

Ц 845  
3-123

ПТЭ, 1968, №2, с. 78-82

28/III-67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10-3150



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Г.И. Забиякин, В.Н. Замрий, Л.С. Нефедьева,  
Ю.М. Останевич, В.М. Ягафарова

ДВУХСТОРОННЯЯ СВЯЗЬ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА  
С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ

1967.

10-3150

4851/1, 49.

Г.И. Забиякин, В.Н. Замрий, Л.С. Нефедьева,  
Ю.М. Останевич, В.М. Ягафарова

ДВУХСТОРОННЯЯ СВЯЗЬ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА  
С ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНОЙ

Направлено в ПТЭ



Особенности современного физического эксперимента, использующего многоканальные измерительные системы (многоканальные анализаторы), ставят перед экспериментатором две важные проблемы. Результаты измерений необходимо достаточно быстро, во-первых, вывести из измерительной системы и, во-вторых, подвергнуть математической обработке.

В измерительном центре<sup>/1/</sup> осуществлена связь группы многоканальных измерительных систем с электронной вычислительной машиной. На первых этапах развития этой связи была обеспечена возможность передачи результатов измерений в вычислительную машину<sup>/2/</sup>, роль которой при этом сводилась к оперативному приему и хранению информации. Тем самым была решена первая из перечисленных выше проблем — быстрый вывод экспериментальных данных — и часть второй проблемы — быстрый ввод этих данных в машину. В качестве иллюстрации важности решения проблемы заметим, что суточная "продукция" измерительного центра может составлять около 200 спектров ( $\approx 2 \cdot 10^6$  бит).

Собственно математическая обработка результатов измерений при этом проводилась с большим запозданием (спустя несколько часов, дней, после того, как информация введена в машину). Можно указать следующие причины такой задержки: 1) ручная подготовка (перфорирование и ввод) дополнительной информации, используемой при обработке результатов измерений; 2) выборка и пересылка накопленных результатов измерений из машины "Минск-2", осуществляющей прием, в более производительную машину "М-20", в которой проводится полная математическая обработка всей информации, и 3) отсутствие канала связи для передачи результатов обработки из машины в измерительный центр.

Однако необходимость обрабатывать результаты с малой задержкой в ходе эксперимента в ряде случаев велика. Например, для оператив-

ного контроля правильности работы физической аппаратуры часто необходимо иметь данные о площадях под определенными участками спектров, о положении характерных точек спектров и т.д. При многократном повторении измерений полезно контролировать совместимость результатов, получаемых при отдельных замерах. В ряде проводимых экспериментов ставится задача исследовать зависимость какой-либо характерной величины измеряемого спектра от независимого параметра (угла, температуры, давления и т.д.). Рациональное планирование значений параметра во многих случаях можно осуществить, лишь располагая результатами обработки предыдущих измерений. Применение вычислительных машин для оперативной обработки результатов измерений, безусловно, повысит "производительность" и уменьшит время (стоимость) проводимых экспериментов.

Описываемая система двухсторонней связи измерительного центра с вычислительной машиной "Минск-2" позволяет сократить время обработки до нескольких минут. Связь с машиной осуществляется при помощи приемно-передающего устройства. Основные требования к такому устройству (сформулированные с учетом опыта создания передающих устройств <sup>/3/</sup>), состоят в следующем.

Устройство должно обеспечить: а) передачу в машину данных из измерительных систем (или буферных запоминающих устройств) вместе с дополнительной информацией (называемой обращением к машине) о режиме связи, программе обработки и т.п.; б) приём из машины результатов обработки и сведений о выполнении или о причинах невыполнения требуемой программы.

Обмен информацией с машиной должен сопровождаться эффективным контролем правильности этого обмена. Устройство совместно с машиной должно обеспечить автоматическое повторение операций связи для устранения влияния случайных сбоев в системе.

Данные из многоканальной измерительной системы выводятся и передаются в виде отдельного сообщения (несколько сотен или тысяч 16-разрядных двоичных чисел). Сопровождающее обращение (до 8 десятичных 4-разрядных чисел) набирается экспериментатором на специальной клавиатуре.

