

A-91

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 3324



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

А.Я. Астахов, Н.Н. Говорун, Н.Д. Дикусар,
И.М. Иванченко, Г.М. Кадыков, С.В. Кадыкова,
З.В. Лысенко, О.К. Нефедьев, Л.С. Нефедьева,
В.И. Семашко, И.Н. Силин, Г.Н. Тентюкова,
В.В. Федорин, В.Н. Шигаев

СИСТЕМА ИЗ ЭВМ
„МИНСК-2“ И ДВУХ М-20 ДЛЯ ОБРАБОТКИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1967.

А.Я. Астахов, Н.Н. Говорун, Н.Д. Дикусар,
И.М. Иванченко, Г.М. Кадыков, С.В. Кадыкова
З.В. Лысенко, О.К. Нефедьев, Л.С. Нефедьева,
В.И. Семашко, И.Н. Силин, Г.Н. Тентюкова,
В.В. Федорин, В.Н. Шигаев

СИСТЕМА ИЗ ЭВМ
„МИНСК-2” И ДВУХ М-20 ДЛЯ ОБРАБОТКИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Направлено в журнал "Кибернетика"

М 218 215

ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАУКА

Обработка экспериментальных данных в физике (да и не только в физике) характеризуется большим объемом входной информации. В современных физических центрах обработка данных носит индустриальный характер, количество слов, вводимых в ЭВМ и обрабатываемых за один только день, исчисляется миллионами. Использование для обработки данных только одной ЭВМ в связи с большим объемом входной (и выходной) информации приводит к неэффективному использованию времени электронной машины на операции по вводу-выводу данных^{х/}. Оптимальный результат дает использование систем машин, в которых на наиболее простую и дешевую машину возлагаются обязанности по вводу-выводу, а более мощные машины заняты только обработкой поступающей информации.

Вычислительные машины, предназначенные и приспособленные для обработки больших массивов информации, являются уже не машинами, а системами обработки данных^{/1-3/}. Так, в состав ЭВМ IBM-7090 входят две простые ЭВМ типа IBM-1401^{/1/}. Машина СДС-8600, кроме мощного центрального процессора, имеет в своем составе 10 периферических ЭВМ^{/2/}. В ЭВМ БЭСМ-6, благодаря развитой системе прерывания, ввод-вывод информации осуществляется по нескольким каналам одновременно со счетом основной задачи.

В данной работе рассказывается о том, как были решены проблемы обработки данных в ОИЯИ на базе простых ЭВМ, не являющихся системами и не имеющих возможности работы по многим программам одновременно. Вначале будет рассказано об общей схеме обработки данных, о той модернизации в ЭВМ М-20 и "Минск-2", которая была проведена, затем будет дана характеристика отдельных каналов обработки данных и их взаимодействия. Отдельные

^{х/} Имеются в виду ЭВМ, не имеющие автономных каналов обмена.

детали излагаемой системы можно найти в работах /4,5/. Всюду мы касаемся в основном вопросов, которые необходимо было решать в вычислительном центре ОИЯИ: модернизация ЭВМ, создание системы программ для обработки данных и обеспечения взаимодействия ЭВМ и внешних объектов. Проблемы, связанные с созданием измерительно-регистрирующей аппаратуры, которые решались в других лабораториях Института, нами здесь не затрагиваются (см., например /6,7/).

1. Общая схема обработки данных

На рис. 1 показана схема связей между двумя М-20 и ЭВМ "Минск-2", а также внешними объектами, образующими систему обработки данных. Хотя система связи между М-20 и "Минск-2" допускает их совместную работу, принят режим эксплуатации системы, когда основное время этих машин используется независимо одно от другого и только периодически ЭВМ работают совместно по обмену информацией по программам связи. Постоянным режимом работы на ЭВМ "Минск-2" является накопление на магнитной ленте экспериментальных данных, отперфорированных на бумажной ленте на измерительных приборах. Производится также счёт и отладка задач математиков и физиков. Постоянной задачей для "Минск-2" является также накопление экспериментальных данных от соединённых *on-line* с ЭВМ измерительных полуавтоматов. Регламент всех этих работ определяется расписанием. Периодически, примерно один-два раза в час, поступают по кабелю данные из измерительного центра Лаборатории нейтронной физики и записываются также на магнитную ленту "Минск-2".

В момент работы с измерительным центром счёт по одной из постоянных задач автоматически прекращается и продолжается только после отработки программ для канала связи с измерительным центром (ИЦ).

После накопления достаточного количества материала на магнитной ленте "Минск-2" с машины М-20 производится обращение к ЭВМ "Минск-2" с запросом на связь. Происходит прерывание задачи, идущей на "Минск-2", и переход на программу, обслуживающую связь и передачу данных на магнитную ленту М-20. После отработки этой программы и передачи всех данных с магнитной ленты "Минск-2" на магнитную ленту М-20 происходит возврат к выполнению прерван-

ной программы. Принят режим работы, когда при работе "Минск-2" по программам связи с измерительным центром ЛНФ и с машинами М-20 запрещено прерывание по запросу от другого внешнего объекта. Данные, переданные на магнитную ленту М-20, обрабатываются затем по различным программам обработки. Основное время на М-20 расходуется на обработку данных с пузырьковых камер и камер Вильсона /8,9,10,13/, второе место занимает обработка данных с ИЦ ЛНФ. Программы ввода данных и их записи на магнитную ленту, программы передачи данных на М-20 хотя и были сделаны вначале для перечисленных выше целей, однако в настоящее время используются для обработки данных и для различных других задач.

II. Модернизация ЭВМ для целей обработки в системе машин

Поскольку в ОИЯИ для обработки используются универсальные ЭВМ М-20 "Минск-2", не имеющие возможности связи с другими ЭВМ, а также с внешними объектами, необходимо было разработать и провести соответствующую модернизацию этих ЭВМ. При этом накладывалось естественное условие, чтобы программы обработки и стандартные подпрограммы для этих ЭВМ не нужно было переделывать или, по крайней мере, чтобы переделки были незначительными. Поскольку время основных ЭВМ (М-20) используется каждый раз для счёта одной задачи, не было необходимости создавать систему прерывания на этих машинах. Мы ограничились только введением команд, обеспечивающих вызов и связь с внешним объектом, в нашем случае - вызов и связь с машиной "Минск-

Машина "Минск-2" работает с рядом внешних объектов, и ей приходится отвечать на запросы на связь от различных объектов. Это привело к необходимости создания на "Минске-2" не только возможностей работы с каналами связи, но также и системы прерывания и охраны памяти. Предполагаем, что читатель знаком с системами команд М-20 и "Минск-2" /12,11/.

В дополнение к имеющимся на М-20 введена дополнительная команда, работающая в трех модификациях.

Команда $40 A_1 A_2 A_3$, $\omega = 1$, значение адресов A_1, A_2, A_3 не играет роли. Предназначена для выдачи потенциала "Вызов", который является запросом на связь с ЭВМ "Минск-2". По нему происходит прерывание работающей программы на "Минск-2" при наличии разрешения на прерывание.

Команда $\pi 40 A_1 A_2 A_3$, $\omega = 0$. По этой команде происходит передача 37 младших разрядов кода из ячейки $\pi_1 \times (PA) + A_1$ по кабелю на ЭВМ "Минск-2" (обычно A_2 и A_3 в этом случае равны нулю, хотя и могут быть любыми), а также (обычно A_1 и A_2 равны нулю) происходит прием кода по кабелю от ЭВМ "Минск-2" и его засылка в память М-20 по исполнительному адресу $\pi_3 \times (PA) + A_3$ в младшие 37 разрядов. Передача данных идет через первый регистр арифметического устройства последовательным кодом, синхронизация - со стороны М-20. Команда выполняет прием или передачу кода в зависимости от того, выходит "Минск-2" на команду приема или передачи.

