

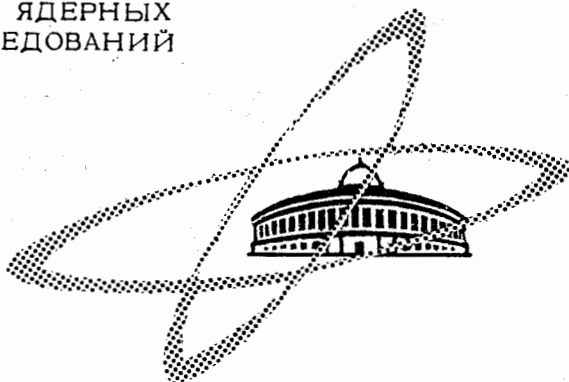
1859

Экз. чит. зала

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

1859



В. Н. Замрий

ВОПРОСЫ ВЫВОДА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ
ИЗ МНОГОКАНАЛЬНЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1964

В. Н. Замрий

ВОПРОСЫ ВЫВОДА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ
ИЗ МНОГОКАНАЛЬНЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Многоканальные измерительные системы, применяемые в ядерной физике для сбора и накопления экспериментальной информации, такие как многоканальные анализаторы параметров импульса, обладают характерными свойствами специализированной цифровой вычислительной машины с фиксированной ("встроенной") программой работы и оперативным устройством накопления, в большинстве конструкций выполненном на ферритовых сердечниках /1, 2, 3/. Особенности построения и использования таких измерительных систем приводят к необходимости вывода экспериментальной информации в форме, пригодной для предварительной оценки (графики, гистограммы, цифровой материал и т. п.) и для последующей математической машинной обработки (например, запись на магнитную ленту, перфорирование, цифровая печать и т. п.). С этой целью применяются методы, позволяющие на соответствующем типе носителя записать данные для длительного хранения и последующего считывания при вводе их в машину, а также новые методы связи экспериментальных систем с вычислительными машинами - методы агрегатирования автономно работающих систем и вычислительных машин в единый комплекс /4, 5/.

Вывод экспериментальной информации из измерительных систем имеет ряд особенностей, связанных, прежде всего, с большим объемом этой информации, с необходимостью ее вывода во время продолжающегося многие часы или сутки эксперимента (в паузах между сравнительно непродолжительными экспозициями), а также с вводом этой информации в вычислительную машину. С целью эффективного использования рабочего времени экспериментального оборудования к аппаратуре вывода данных предъявляются повышенные требования долговременной надежности работы и быстродействия. Форма представления и записи выведенной информации должна быть наиболее пригодной и удобной для последующей обработки, поэтому выводимая информация подвергается логической, а иногда и математической обработке, связанной с преобразованием ее формы или с перекодированием.

Развитие измерительных систем (в первую очередь в направлении увеличения числа накапливаемых данных, применение многопараметрического метода измерений), привело к быстрому увеличению оборудования для вывода. Нередко такое положение, когда аппаратура, связанная с выводом, по своей сложности и объему становится соизмеримой с остальным оборудованием измерительной системы, особенно в тех случаях, когда к основным характеристикам вывода (быстродействие, надежность, удобная форма представ-

ления информации для оценки или дальнейшей обработки) предъявляются повышенные требования.

В настоящее время в развитии методов вывода можно отметить две противоположные тенденции. Одна из них состоит в том, что функции вывода придаются выходным блокам автономной измерительной системы, нередко выполненной в виде отдельного прибора. Такой путь приводит либо к существенному увеличению оборудования измерительной системы, либо ценой некоторой экономии оборудования – к ухудшению основных характеристик вывода. Сравнительно удовлетворительные результаты при этом достигаются для систем с числом каналов порядка $10^{2/8,7/}$. Например, можно считать, что скорость вывода (n_1 каналов за минуту) удовлетворительна, если время вывода составляет не более 5–10% времени экспозиции T . Тогда при $T = 60$ мин, числе каналов 100 и 2000 необходимая скорость вывода n_1 соответственно более 30 и 600 каналов (или данных) за минуту.

В ряде случаев объем выводимой информации может быть уменьшен предварительной оценкой или математической обработкой. Применение последнего метода приводит к развитию арифметических и логических функций измерительной системы до уровня специализированной вычислительной машины для сбора и обработки экспериментальных данных^{/3/}. Этот путь приводит к значительному увеличению оборудования и усложнению управления такой измерительной системы.

Другое направление характеризуется развитием автономных специализированных устройств со сравнительно высокими основными характеристиками вывода, с более развитыми логическими функциями и другими возможностями. Такие устройства могут иметь достаточно универсальный вход, допускающий совместную работу их с различными измерительными системами. Появляющаяся возможность поочередно опрашивать и выводить информацию из нескольких автономно работающих систем с помощью общего специализирующего устройства приводит к большей эффективности использования последнего. Поэтому оказывается допустимым и даже целесообразным некоторое развитие функций таких устройств и расширение их возможностей, имеющих своей целью достижение более высокого уровня автоматизации и улучшение основных характеристик, что приводит, в конечном счете, к сокращению времени эксперимента.

Освобождение измерительных систем от функций, связанных с выводом (опрос и передача, перекодирование и преобразование формы, запись и размещение выведенных данных), позволяет значительно сократить и упростить оборудование их выходных блоков. Весьма значительная экономия в оборудовании достигается при большом числе систем, совместно работающих с общим устройством вывода. Все это приводит к более эффективному использованию таких измерительных систем.

