
Система приема, накопления и предварительной обработки
экспериментальных данных на базе измерительного центра
ЛНФ и машины БЭСМ-4

На базе аппаратуры измерительного центра ЛНФ^{4/} и машины БЭСМ-4 в настоящее время создана система приема, накопления и обработки данных, поступающих из многоканальных анализаторов по кабельным линиям связи. Созданная система связи с установленной в измерительном центре машиной БЭСМ-4 позволяет осуществить более быстрый и гибкий аппаратно-программный комплекс не только для оперативной, но и для полной обработки экспериментальной информации. Вычислительные возможности машины позволяют существенно расширить объем предварительной обработки, включая для некоторых экспериментов и полную обработку.

В данной главе рассматриваются вопросы построения системы приема, накопления и предварительной обработки, ее оборудование и математическое обеспечение, названное системой ПОФИ2.

Вся система ПОФИ2 представляет собой блоки, которые условно (по своим задачам) объединяют набор программ, подчиняющихся правилам написания стандартных программ ИС-2/28/ с некоторыми добавлениями, связанными со спецификой системы. Это позволило решить следующие задачи:

- 1) расширение системы без изменения ее самой;
- 2) упростить стыковку между блоками системы и не повторять

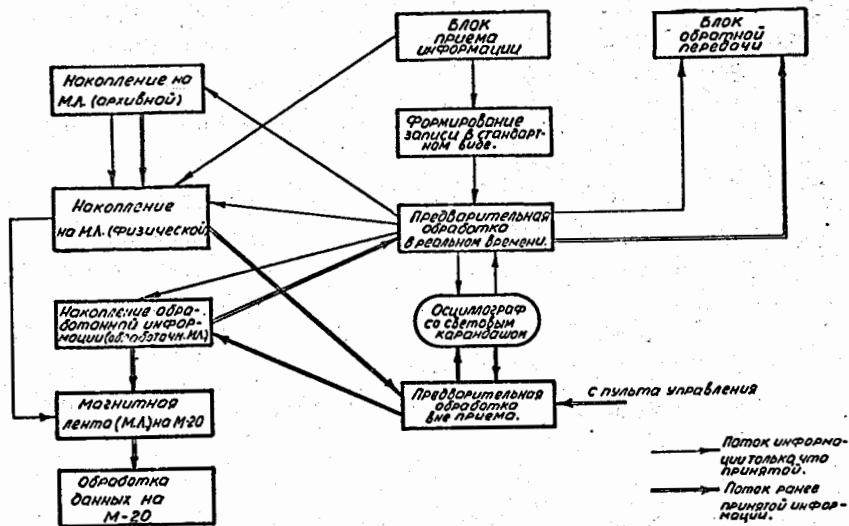


Рис. I. Схема потока спектрометрической информации в системе обработки.