Изменения в ЭВМ "Минск-2"

"Минск-2" является универсальной вычислительной машиной. Изменения в ней проведены с полным сохранением ее универсальности. Конкретная реализация схемы, обеспечивающей на "Минске" режим связи и работы с несколькими объектами, свелась к развитию уже заложенных в машине принципов и возможностей. Так, для работы в режиме связи использован имеющийся в ней принцип прерывания программ, т.е. способность машины реагировать на вполне определенные сигналы извне и переключаться по ним на другую программу с определенными сигналами извне и переключаться по ним на другую программу с запоминанием результата прерванной программы и адреса возврата на ее продолжение. По системе прерывания, реализованной на "Минске", выход на новую программу осуществляется через фиксированную ячейку памяти, где хранится команда передачи управления на начало программы и запоминания адреса возврата. Для непосредственного обмена информацией оказалось удобным использовать две модификации команды "Сдвиг логический".

На рис. 2 приведена блок-схема связи ЭВМ "Минск-2" с М-20. Дадим более подробное описание дополнительных регистров и новых команд на "Минске-2", которые используются для работы с М-20 и с другими внешними объектами.

Регистр прерывания. Регистр прерывания служит для приема и хранения вызовов на связь от внешних объектов. Для каждого объекта имеется свой триггер, который принимает значение "1" или "0" в зависимости от того, просит объект связь или нет. Каждому триггеру, управляемому от внешнего объекта, поставлен в соответствие триггер, управляемый программно. Прерывание наступает только тогда, когда есть вызов от внешнего объекта и когда есть на то разрешение с машины. К машине "Минск-2" добавлено для обеспечения работы с тремя внешними объектами три дополнительных разряда в регистре прерывания и три разряда в регистре разрешения прерывания.

Для управления регистром разрешения прерывания расширены возможности команды.

- 06 00 A1 A2.

Разряды 34-ый, 35-ый и 36-ой этой команды управляют засылкой состояний в регистр разрешения прерывания для внешних объектов. "1" в этих разрядах устанавливает разрешение, а "0" - запрещение прерывания.

Для запоминания содержимого счётчика адреса команды, которое было в момент прерывания программы, используется команда

- 31 00 A1 A2.

Эта команда должна быть помещена в стандартную для данного внешнего объекта ячейку, в которую передается управление после вхождения машины в прерывание. По адресу A2 эта команда формирует команду

- 30 00 K 0000,

где K - состояние счётчика адреса команды в момент прерывания.

После вхождения в прерывание автоматически блокируется возможность нового прерывания. Для снятия блокировки и сброса триггеров связи в "0" используется команда

- 36 00 A1 A2.

Команды - 31 и - 36 используются для работы с внешними объектами без переделки.

Для непосредственного обмена информацией с объектом модифицирована команда "Сдвиг":

61 00 A₁ A₂ - для передачи на объект,
62 00 A₁ A₂ - для приема с объекта.

В первом адресе команды указывается адрес константы сдвига (6 младших разрядов слова).

A₂ - адрес МОЗУ, по которому информация выдается на объект (для 61) или адрес, куда помешается принятое с объекта слово (для 62).

Обмен информацией происходит в такте выполнения самой операции "Сдвиг". В обоих случаях обмена сдвиг информации идет в одном и том же направлении - влево. Направление сдвига указывает знак константы сдвига.

При связи с объектом обмен идет последовательным кодом на частоте 250 кГц. Вход информации с кабеля - в младший разряд сумматора, выход на кабель - со старшего разряда (знакового) сумматора.

В константе сдвига команды связи с объектом дополнительно пишется "1" в 7-м разряде. Этот признак в дальнейшем используется для формирования управляющего потенциала, подключающего кабели связи для обмена, а также для блокировки образования сигнала U_{сдв} из серии машинного генератора. При обмене информацией с объектом синхронизация внешняя. В момент готовности к обмену с машины на объект поступает потенциальный сигнал "Запрос". В ответ на него машина получает с объекта в обоих случаях сигнал СИ для формирования U_{сдв}, а также кода - при приеме информации. Или же - при выдаче на объект - по каждому U_{сдв} в кабель из сумматора через старший разряд будет выталкиваться по одному разряду слова.

Для контроля передачи с внешних объектов, который организуется программно, используется команда + 00 - "Ничего не делать".

В этой команде единицами в 7-м, 8-м, 9-м разрядах кодируются соответственно слова "хорошо" и "плохо"

00	40	0000	0000
00	20	0000	0000

и другие - всего 7 комбинаций, которые посылаются на объект, и по ним происходит новая передача или повторяется предыдущая.

Для двух из имеющихся четырех объектов схема предусматривает возможность выхода на связь по инициативе с машины.

В качестве признака такого режима используется "1" в 14-м разряде команды "-06".

- 06 00 2000 A₂.

По этой команде заносится "1" в триггер запроса (на связь) этого объекта. Дальше возможно выполнение команд 61 или 62 в обменном варианте.

Чтобы перейти от данного режима к режиму связи по вызову, необходимо выполнить команду -36, снимающую блокировку по входу для "Вызова", а также команду разрешения прерывания для этого объекта.

Кроме перечисленных выше команд, работающих при организации связи с внешними объектами, в ЭВМ создана охрана части оперативной памяти во втором кубе, а также одного блока магнитной ленты. На охраняемом участке памяти в магнитофоне находится "Диспетчер".

III. Программы связи с внешними объектами

В данном параграфе дается характеристика программ, обслуживающих внешние объекты, передачу данных между ЭВМ, организации работы на "Минск-2", а также программ обработки данных.

1. Ввод данных и накопление на магнитной ленте "Минск-2"

Эта программа является первой в цепи программ обработки данных, поступающих с измерительных полуавтоматов. По информации о номерах зон, подлежащих вводу с бумажной ленты, номере магнитофона и номере первой свободной зоны на этом магнитофоне происходит настройка программы на соответствующий режим работы. При вводе информации с бумажной ленты производится контрольное суммирование, результаты двукратного ввода сравниваются. В случае несовпадения контрольных сумм делается попытка ввести зону еще раз, и если сумма не совпадает ни с одной из ранее полученных сумм, печатается сообщение о том, что данная зона не ввелась. В случае совпадения

контрольных сумм введенный материал записывается в очередную свободную зону на магнитной ленте. В одну зону на магнитной ленте может быть записано несколько зон с бумажной ленты (несколько событий), если информация с этих зон помещается на одной зоне магнитной ленты. В том случае, если зона на магнитной ленте оказывается дефектной, в шкале зон делается отметка о дефектности и запись производится в следующую зону. В шкале зон также отмечается, что информация записана в данную зону. По окончании работы по записи или в случае, если вся магнитная лента оказывается заполненной, шкала зон записывается в первую зону магнитной ленты и производится выдача ее на печать.

В программе предусмотрены различные ситуации, возможные при эксплуатации программы: начало работы, продолжение работы, обрыв бумажной ленты и т.д. Имеется также режим работы с контролем правильности ввода каждого слова по четности.

С точки зрения "Диспетчера" на ЭВМ "Минск-2" данная программа является обычной программой математика, идущей с наименьшим приоритетом. Мы считали необходимым выделить эту программу только потому, что основной поток информации на бумажной ленте вводится в ЭВМ по этой программе, а также по аналогичным программам для ввода бумажной ленты с другим стандартом пробивки (в том числе и с международным кодом).