Обмен информацией с машиной "Минск-2" осуществляется по описанной ранее <sup>/3/</sup> линии связи длиной 1,5 км. В машину выводится и передается набираемое на клавиатуре обращение и затем - данные из одного из запоминающих

устройства (МЗУ), подключаемых к приемно-передающему устройству при помощи коммутатора (рис. 1). По каждому сигналу "Запрос", поступающему из машины, очередные два кода выводятся в устройство, опрашиваются, преобразуются из параллельной формы в последовательную и передаются по коаксиальному кабелю в виде серий кодовых импульсов синхронно с тактовыми импульсами. Эти коды последовательно вводятся в один из регистров арифметического устройства (АУ) машины и далее записываются в оперативную память (МОЗУ) в виде 32-разрядного слова. Принятая информация переписывается машиной на магнитную ленту накопителя (НМЛ). Эта информация может быть обработана немедленно, либо впоследствии передана в более производительную машину М-20. Результаты обработки или другая информация (двоичные либо двоично-десятичные коды) из машины передаются (из того же регистра арифметического устройства по тому же кабелю) в приемно-передающее устройство. Передача кодов из машины происходит по тактовым импульсам, поступающим из устройства после каждого синхронизирующего сигнала "Запрос". Коды, принимаемые из машины, после преобразования из последовательной формы в параллельную, записываются в буферное запоминающее устройство МЗУ-4096, позволяющее принять одновременно до 4096 чисел. Из этого МЗУ информация может быть выведена в цифровой форме (осциллограф, график) либо, при необходимости, снова направлена в машину.

При помощи приемно-передающего устройства информация из любого МЗУ может быть записана в буферное МЗУ (как до передачи, так и во время передачи этой информации в машину).

Управление обменом информацией с машиной выполняется по сигналам, передаваемым по кабелю управления. Последовательности основных операций и управляющих сигналов в системе связи показаны на рис.2. На этом же рисунке слева показаны сигналы, индицируемые на световом табло устройства во время сеанса связи. В исходном состоянии (машина в рабочем состоянии и возможен обмен информацией) в устройство поступает разрешающий сигнал "Готовность". При необходимости связи с ЭВМ экспериментатор включает устройство ("Пуск"). В машину поступает сигнал вызова, являющийся требованием (причиной) прерывания текущих вычислений. Одновременно на табло появляется сигнал "Вызов", указывающий на то, что начался сеанс связи. После осуществления прерывания и подготовки к приему данных из машины поступает ответный сигнал ("Подождите"), который

устанавливает в исходное состояние клавиатуру, буферное МЗУ, приемно-передающее устройство и подключенное к его входу одно из МЗУ. После окончания подготовки в устройстве устанавливается режим передачи, на табло снимается сигнал "Вызов", но появляется сигнал "Передача", подтверждающий начало работы программы связи. С поступлением сигналов "Запрос" опрашивается клавиатура и передается обращение. Затем клавиатура отключается и разрешается опрос МЗУ. Передается еще 2<sup>а</sup> - 8 кодов, где <sup>а</sup> может иметь значение 4, 8, 9, 10, 11. По окончании передачи заданного количества чисел (сообщения) устройство переключается в режим приема. Соответствующий сигнал индицируется на световом табло. Последовательность дальнейших операций, связанных с обработкой данных и обратной передачей результатов обработки, определяется программой, указанной в обращении. После окончания обработки (или записи) принятой информации в машине устанавливается режим передачи. После окончания передачи результатов из машины поступает сигнал ("Хорошо 1"), по которому устройство переключается из режима "Прием" в режим "Передача". В машину передается контрольный код (признак "Сравнение"), разрешающий прекращение связи. Из машины поступает ответный сигнал ("Хорошо 2"), по которому снимается сигнал вызова (прерывания), и на табло устройства индицируется сигнал "Связь окончена". Помимо вышеописанной последовательности, программно могут быть заданы и другие последовательности операций. Например, из машины после приема 2<sup>а</sup> кодов поступают только сигналы "Хорошо". На различных этапах выполнения программы связи из машины могут поступать сигналы "Плохо", устанавливающие систему в исходное состояние. Тогда последовательность операций (и индицируемых на табло сигналов) повторяется.