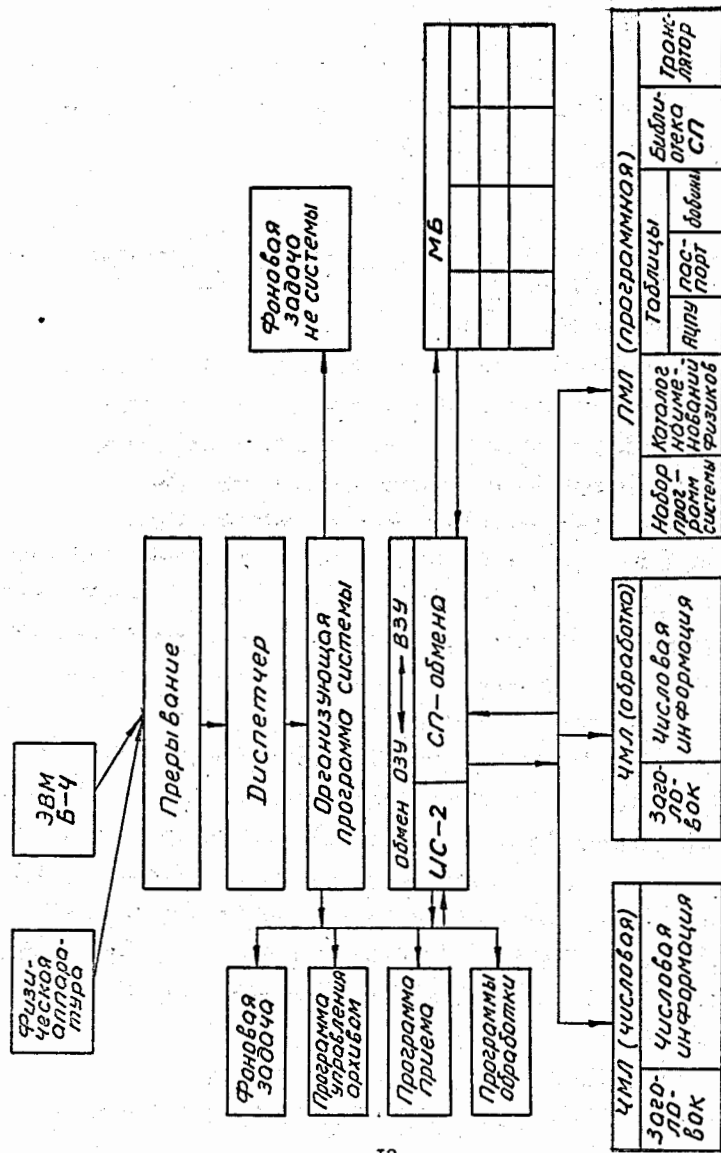


Рис. 2. Структурная схема системы ПОИМ2.

- в каждом блоке однотипных действий;
- стандартизировать обмен между блоками и их участками (стандартными программами).

Система ПОИМ2 состоит из интерпретатора, блока приема информации, блока обмена с МЛ, информационного блока, блока распределения памяти, блока организации обработки и набора программ обработки. Все организационные функции системы включены в программу "Диспетчер" (рис. 2).

Глава IV

Общий принцип построения математического обеспечения систем приема, накопления и обработки потока информации и язык общения таких систем

В данной главе рассматриваются общие вопросы построения математического обеспечения систем приема, накопления и обработки потока информации. Главное внимание при этом уделяется языку обменов (рис.3), используемому как для обмена информацией между блоками системы, так и между системой и оператором (рис.4).

Эффективность использования ЭВМ для задач обработки данных существенно зависит от математических систем.

Надо отметить, что специфика экспериментов, как правило, проявляется в исходном виде информации и в критериях ее обработки. В остальном такого рода системы идентичны и по своему построению, и по своим задачам (прием, накопление, обработка), хотя и зависят от типа ЭВМ и аппаратуры, на которую создаются системы.