2. Программа связи с ЭВМ М-20

Программа связи состоит из программы, реализующей передачу кодового материала с магнитной ленты "Минск-2" на магнитную ленту М-20, а также программы, реализующей передачу кодового материала с магнитной ленты машины М-20 на магнитную ленту "Минск-2" для последующей выдачи на печать или перфорацию.

Управление программой связи осуществляется с пульта машины М-20. На машине "Минск-2" вводится "затравочная" программа. Она служит для приема массива n кодов. Управляющая программа вводится на М-20. По "Вызову" с М-20 на "Минске-2" происходит передача управления на

"затравочную" программу, которая осуществляет прием приказа. С основной машины передается приказ, который представляет программу, написанную в кодах машины "Минск-2".

Контроль правильности передачи кодовой информации осуществляется программным путем. Вместе с каждым массивом передается код, представляющий m - разрядную циклическую сумму кодов ($K \Sigma_1$), где $m = 37$ для системы М-20 - "Минск-2". Прием массива считается правильным, если контрольная сумма, вычисленная на принявшей машине, совпадает с $K \Sigma_1$. После приема приказа вспомогательная машина посылает положительный или отрицательный отзыв, если, соответственно, контрольные суммы совпадают или не совпадают.

В первом случае управление передается на выполнение принятого приказа, в противном случае - вспомогательная машина выходит на повторный прием приказа. С основной машины, после получения отрицательного отзыва, повторяется передача приказа.

Если отзыв содержит информацию о том, что данный приказ выполнен быть не может (например, данный массив нельзя считать с ленты), на основной машине формируется новый приказ или работа оканчивается.

Кодовый материал, подлежащий передаче на магнитную ленту М-20 по программе связи (см. рис. 3) должен быть записан массивами по n кодов (учитывая и $K \Sigma_1$) на магнитную ленту машины "Минск-2".

Начальный адрес K -ого массива равен:

$$P_k = P_1 + n(k-1),$$

где P_1 - начальный адрес первого массива. На магнитной ленте записывается информация о длине массива и шкала (паспорт ленты).

Шкала представляет два 37-разрядных кода, каждому массиву поставлен в соответствие разряд в шкале. Наличие единицы в разряде шкалы обозначает, что в соответствующем массиве записан материал.

Запись кодового материала, полученного с магнитной ленты "Минска-2", может идти, начиная со второй зоны или с первой свободной зоны.

Параллельно с записью кодового материала формируется специальная таблица информации (ТИ). Каждая строка этой таблицы содержит признак

массива, полученного с магнитной ленты машины "Минск-2", и адрес этого массива на магнитной ленте М-20.

Перед каждым сеансом связи на клавиатуре пульта управления М-20 набирается информация о том, куда записывается материал на М-20, с какого блока магнитной ленты "Минска-2" и начиная с какого массива считывается кодовый материал.

Программа может работать в следующих режимах:

- 1) запись с начала ленты;
- 2) запись на ленту, часть которой занята полезной информацией;
- 3) запись при отсутствии паспорта магнитной ленты машины "Минск-2".

Параллельно с передачей материала формируется шкала, которая характеризует размещение полезной информации и позволяет обходить дефектные участки магнитной ленты.

Вариант программы связи для передачи с М-20 на "Минск-2" (см. рис. 4) построен аналогично программе передачи данных с "Минск-2" на М-20.

3. Обработка данных фильмо- вой информации

Этот раздел посвящен краткой характеристике системы программ на машине М-20 для обработки данных, накапливаемых на "Минск-2" по программе ввода с бумажной ленты и с полуавтоматов на линии с ЭВМ (см. п. 1 и п. 4 этого параграфа). Эти данные, переданные на магнитную ленту М-20, представляют собой координаты точек траекторий частиц, участвующих в ядерных реакциях, а также координаты опорных точек (реперных крестов), измеренные полуавтоматами на стереофотографиях реакций в пузырьковых камерах и камерах Вильсона.

Квантом данных для обработки являются данные по одному событию (одной реакции). Одно событие обрабатывается последовательно по целому ряду программ, организованных в большие системы программ (см., например /8,9,10 13/). Как отмечалось выше, в одной зоне магнитной ленты может быть записано несколько событий.

Первый этап обработки данных по одному событию заключается в проверке правильности измерения, выбросе плохо измеренных точек на треке, переходе в оптическую систему координат, в восстановлении по координатам на стереопроекциях пространственных координат трека, нахождении параметров частицы и ее траектории (заряд, импульс, направляющие косинусы) путем подбора по методу наименьших квадратов соответствующей теоретической кривой для траектории. Результаты работы программы выдаются на перфокарты, магнитную ленту и печать.

Обработку на этом этапе выполняют так называемые геометрические программы. Их сложность определяется обычно возможностями применяемой для обработки ЭВМ. Геометрические программы, используемые в ОИЯИ, имеют порядка 10 тысяч инструкций.

Вторым этапом обработки является проведение идентификации типа реакции и частиц для зарегистрированного события. Данные о треках, найденные в геометрических программах, используются для проверки вероятностей возможных типов реакций для данного события. Проверка производится путем минимизации нелинейных функционалов, построенных на основании законов сохранения импульса и энергии. При минимизации производится уточнение параметров треков. Результаты обработки выдаются на магнитную ленту, перфокарты, печать. В ОИЯИ имеется набор программ, позволяющих производить идентификацию различных типов реакций (см., например, /4,13/). Программы этого этапа по сложности не уступают геометрическим программам.

Последующий этап обработки данных заключается в обработке в целом всех событий по эксперименту с выдачей физическим статистических данных в виде таблиц и гистограмм. У нас имеется ряд отдельных программ для обработки данных на этом этапе. Сейчас в ОИЯИ находятся в стадии разработки две универсальные программы для обеспечения нужд физиков в обработке данных на этом этапе.

На этом закончим характеристику программ обработки фильмо-
вой информации. Мы не ставили задачи дать их описание. Однако общую характеристику этих программ считали необходимым привести, так как описываемая в этой работе система машин предназначена в первую очередь для обработки фильмо-
вой информации. Сейчас основные усилия в области обработки данных направлены на создание в ближайшие годы мощной системы

обработки фльмовой информации, способной обрабатывать миллионы траекторий частиц в год. (В настоящее время обрабатывается 200 тыс. траекторий в год). Создание этой системы предполагает как создание более мощного комплекса ЭВМ на базе БЭСМ-6 и ряда БЭСМ-4, создания автоматических и полуавтоматических систем измерения снимков, так и создания системы математического обеспечения с транслятором с ФОРТРАНа и большой библиотекой программ обработки данных на ФОРТРАНе типа `TRESH`, `CRIND`, `SLICE`, `SUM`, используемых в ЦЕРНе.

4. Программа управления работой измерительных полуавтоматов

Группа измерительных полуавтоматов (п/а) с электроуправляемыми пишущими машинками (п/м) присоединена через стойку связи к одному из внешних каналов на машине "Минск-2". Полуавтоматы работают одновременно и независимо друг от друга по измерению различных событий. Измеряются координаты траекторий частиц и реперных крестов для событий, зарегистрированных на фотопленках в двухметровой пропановой камере с шестью объективами. Последующая обработка каждого события ведется по геометрической программе (см. предыдущий раздел), описанной в ^{10,17/}. На рис. 5 и 6 приводится общая блок-схема программы связи "Минск-2" с группой измерительных полуавтоматов. Ниже дается краткая характеристика программы и ее работы. Более подробное описание организации связи с полуавтоматами приводится в работах ^{14,15/}. На машине при работе с полуавтоматами производится обработка в плоскости кадра поступающей информации. Если выполняемая часть программы допускает возможность прерывания, выставляется разрешение на прерывание. После измерения на п/а координат точки, реперного креста или присылке служебных данных информация пересылается на стойку связи и выставляется запрос на связь с ЭВМ. Если канал занят (не снята информация со стойки, посланная с другого полуавтомата), блокируется возможность измерения на полуавтомате на время ожидания съема информации. После съема информации со стойки связи, если нет другого запроса на связь, программа продолжает свою работу.