В описываемой системе связи возможны программный и схемный методы автоматического контроля, а также их сочетание. Правильность работы системы зависит, прежде всего, от правильности расшифровки в машине принятого обращения. Коды, задающие режим работы программы, набираются на клавиатуре дважды (в различных разрядах одного числа). Эти коды расшифровываются дважды, и результаты расшифровки сравниваются на идентичность. После приема обращения в машине вырабатывается сигнал "Плохо 2", вызывающий повторное поступление обращения. Результаты анализа принятых обращений сравниваются на идентичность. В случае расхождения их делается еще одна попытка приема и

сравнения. При совпадении обращения с каким-либо из двух, ранее принятых, оно принимается за истинное. С целью контроля вся принятая информация в машине суммируется. При программном контроле образуемая сумма сравнивается с аналогичной суммой, образуемой после второй передачи информации, вызываемой сигналом "Плохо 3". При несовпадении этих сумм передачи и контрольные операции повторяются. Контроль информации, полученной из машины, может быть осуществлен аналогично после возврата в машину этой информации из буферного МЗУ. Примененный метод схемного контроля позволяет сократить время выполнения операций, связанных с контролем. Для этой цели предназначен 16-разрядный контрольный сумматор, в который заносятся числа, передаваемые в машину. Образующаяся контрольная 16-разрядная сумма (с циклическим переносом) передается последним кодом для сравнения с аналогично вычисленной суммой в машине, как описано в <sup>12/</sup>. В этом же сумматоре образуется и контрольная сумма всех чисел, поступивших из машины. Последним числом поступает 16-разрядная контрольная сумма, вычисленная в машине и представленная обратным кодом (все "1" кода заменены на "0" и наоборот). При правильном приеме содержание сумматора дополнено до максимального значения (в разрядах только "1"). Передаваемый из устройства признак "Сравнение" подтверждает правильность приема. В случае отсутствия такого признака (при несовпадении сумм) из машины поступает сигнал "Плохо 4". Происходит повторная передача (фиктивная) и повторный прием - при необходимости до трех раз. Последний метод контроля весьма эффективен. При повторяющихся сбоях (более чем трехкратное повторение операций связи по какому-либо из сигналов "Плохо") работа программы связи прекращается с одновременной посылкой сигнала "Плохо" еще один раз. При этом на световом табло указывается сигнал "Авост 1" (если последнему сигналу "Плохо" предшествовал сигнал "Хорошо Г) либо - сигнал "Авост 2" в противоположной ситуации. Последовательность этих сигналов, задаваемая программой, указывает на повторяющееся несовпадение контрольных сумм или другие неполадки, связанные с работой машины (конец ленты и т.п.).

Работа всей системы проверяется при помощи тестовой программы, учитывающей особенности всех режимов обмена информацией. В обращении указывается код тестовой программы, количество передаваемых и количество принимаемых чисел, режим контроля (программный или схемный), режим связи

(либо передача, либо передача - прием, либо циклическое повторение операций связи и т.п.) и характер передаваемой и принимаемой информации (произвольные числа либо определенные коды). Отдельные этапы программы (операции связи) разделены секундными интервалами времени, и операторы визуально могут наблюдать прохождение программы.

Используемая в настоящее время программа двухсторонней связи позволяет осуществить один из четырех режимов связи. Требуемый режим указывается набором соответствующего кода в обращении. В первом режиме экспериментальные данные передаются в машину и накапливаются на магнитной ленте. После окончания записи данных из машины поступает сигнал окончания связи. Во втором режиме, помимо передачи, осуществляется прием из машины обращения и первых 34 чисел переданного сообщения. В третьем режиме, кроме того, из машины поступает сообщение, состоящее из нарастающих сумм, полученных по правилу  $S_1 = \sum_{k=1}^i m_k$ , где  $m_k$  - код, переданный из  $k$ -го канала измерительной системы<sup>х</sup>). В четвертом режиме после передачи обращения принимается информация, хранящаяся в машине с признаками, указанными в обращении.