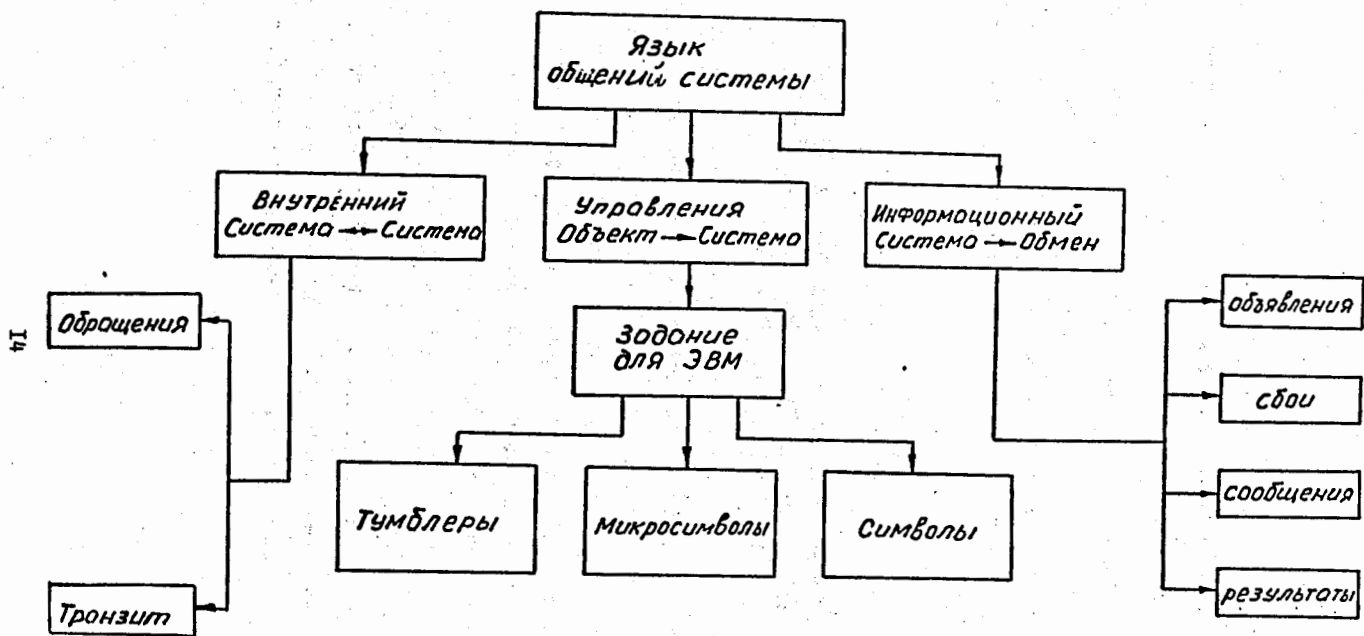


Рис. 3. Схема языка общения.