Программа принимает коды с п/а с контролем и накапливает их в промежуточном буфере D оперативной памяти ЭВМ. При этом для дополнительного контроля осуществляется выдача на п/м при полуавтоматах подтверждения о получении того или иного кода. После окончания измерения имеется полный документ о топологии измеренного события. Адреса фраз для выдачи на п/м накапливаются в буферах B_j ($j = 1 \div N$). Программой также ведется контроль за поступлением служебной информации и производится распечатка ее на п/м.

Проверяется качество измерения реперных крестов. При плохом качестве измерения программа сообщает оператору о необходимости перемера, а следующее измерение аннулирует.

Ведется контроль за измерением точек вдоль трека. Производится выброс "плохих" точек по методу наименьших квадратов. При большом числе "плохих" точек программа сообщает оператору о необходимости перемера трека.

Производится слежение за последовательностью измерений, при этом фиксируются случаи двойного измерения одной и той же точки и делается сообщение об этом оператору на п/м.

Накапливая информацию на МЛ, программа ведет шкалу соответствия в стандартной форме, необходимой для работы программы связи "Минск-2" с М-20.

Имеются отдельные блоки в программе, позволяющие по запросу производить чтение любого массива на МЛ, реперфорацию любого участка программы с получением его контрольной суммы, настройку по заданным математическим номерам лентопротяжных механизмов.

По специальному признаку, посылаемому оператором с п/а, производится проверка устойчивости отсчётной системы прибора. В программе имеются специальные блоки контроля измерений, учитывающие специфику измеряемых событий.

Программа может работать в двух режимах: в системе программы "Диспетчер" и вне ее.

Управление подключением отдельных программ контроля осуществляется с помощью ключей на пульте управления машины "Минск-2".

Программа вместе с буферами для накопления при своей работе занимает практически всю оперативную память (6 тыс. ячеек).

Программа рассчитана на присоединение к "Минск-2" до 7 полуавтоматов. В процессе ее работы за одну секунду происходит ≈ 10 прерываний для съема чисел с полуавтоматов и отправки кодов на пишущие машинки. Одновременный счет другой большой задачи вместе с измерением практически исключается. В случае необходимости обслуживания "Минском-2" другого канала связи в работе операторов на полуавтоматах наступает пауза на время работы программы, обслуживающей этот канал связи.

5. Программа обслуживания канала связи с ИЦ спектрометрии

Информация измерительного центра ЛНФ представляет собой результаты амплитудного, временного или многомерного анализа, проводимого с помощью многоканальных анализаторов, которыми оснащен ИЦ ЛНФ^{/7,19/}. На ЭВМ информация поступает массивами от 200 до 2000 слов в зависимости от числа каналов анализатора.

Одновременно ведется накопление на анализаторах экспериментальных данных для различных экспериментов. По мере заполнения того или иного анализатора оператор посылает на ЭВМ "Минск-2" запрос на связь. В случае разрешения машина "Минск-2" прерывает выполнение текущей программы и переходит на работу по программе двухсторонней связи с ЛНФ. В одном сеансе связи может быть передано несколько массивов информации. Общая блок-схема работы программы связи показана на рис. 7 (см. также^{/18/}).

Программа связи ИЦ ЛНФ с машиной "Минск-2" может работать в 4-х режимах.

Первый режим предназначен для работы без обратной передачи. Он может использоваться при неисправностях или занятости для других целей принимающей аппаратуры в ЛНФ.

Второй режим позволяет оператору в ЛНФ убедиться в правильности передачи по той информации, которая возвращается в ЛНФ.

Третий режим включает элемент обработки. По нарастающим суммам каналов, которые получаются по правилу:

$$S_i = \sum_{k=1}^i a_k$$

оператор может найти площадь любого участка спектра.

Четвертый режим используется для выполнения медленных автоматических операций (построение графиков, вывод на печать, визуальный контроль на осциллографе).

Если сеанс связи прошел нормально, на машине "Минск-2" выводится на печать следующая информация: паспорт (информация о месте расположения переданной партии на магнитной ленте), обращение, с которым была передана партия и первые тридцать четыре канала с десятичной нумерацией всей партии.

Во всех 4 режимах работы программы принимаются программные меры, контролируемые качество работы аппаратуры и контроль сохранности информации. В программе предусмотрена возможность контролировать сохранность информации в МОЗУ и запись ее на магнитную ленту (машинный и программный).

В программе предусмотрены 7 "аварийных выходов", возникающих в связи с неудовлетворительной работой того или иного узла аппаратуры в ЛНФ или ЭВМ:

1. Сбой при приеме обращения.
2. В обращении неверно задан режим работы.
3. Сбой при приеме массива данных из ЛНФ.
4. Сбой при записи массива на МЛ.
5. Сбой при записи паспорта на МЛ.
6. На ленте нет массива с данным служебным признаком.
7. Сбой на обратной передаче в ЛНФ.

В любом из этих аварийных режимов на печать машины "Минск-2" выдается информация о характере сбоя, в ЛНФ передается сигнал "Авост 1" или "Авост 2" в зависимости от типа сбоя.

Останов машины происходит лишь в случае, требующем вмешательства оператора в работу машины (необходимость обновить программу, необходимость сменить магнитную ленту). Такой режим работы программы оказывается весьма целесообразным, т.к. опыт работы показывает, что большая часть сбоев связана с ошибкой оператора в ИЦ ЛНФ.

Накопленные данные в сеансах связи с ИЦ ЛНФ в последующем сначала обрабатываются на "Минск-2" по программам сборки. Поскольку от измерительного центра ЛНФ при сеансах связи поступают без всякой закономерности данные для различных экспериментов, которые в порядке поступления последовательно записываются на одну магнитную ленту, по программам сборки производится комплектация данных по одному эксперименту на одной магнитной ленте. Данные с магнитных лент затем при сеансах связи с М-20 переписываются на магнитную ленту М-20, где в последующем производится окончательная обработка этой информации. Для более полного контроля за ходом эксперимента в настоящее время на ЭВМ "Минск-2" создается библиотека программ предварительной обработки данных на "Минск-2", что позволит посылать в процессе эксперимента в ИЦ ЛНФ более полную информацию для физиков.

6. "Диспетчер". Организация работы по нескольким программам и каналам связи

Как уже отмечалось в главе I, машина "Минск-2" обслуживает операции по обмену информацией с внешними по отношению к этой ЭВМ объектами (измерительный центр ЛНФ, измерительный центр с группой полуавтоматов, машины М-20). Кроме того, на машине отлаживаются и считаются некоторые другие задачи.

В первое время обмен информацией между "Минск-2" и внешними объектами носил характер отдельных коротких сеансов: при необходимости оператор вводил соответствующую программу в оперативную память машины через читающее устройство, и после некоторых операций настройки программы машина "Минск-2" оказывалась готовой к работе с внешним объектом.

С учащением сеансов связи и в особенности после подсоединения группы измерительных полуавтоматов к одному из внешних каналов связи "Минск-2" появилась необходимость в режиме, обеспечивающем автоматическую смену программ связи. Эти функции и выполняет программа "Диспетчер", постоянно находящаяся на защищенном участке памяти "Минск-2",

"фиксированные ячейки" связи, из которых выбирается первая команда в момент прерывания, и сама программа "Диспетчер" расположены в конце второго куба памяти, начиная с ячейки 16 000. Схема защиты памяти блокирует запись и считывание этой части МОЗУ рабочими программами. Если какая-либо программа обратится к этой части второго МОЗУ, "Диспетчер" зафиксирует нарушение условий нормальной работы по этой программе и счет по ней будет прекращен.