Первый режим предусмотрен для передачи данных, когда буферное МЗУ может быть занято для других целей. Второй режим позволяет экспериментатору убедиться (после вывода на печать принятых кодов) в правильности передачи и записи информации в накопитель машины. Третий режим, включающий элементы математической обработки результатов измерений, позволяет экспериментатору оперативно определить площадь любого участка спектра. Четвертый режим позволяет возвращать из машины требуемую информацию для визуального контроля или оценки (после вывода из буферного МЗУ на осциллограф, график или печать). Время выполнения первых двух режимов составляет 15-20 сек, а третьего - около

---

х) Принимаемая из машины информация, представленная в виде двоично-десятичных кодов, с целью удобства расшифровки содержит ряд кодов для управления печатью<sup>4/</sup>. Коды от 1100 до 1111, не имеющие печатаемых знаков (десятичных цифр), вызывают пропуск печати ("Пробел"). Например, код 1111 1100 1100 1100 - пропуск печати и изменение начала отсчета (установку в "0") номера чисел, а код 1100 1111 1100 1100 - остановку печатающего устройства. Последнее необходимо, так как длина принятого сообщения определяется программой связи.



40 сек, если магнитная лента находится в необходимой позиции. Время выполнения четвертого режима определяется временем поиска информации на магнитной ленте (до 1-2 мин).

Если сеанс связи прошел нормально, на машине "Минск-2" печатаются (протоколируются) следующие сведения: паспорт (сведения о месте расположения на магнитной ленте записываемых сообщений), обращение, с которым было принято сообщение, и первые 34 принятых числа.

При неудовлетворительном выполнении того или иного этапа в программе предусмотрена выработка одного из 7 аварийных признаков, указывающих характер сбоя: 1) сбой при приеме обращения, 2) в обращении неверно задан режим работы, 3) сбой при приеме данных, 4) сбой при записи данных на ленту, 5) сбой при записи паспорта на ленту, 6) на ленте нет информации с необходимым служебным признаком, 7) сбой при передаче результатов обработки. При этом на машине печатается (протоколируется) номер соответствующего сбоя, а на табло устройства связи индицируется один из сигналов "Авост".

Для полной математической обработки экспериментальных данных сейчас используется комплекс программ, состоящий из программы двухсторонней связи, ряда обслуживающих программ (программа сборки информации, хранящейся на магнитных лентах, и программа пересылки этой информации в машину М-20) и набора программ для математической обработки данных на машине М-20.

В настоящее время разрабатываются программы для двухсторонней связи с расширенными возможностями оперативной математической обработки. Эти программы позволят проводить следующие виды обработки: внесение поправок на мертвое время многоканального анализатора; сложение, вычитание, деление спектров; умножение спектра на число; обработка участка спектра методом наименьших квадратов и т.д. Экспериментатор может обратиться к любой из этих программ (к последовательности программ) и практически сразу после окончания замера получить необходимые результаты обработки. Такая система программ позволит и значительно уменьшить использование обслуживающих программ, так как большую часть передаваемых данных можно подвергнуть оперативной обработке в машине "Минск-2".

Опыт использования описываемой системы связи подтверждает, что возможность непосредственного обмена информацией с машиной поднимает на более

высокую степень методику проведения эксперимента. Вместе с тем реально постановка ряда новых задач комплексной автоматизации проведения физического эксперимента.

Для снижения времени обращения к машине "Минск-2" (в нашей системе время автоматического прерывания текущих вычислений и выхода на программу связи может составлять десятки секунд) необходимо расширение состава накопителей в этой машине либо использование машины более высокого класса.

Применение буферного МЗУ в измерительном центре при определенных условиях позволяет уменьшить зависимость проведения экспериментов от времени связи с машиной. С этой целью при помощи устройства связи данные из любой измерительной системы могут быть выведены за время, равное  $\sim 1$  секунде, в буферное МЗУ, из которого затем переданы в машины.

#### Л и т е р а т у р а

1. Г.П. Жуков, Б.Е. Журавлев, Г.И. Забиякин, В.Н. Замрий. ПТЭ, № 6, 34 (1964).
2. Г.И. Забиякин, В.Н. Замрий, В.И. Семашко. ПТЭ, № 4, 139 (1964).
3. Г.И. Забиякин, В.Н. Замрий. Труды 6 конференции по ядерной радиоэлектронике, т.3, ч. 1, 100. Атомиздат, М., 1965.
4. В.А. Владимиров, В.Н. Замрий. Препринт ОИЯИ, 2583, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел  
1 февраля 1967 г.