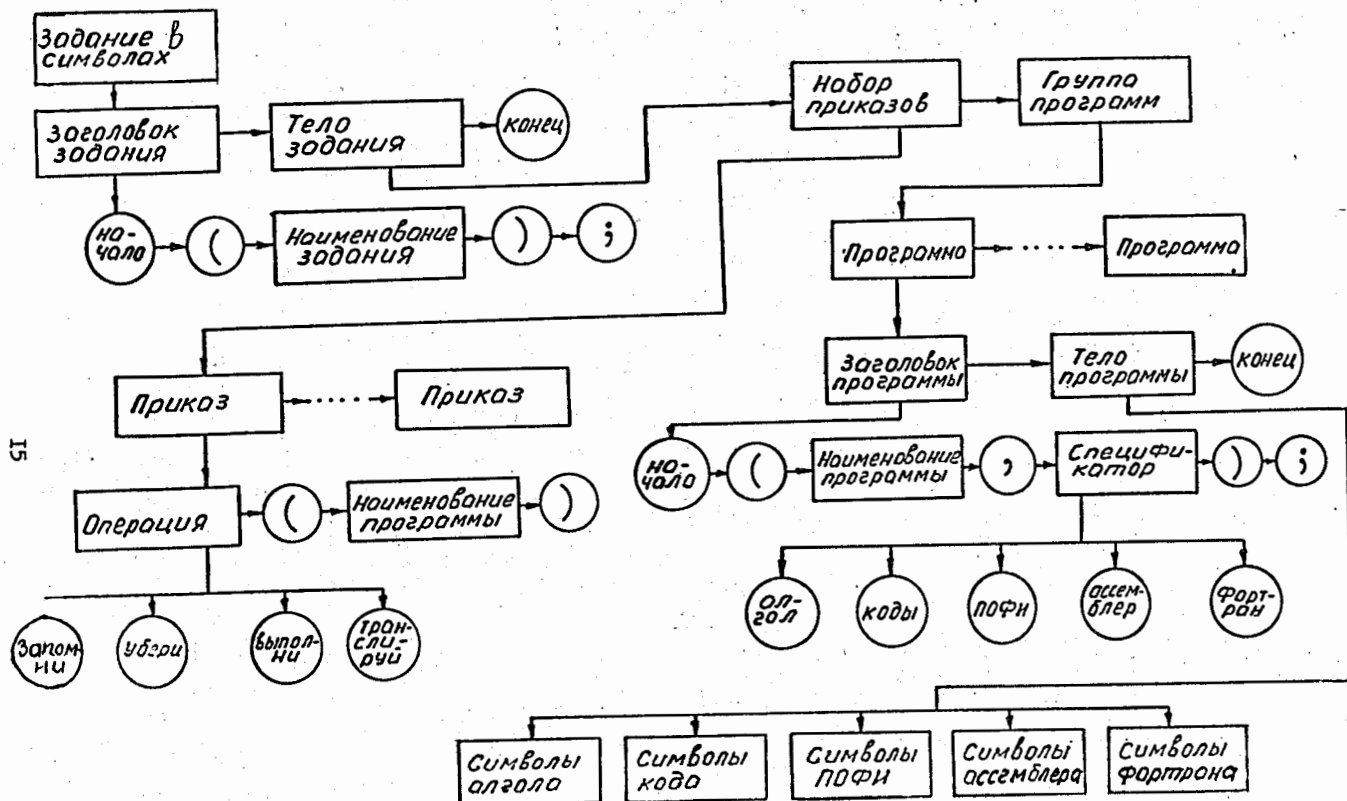


Рис. 4. Синтаксическая структура языка управления

При реализации такого вида систем возникают естественные требования:

- 1) Расширение системы без ее изменения.
- 2) Быстрый поиск необходимой информации.
- 3) Выделение отдельных блоков, несущих определенные функции системы.
- 4) Контроль работы системы, аппаратуры и ЭВМ.
- 5) Автоматическое распределение памяти.
- 6) Создание удобного аппарата обмена как с самой системой, так и внутри ее.

Перечисленные требования являются практически необходимыми для систем приема, накопления и обработки потока информации. Возможные виды реализации всех перечисленных требований иллюстрируются примерами систем приема, обработки физической информации (ПОФИ).

Заключение.

Конкретным результатом работы является создание и запуск в эксплуатацию математических систем приема, накопления и обработки спектрометрической информации (ПОФИ).

1. Разработан комплекс программ, обслуживающих двухстороннюю связь между ИЦ ЛНФ и машиной "Минск"(2).

Этот набор программ находился в эксплуатации с 1966 года до начала 1968 года и использовался в ряде экспериментов, проводимых в ЛНФ.

2. Разработана и создана система ПОФИ для ИЦ ЛНФ, машины "Минск-2" и двухсторонней связи между ними.

Решены основные задачи этой системы: обеспечение предварительной обработки поступающей информации в реальном времени, в том числе с использованием светового карандаша, обеспечение возможности одновременного сбора и накопления данных, поступающих от ряда объектов. Эта система позволила автоматически (в каком-то смысле в мультипрограммном режиме) проводить параллельно ряд экспериментов, обслуживаемых одной машиной. При разработке ПОФИ решались задачи: диагностики сбоев машины и аппаратуры, целесообразности дальнейшей обработки измерительной информации и подключения соответствующего вида обработки, расширения системы без изменения общей ее структуры.

Система ПОФИ находилась в эксплуатации в течение года до передачи ЭВМ "Минск-2" на другие работы. В период эксплуатации часть экспериментов проходила через систему для обработки на ЭВМ М-20, большая часть предварительно обрабатывалась на самой машине "Минск-2".

3. Создана библиотека программ МИСИ для ЭВМ типа "Минск", на работе которой основываются комплекс программ и система ПОФИ.

МИСИ по своей структуре аналогична системе ИС для машин типа БЭСМ-4. Помимо специфических программ, связанных с системами, в библиотеке программ МИСИ находится большое число программ общего назначения (переводы, элементарные функции, линейная алгебра, решение дифференциальных уравнений, интегралы, МНК и т.д.).

Система МИСИ используется в ОИЯИ на всех машинах типа "Минск" во многих организациях Советского Союза: Институт прикладной геофизики (Москва), Всесоюзный институт разведочной геофизики (Ленинград), Metallургический институт (Днепропетровск), Научно-

исследовательский институт управляющих машин и систем (Пермь), ПРОМТРАНСНИПРОЕКТ (Сибирское отделение) и т.д. и странах-участниках ОИЯИ (Чехословакия, Вьетнам, Корея, Болгария).