"Диспетчер" использует одну магнитную ленту (нулевая лентопротяжка). Рабочие программы могут только считывать с этой ленты, так как запись на нее заблокирована схемой защиты памяти.

На пульте задействованы дополнительно 5 ключей, управляющих режимом работы программы "Диспетчер".

Данный вариант "Диспетчера" рассматривает всю неохраемую часть оперативной памяти как одну программу. Другими словами, в оперативной памяти машины могут быть либо программа связи с каким-либо одним внешним объектом, либо программа математика (так в дальнейшем будем называть программу, не являющуюся программой связи). При смене программ "Диспетчер" записывает на магнитную ленту содержимое всей неохраемой части оперативной памяти. При считывании программ с магнитной ленты неохраемая часть оперативной памяти обновляется полностью.

Порядок работы с внешними объектами задается программным приоритетом, приспанным этим объектам. В системе данного "Диспетчера" программа математика имеет наинизший приоритет.

Программа связи с тем или иным объектом может работать только со "своим" объектом, т.е. ей доступен только один внешний канал связи. Если по какой-либо причине в процессе работы программы связи произойдет прерывание по сигналу от "чужого" объекта, "Диспетчер" исправляет ситуацию, снимая разрешение прерывания для "чужого" объекта.

До выполнения специальной команды ухода в "Диспетчер" программа связи удерживается в МОЗУ даже при наличии сигналов вызова с объектов большего приоритета. Этот же уход в "Диспетчер" может быть использован программой связи, когда последняя ожидает сигнала вызова со "своего" объекта.

Для координации операций обмена "Диспетчер" использует программные часы. В процессе своей работы "Диспетчер" осуществляет самоконтроль приблизительно каждые 3 минуты.

Ключи "Диспетчера" могут быть использованы для:

- 1) фиксации работающей программы связи в оперативной памяти "Минск-2";
- 2) срочного освобождения МОЗУ от всех программ;
- 3) вызова с МЛ в МОЗУ любой программы связи или прерванной программы математика;
- 4) задания режима, при котором "Минск-2" работает только по программам связи машины с внешними объектами.

"Диспетчер" рассчитан на работу с числом программ не более восьми.

При появлении дефектов на магнитной ленте "Диспетчер" производит перезапись всех программ на новую ленту через вспомогательную, которая ставится в этом случае на первую лентопротяжку (это вызвано плохой взаимозаменяемостью используемых магнитофонов).

"Диспетчер" выдает на печать соответствующую информацию при всех перезагрузках памяти, а также при некоторых других операциях.

Условия работы математика за пультом "Минск-2" в системе данного "Диспетчера" мало чем отличаются от обычных.

Описанная система ЭВМ и система обработки постоянно совершенствуются. При этом расширяются и возможности отдельных каналов обработки. В настоящее время в эту систему включается ЭВМ "Минск-22", которая возьмет на себя задачу обслуживания измерительных полуавтоматов и задач математиков и физиков. Спектрометрическая обработка будет в основном обеспечиваться ЭВМ "Минск-2". Ввод данных с бумажной ленты будет вестись на обеих машинах. В ОИЯИ начаты также работы по созданию системы обработки на базе системы машин из БЭСМ-6 и шести ЭВМ БЭСМ-4. Система обработки будет состоять из измерительных центров с ЭВМ БЭСМ-4, соединенных кабелями с центральным вычислительным комплексом из ЭВМ БЭСМ-6 и БЭСМ-4.

Л и т е р а т у р а

1. IBM-7090 Data Processing System. International Business Machines Corporation, Form A22-6528.
2. Control Data 6600 Series Computer Systems. Reference manual. Control Data Corporation, pub. No. 60100 000, July 1965, USA.
3. UNIVAC 1108 Computer System. UNIVAC Division of Sperry Rand Corporation, UP-3941, USA.
4. Н.Н.Говорун. Обзор работ, выполненных в математическом отделе вычислительного центра ОИЯИ, по обработке экспериментальных данных, полученных в пропановых, пузырьковых камерах и камерах Вильсона. Препринт ОИЯИ, 2005, Дубна, 1965.
5. А.Я.Астахов, Н.Н.Говорун, И.М.Иванченко, Г.М.Кадыков, З.В.Лысенко, В.В.Федорин. Система ввода информации в М-20 через буферную машину. Препринт ОИЯИ, 2914, Дубна, 1966.
6. В.Я.Алмазов, И.А.Голутвин, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.Д.Неустров, В.Д.Степанов. Полуавтоматическая установка ПУ для автоматизации измерений камерных снимков. Препринт ОИЯИ, 1352, Дубна, 1964.
7. Г.И.Забиякин, В.И.Замрий, В.И.Семашко. Автоматизированная система подачи информации из многоканальных анализаторов в вычислительную машину. ПТЭ, № 4, 139-143 (1964).
8. О.В.Благодарова, З.М.Иванченко, А.Ф.Лухьянцев, В.И.Мороз, И.С.Новикова, Г.Н.Тентюкова, Шень-Чен-Хуа. Программа геометрической реконструкции для пропановой камеры, сфотографированной двухобъективной стереоголовкой. Препринт ОИЯИ, 2005, Дубна, 1965.
9. Н.Н.Говорун, И.В.Попова, Л.А.Смирнова, Т.В.Рыльцева, В.А. Никитин, А.А.Номофилов, В.А.Свиридов, Л.А.Слепец, И.М.Ситник, Л.Н.Струнов. Методика обработки следов частиц малой энергии, получаемых в камере Вильсона. ПТЭ, №4 (1966). Препринт ОИЯИ, 2036, Дубна, 1965.
10. Н.А.Буздавина, Э.М.Иванченко, В.Г.Иванов, И.Паточка, М.И.Попов. Геометрическая программа для метровой пропановой пузырьковой камеры. Препринт ОИЯИ, 2095, Дубна, 1965.
11. В.Ф.Ляшенко. Программирование для электронной цифровой вычислительной машины М-20. Москва, 1963.
12. В.М.Савинков. Программирование для ЭЦВМ "Минск-2", Москва, 1965.

13. З.М.Иванченко, А.Ф.Лукьянцев, В.И.Мороз, В.И.Никитина, Л.С.Нефедьева, Ян-Фу-Цин. Программы идентификации каналов реакций в трековых камерах в магнитном поле. Препринт ОИЯИ, 2005, Дубна, 1965.
14. В.Н.Шигаев. Некоторые вопросы программного управления связью ЭВМ "Минск-2" с группой полуавтоматов для обмера фотоснимков с трековых камер. Препринт ОИЯИ, Р10-3172, Дубна, 1967.
15. В.Н.Шигаев. Обзор программ связи ЭВМ с группами измерительных приборов ЛЯП и ЛВЭ. Препринт ОИЯИ, 5-3263, Дубна, 1967.
16. В.Н.Шигаев. Программа "Диспетчер" для ЭЦВМ "Минск-2". Препринт ОИЯИ, 5-3263, Дубна, 1967.
17. Г.Н.Тентюкова. Обзор стандартных программ, выполняемых в ВЦ ОИЯИ, для обработки треков. Программа для многообъективных пузырьковых камер ОИЯИ. Препринт ОИЯИ, 5-3263, Дубна, 1967.
18. Л.С.Нефедьева, В.Н.Шигаев, В.М.Ягафарова. Математическое обслуживание канала связи ЭЦВМ "Минск-2" с измерительным центром ЛНФ. Препринт ОИЯИ, 5-3263, Дубна, 1967.
19. Г.И.Забиякин, В.Н.Замрий, Л.С.Нефедьева, Ю.М.Останевич, В.М.Ягафарова. Двухсторонняя связь измерительного центра с вычислительной машиной. Препринт ОИЯИ, 10-3150, Дубна, 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 мая 1967 года.