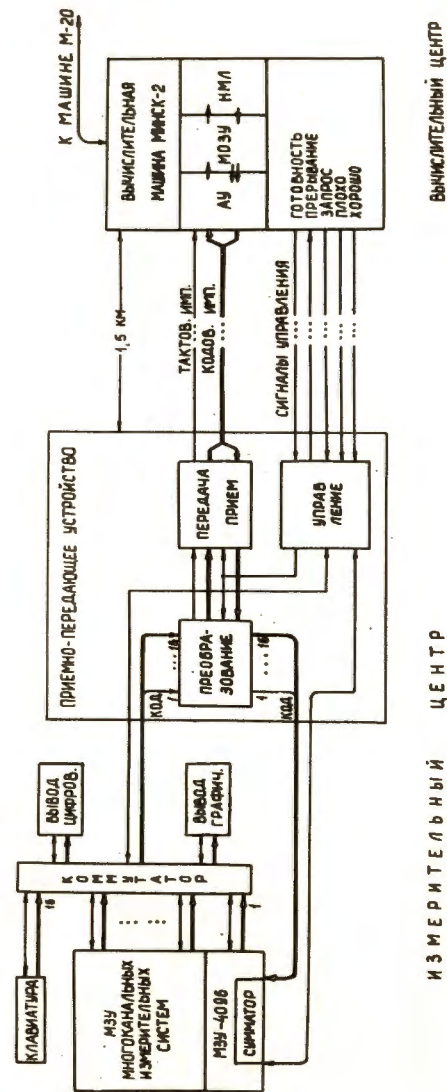


Рис. 1. Двухсторонняя связь измерительного центра с вычислительной машиной.

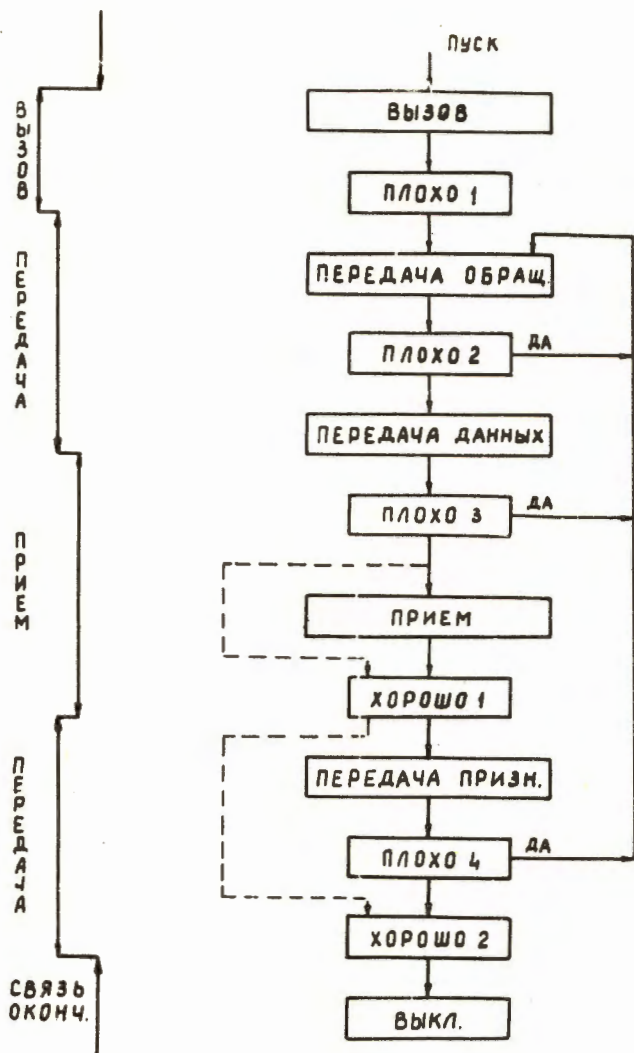


Рис. 2. Последовательности основных операций и сигналов связи.