4. На базе машины БЭСМ-4 разработана, создана и эксплуатируется в настоящее время система приема, накопления и обработки данных, составной частью которой является ее математическое обеспечение - ПОФИ2.

Система ПОФИ2 решила задачи, поставленные перед ПОФИ1, а также, по возможности, задачи быстрого поиска ранее накопленной информации, определения правильности работы системы, автоматического распределения памяти, автоматического управления системой со стороны пользователя и т.д..

5. Разработан язык общения - удобный аппарат обмена между блоками системы, между объектом (пользователь, аппаратура) и системой, между системой и объектом.

6. Обоснованы основные требования к построению математического обеспечения систем приема, накопления и обработки данных, предложены синтаксис и семантика языка управления для такого рода систем. Обобщен опыт создания подобных систем.

Работы, положенные в основу диссертации, выполнены автором совместно с группой сотрудников ЛВТА и ЛНФ ОИЯИ и опубликованы в работах /6,8-18,22-24,29,30/.

Основные результаты были доложены на Совещаниях по ядерной электронике в Праге (1966г.) и в Москве (1968г.), а также на I-IV совещаниях по математическим методам обработки экспериментальных данных в Дубне (1964, 1966, 1967, 1969 гг.).

ЛИТЕРАТУРА:

1. М.Г.Мещеряков, Н.Н.Говорун. Вестник Академии наук СССР, 3, Москва (1968).
2. Н.Н.Говорун. Материалы Ш школы физики ФТИ, ч.П, Ленинград (1968).
3. М.Н.Иванов, В.И.Кадышев, И.А.Кондуров, С.Н.Николаев, А.П.Нехай, А.Г.Никаноров, В.И.Петрова. Труды У1 конференции по ядерной электронике, т.3., Атомиздат, М, 1965.
4. Г.И.Забиякин. Автореферат диссертации ОИЯИ 3260, Дубна, 1967.
5. А.И.Барановский, В.А.Владимиров, Ф.Дуда, Б.Е.Журавлев, Г.И.Забиякин, З.В.Лысенко, В.И.Приходько, В.Г.Тишин, Й.Томик, В.Р.Трубинов, В.Д.Шигаев. Препринт ОИЯИ IO-3406, Дубна, 1967.
6. Л.С.Нефедьева, В.Н.Шигаев, В.М.Ягафарова. Препринт ОИЯИ, 5-3263, Дубна, 1967.
7. В.Н.Замрий, З.В.Лысенко. Препринт ОИЯИ IO-4703, Дубна, 1969.
8. Г.И.Забиякин, В.Н.Замрий, Л.С.Нефедьева, Ю.М.Останевич, В.М.Ягафарова. Приборы и техника эксперимента, 2, стр. 78-82, Москва, 1968.
9. А.Я.Астахов, Н.Н.Говорун, Н.Д.Дикусар, И.М.Иванченко, Г.М.Кадников, С.В.Кадникова, З.В.Лысенко, О.К.Нефедьев, Л.С.Нефедьева, В.И.Семашко, И.Н.Силин, Г.Н.Тентюкова, В.Н.Шигаев. Препринт ОИЯИ IO-3324, Дубна, 1967.
10. Л.С.Нефедьева, Н.Н.Воробьева, Н.Н.Говорун, Т.С.Рерих, В.М.Ягафарова. Препринт ОИЯИ П-3961, Дубна, 1968.
11. Н.Н.Воробьева, А.Л.Демичев, Л.С.Нефедьева, Т.С.Рерих, В.М.Ягафарова. Препринт ОИЯИ II-3994, Дубна, 1968.