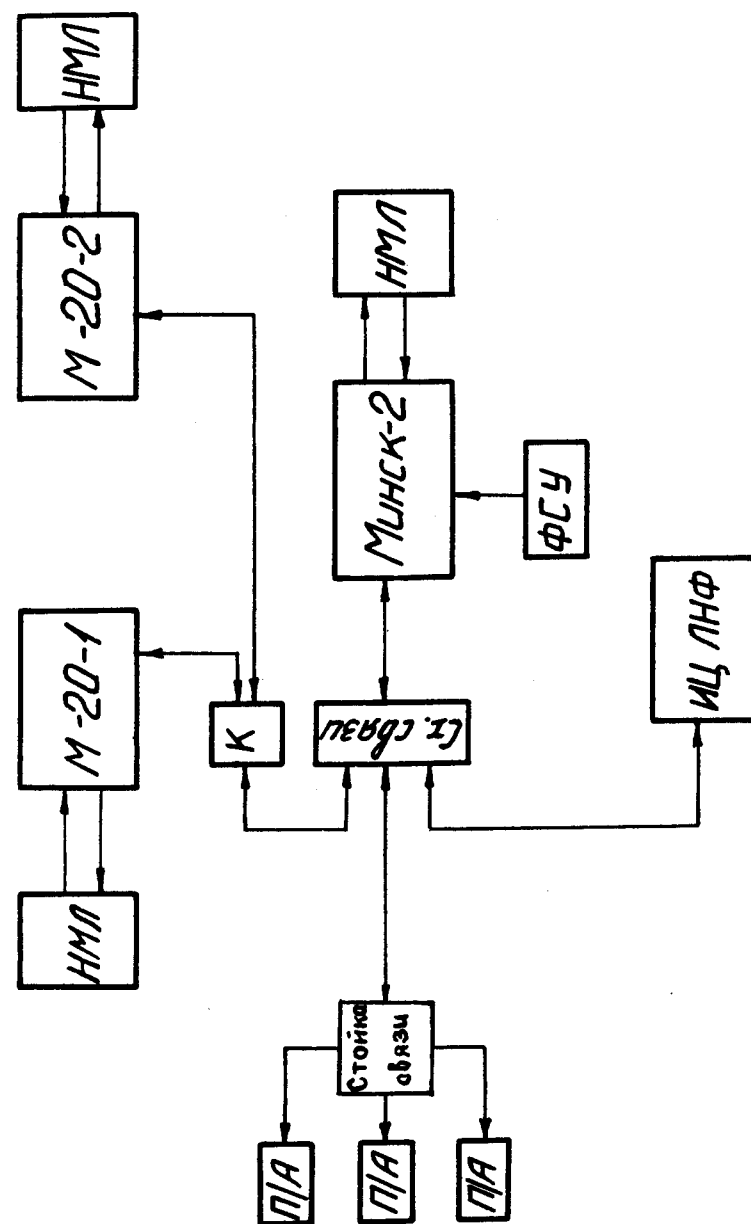


Рис. 1. Блок-схема системы обработки данных.

Рис. 2. Блок-схема связи машин М-20 и "Минск-2".

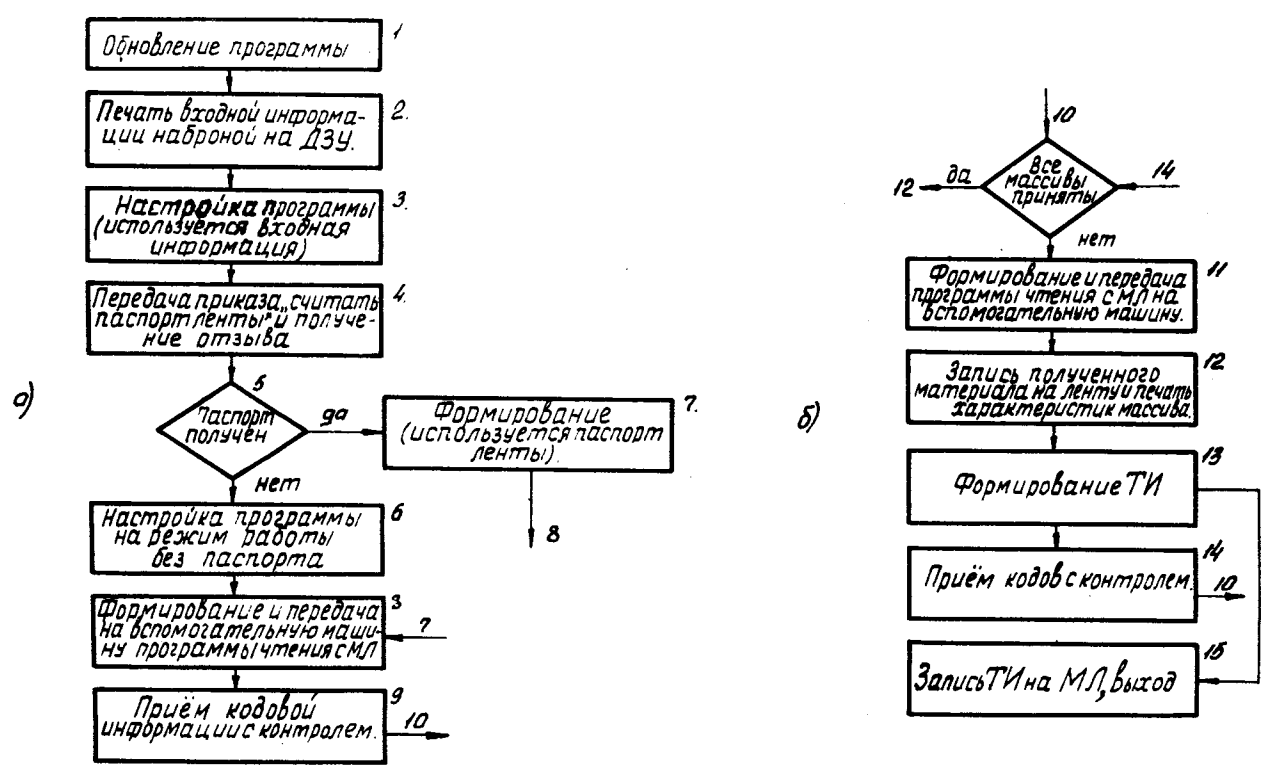
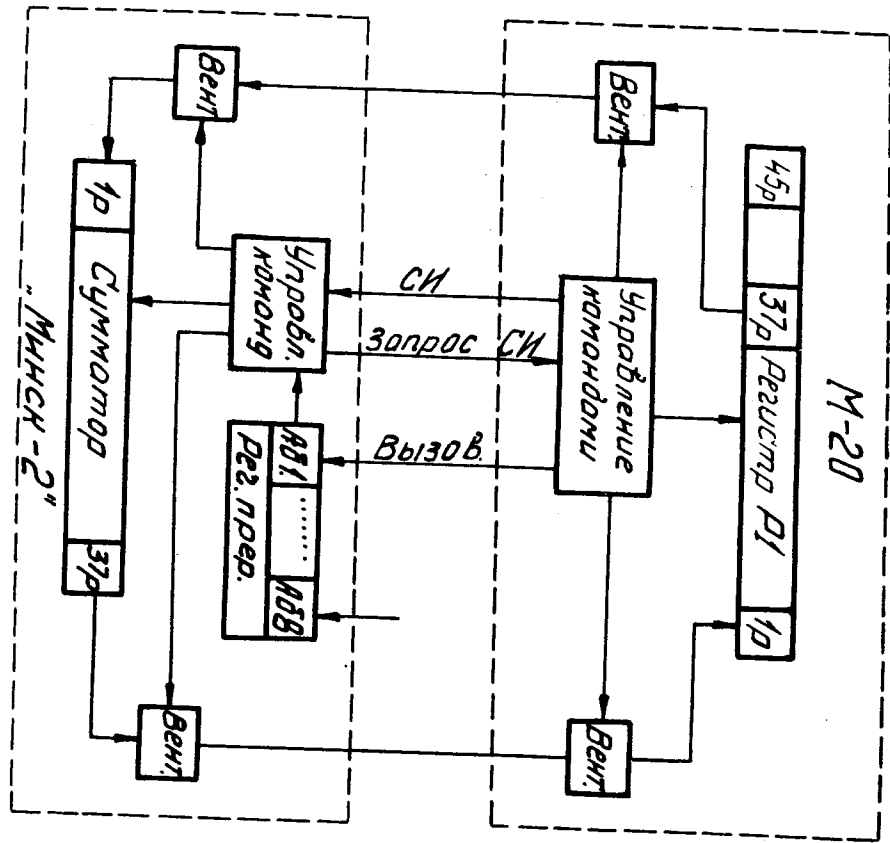


Рис. 3. Блок-схема программы, реализующей передачу кодового материала с МЛ вспомогательной машины на МЛ основной. На схеме показана управляющая часть программы.

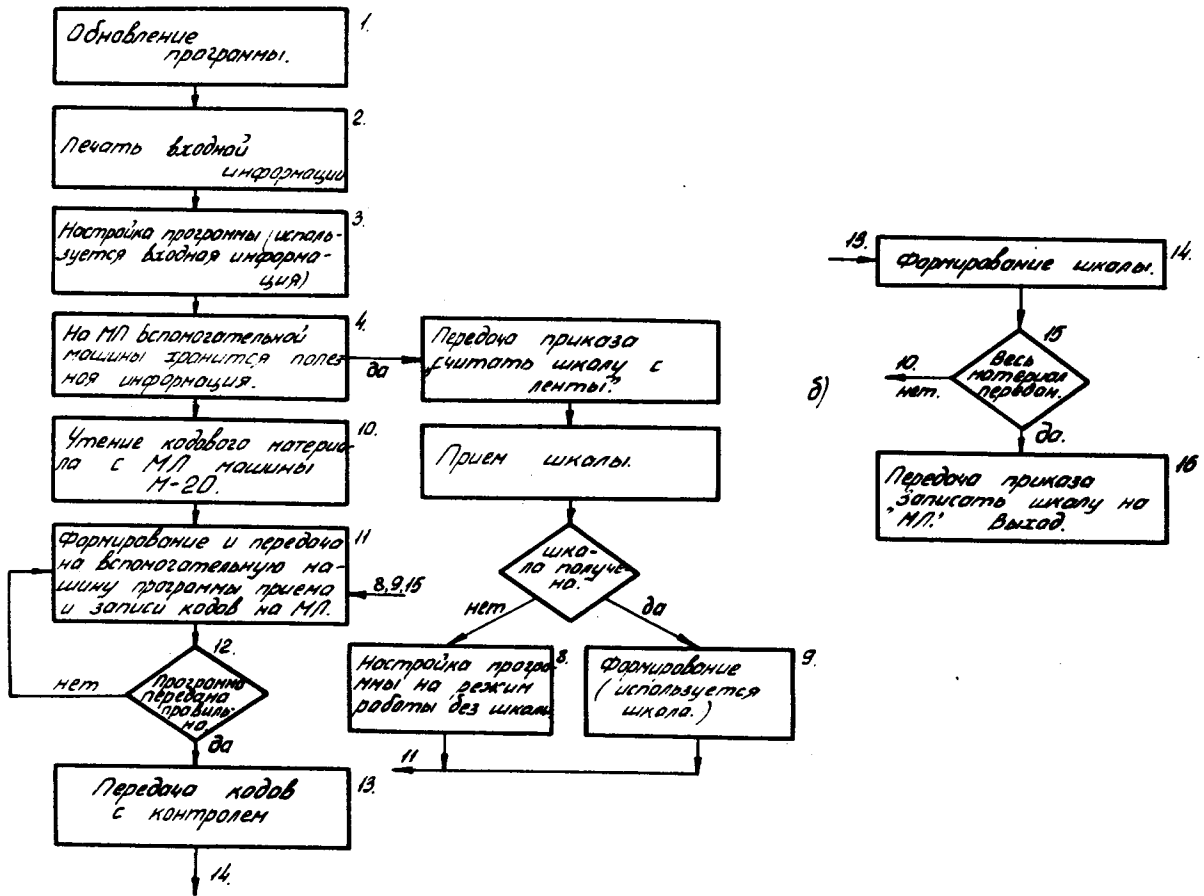


Рис. 4. Блок-схема программы, реализующей передачу кодового материала с МЛ основной машины на МЛ вспомогательной.

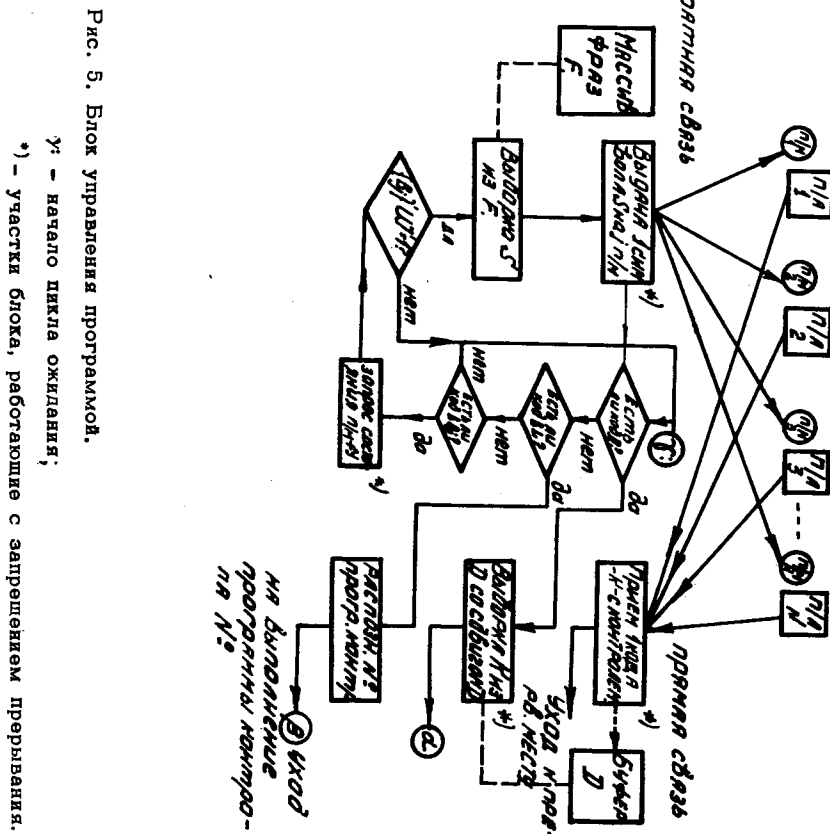


Рис. 5. Блок управления программой.
 * - начало цикла ожидания;
 * - участки блока, работающие с запрещенным прерыванием.