12. Н.Н.Воробьева, А.Л.Демичев, Л.С.Нефедьева, Т.С.Рерих, В.М.Ягафарова. Препринт ОИЯИ ВІ-3996, Дубна, 1968.
13. Н.Н.Воробьева, А.Л.Демичев, Л.С.Нефедьева, Т.С.Рерих, В.М.Ягафарова. Препринт ОИЯИ ВІ-П-3995, Дубна, 1968.
14. Л.С.Нефедьева, Б.Жаргал. Препринт ІІ-3960, Дубна, 1968.
15. Б.Жаргал, Л.С.Нефедьева, Д.Цедендамба. Препринт ІІ-4074, Дубна, 1968.
16. Л.С.Нефедьева, В.Н.Тарасова. Препринт ОИЯИ 2453, 1965.
17. Л.С.Нефедьева, Б.Жаргал. Препринт ОИЯИ ІІ-3960, Дубна, 1968.
18. Л.С.Нефедьева, Ян Фу-цин. Препринт ОИЯИ 2452, Дубна, 1965.
19. Е.Д.Городничев, Г.М.Кадиков, А.П.Кретов, О.К.Нефедьев, В.Н.Садовников, В.Н.Шигаев. Препринт ОИЯИ ІО-3510, Дубна, 1967.
20. Е.Д.Городничев, Г.М.Кадиков, Н.Н.Морозова, В.Н.Садовников. Препринт ІО-4870, Дубна, 1969.
21. Е.Д.Городничев, Г.М.Кадиков, В.Н.Садовников, Н.Н.Морозова. Препринт ІО-4753, Дубна, 1969.
22. Н.Н.Воробьева, Л.С.Нефедьева. Сообщения ОИЯИ ІО-4595, Дубна, 1969.
23. Н.Н.Воробьева, Б.Жаргал, Л.С.Нефедьева, Т.С.Рерих, В.Н.Тарасова, В.М.Ягафарова. Препринт ОИЯИ ІІ-4655, Дубна, 1969.
24. В.А.Владимиров, Б.Е.Журавлев, Г.И.Забиякин, Л.С.Нефедьева, В.Н.Поляков, В.Н.Садовников, В.И.Семашко, В.Р.Трубников, В.А.Цитульский, В.И.Чивкин. Препринт ОИЯИ ВІ-ІО-4680, Дубна, 1969.
25. В.Ф.Ляшенко. Программирование для электронной цифровой вычислительной машины М-20. Изд. "Сов. радио". М., 1963.
26. С.С.Лавров. Универсальный язык программирования (АЛГОЛ-60), Изд. "Наука", Москва, 1967.
27. В.Н.Савенков. Программирование для ЭЦВМ Минск-2. Изд. "Статистика", М., 1965.
28. М.Р.Шура-Бура. Интерпретирующая система ИС-2 для М-20. Москва, 1959.
29. Г.И.Забиякин, Л.С.Нефедьева. Труды симпозиума по радиотехнике. Прага, 1966г., стр. 139-150.
30. Л.С.Нефедьева, А.Л.Демичев. Препринт ОИЯИ ВІ-ІО-4398, Дубна, 1968.
31. Бэкус Дж. В. и др. Сообщение об алгоритмическом языке АЛГОЛ-60. Под ред. П.Наура, "Журнал математики и математической физики", 1961, т.І, № 2, 308-342.
32. Scharff-Hansen. CERN NP internal report, 1969.
33. S.J.Lindenbaum. BNL 12900, 1968.
34. R.M.Brown and E.H.Mueller. *Nucleonics*, V 25, N 3, 1967.
35. J.V.Kane, Acquisition and Reduction of Nuclear Data, p.500, (Kurlarue, Germany, July 1964).
36. J.V.Kane, R.J.Sprinrad. *Nuclear Instrumentation and Methods*, V. 25, p.141, (1963).
37. R.M.Brown, M.A.Tisherueller, A.E.Gramme. *Proceedings of IEEE* vol.54, No12, 1966.
38. Reagan D.SLAC Accelerator Computer. Stanford, 1969. SLAC-PUB -558.
39. З.В.Лысенко, И.Томик, В.Р.Трубников. Препринт ОИЯИ ІО-3331, Дубна, 1967.

40. И.И.Шелонцев, Н.Ю.Шурикова. Препринт ОИЯИ Б-2-10-4091, Дубна, 1968.

41. Б.В.Фефилов, Л.Л.Челноков. Сборник докладов IV симпозиума ОИЯИ по ядерной радиоэлектронике. Октябрь 1966г., Прага, 4, стр.85 (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел

27 апреля 1970 года