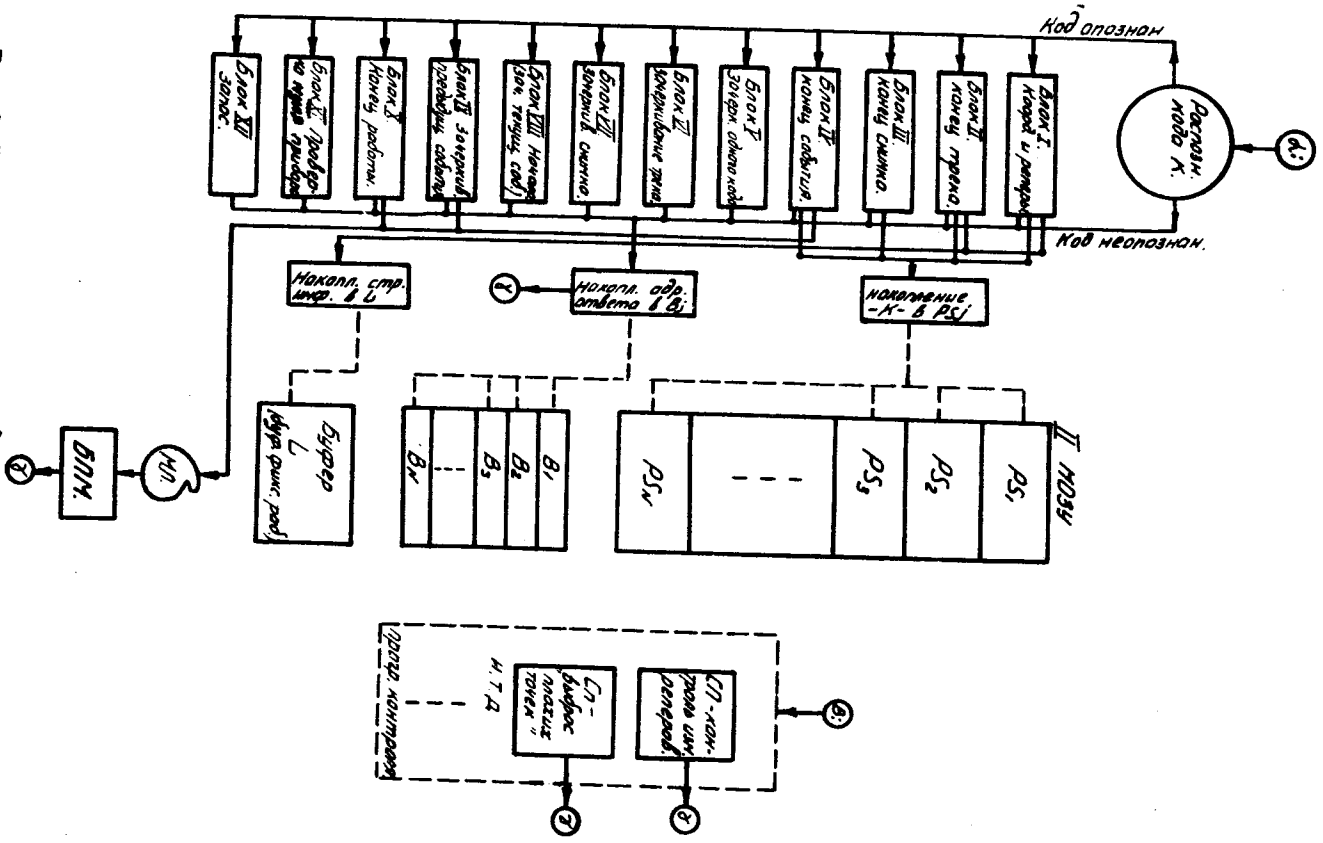


Рис. 6. Блок контроля и накопления информации.

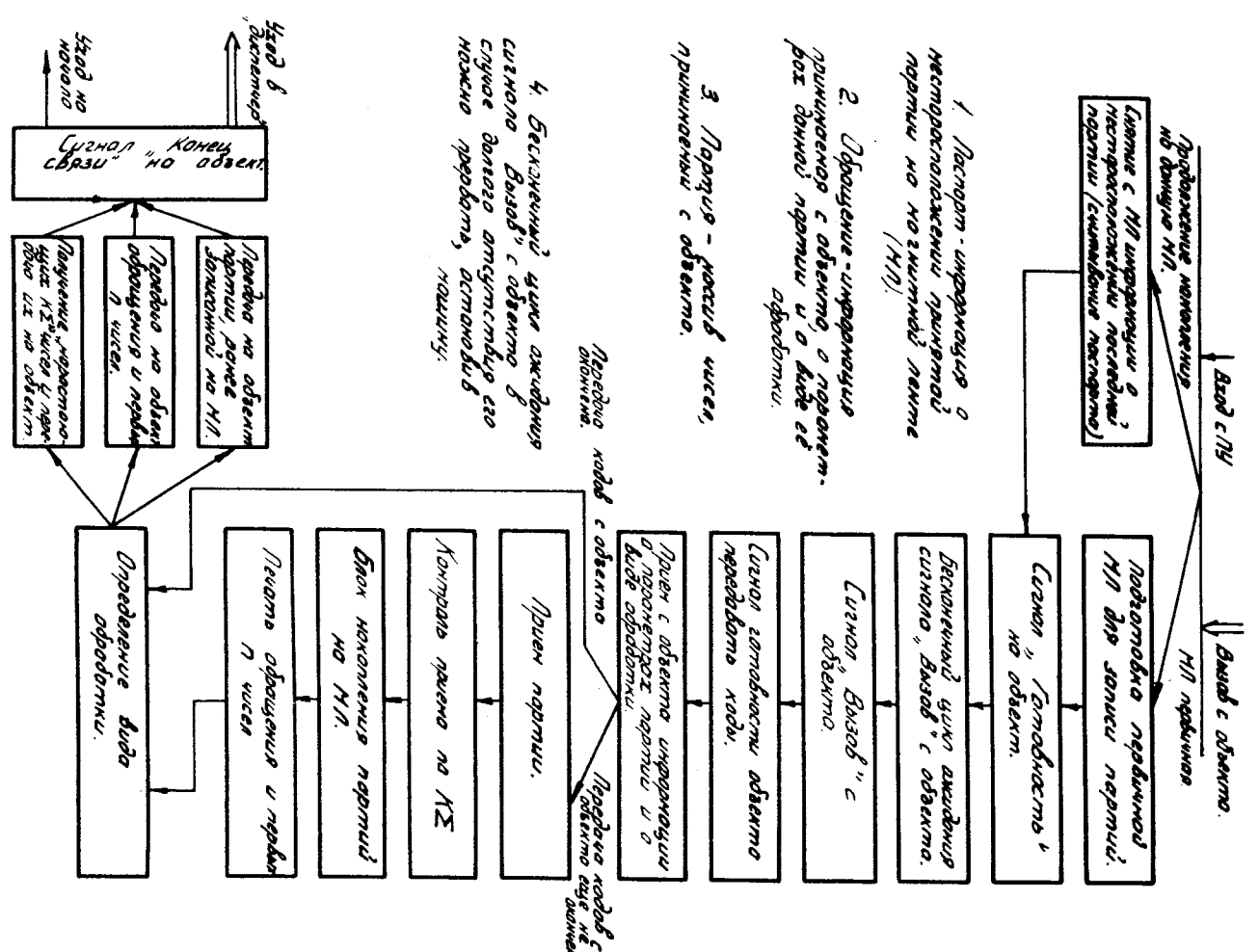


Рис. 7. Блок-схема приема данных из ИИ ДДФ.