Централизация вывода экспериментальной информации, особенно эффективная в условиях крупных измерительных комплексов, предназначенных для обслуживания нескольких типовых задач эксперимента^{/9,10/}, приводит к иной постановке и иным решениям ряда методических и технических вопросов вывода. Некоторые особенности и возможности централизованного вывода экспериментальной информации, рассматриваемые ниже, иллюстрируются примерами, в разной степени характерными, однако взятыми из опыта создания и применения специализированных устройств выводного комплекса в нейтроноспектрометрическом центре ОИЯИ^{/9/}.

В этом комплексе применяются автономные устройства для вывода данных на перфоленгу^{/11/} и цифропечать^{/8/}, устройство для вывода и трансляции данных в вычислительную машину^{/5/}, а также используемые для целей контроля и других целей и имеющие автономные вход и выход фотосчитывающее устройство, сумматор и пульт (клавиатура) для набора ряда служебных признаков. Устройства вывода с помощью коммутатора^{/12/} могут быть связаны с любым из 16 его входов, к которым подходят кабели связи. Через коммутатор передаются помимо 16 кодовых и служебные сигналы (до 6 сигналов), необходимые для совместной работы устройства вывода и измерительной системы, а также дистанционного управления выводом данных из последней. К каждому из трех независимых выходов коммутатора может быть поочередно включено основное либо дублирующее устройство. Схемы логической защиты в коммутаторе обеспечивают связь любых трех незанятых из 16 входных систем с тремя незанятыми устройствами вывода. Такие устройства могут использоваться автономно или в комплексе с другими, для чего между ними предусматриваются перекрестные связи. Структура и частично режим работы устройств такого выводного комплекса определяются коммутированием входных и выходных кабелей связи.

Быстродействие устройства для вывода данных из N измерительных систем определяет не только время вывода из последней, но и возможное количество таким систем, совместно работающих с этим устройством. Так, при периодическом выводе и одновременном окончании экспозиции в N системах скорость вывода общего устройства n_2 по сравнению с выше определенной скоростью n_1 должна быть увеличена в соответствии с

$$\frac{n_2}{n_1} \geq \frac{N}{A}, \quad (1)$$

где $A < 1$ и означает коэффициент использования рабочего времени общего устройства в режиме вывода, зависящий от непроизводительных затрат времени, связанных прежде всего с подготовкой и коммутацией систем и т.п.

Менее высокие требования к быстродействию общего устройства предъявляются при

периодическом, но не одновременном, а последовательном во времени окончании экспозиции T в N системах. Например, для системы с номером M экспозиция начинается и заканчивается с задержкой на время $-t(M-1)$, где t - время вывода из одной системы при заданных K выводимых данных и скорости вывода. В этом случае количество систем, работающих с общим устройством вывода, может быть оценено из выражения

$$N \leq \frac{T - t_2}{t_1 + t_3}, \quad (2)$$

где t_1 - время вывода информации из одной измерительной системы, а время t_2 введено для учета затрат времени, связанных с подготовительными или эксплуатационными работами, необходимыми для нормальной эксплуатации устройств (например, перезарядка рулона бумаги и т.п.), t_3 -затраты времени, связанные с подготовительными операциями перед каждым выводом (например, коммутирование и т.п.). Так, при достаточно типовых условиях: $T = 60$ мин, $t_2 \leq 5$ мин, $t_3 \leq 1$ мин, $K = 2000$ каналов в зависимости от скорости ν , равной 200, 1200 и 240000 каналов за минуту (данные по скорости приведены, соответственно, для ленточного перфоратора, быстродействующего цифрпечатающего аппарата и устройства трансляции данных в накопитель машины), можно оценить N соответственно равным 5,20 и 50. При этом быстродействие первого устройства не удовлетворяет даже условиям приведенной выше оценки для ν_1 . Последний режим работы общего устройства является практически более целесообразным.

Надежность работы общего устройства вывода должна быть, естественно, тем выше, чем больше совместно с ним работающих систем. Выход из строя такого устройства может нарушить нормальную работу N измерительных систем, поэтому требования к долговременной безотказности работы централизованного комплекса существенно повышаются. По этой причине весьма актуальны методы повышения надежности устройств централизованного вывода. Среди таких методов следует, прежде всего, отметить методы резервирования оборудования и, как частный случай, дублирование устройств.

В условиях непрерывной многосуточной эксплуатации экспериментального оборудования оказывается необходимым периодически снимать выводные устройства для профилактических работ, что, прежде всего, требует наличия дублирующих устройств. (Следует заметить, что приведенная выше оценка (2) числа N систем приводит к почти предельной загрузке выводного устройства.) Так, например, при $N = 10$ количество устройств для цифрпечати должно быть не менее двух; устройств для перфорирования - не менее трех-четырех и т.д. С другой стороны, в состав выводного комплекса входят устройства с различным способом записи выводимой информации, что связано, прежде всего, с возможностями загрузки различных входов вычислительной машины или особенностями ее обработки. Загрузка устройства вывода одного типа приводит к соответствующей разгрузке остальных и, имея в виду, что в аварийной ситуации нагрузка может

быть возложена на остальные устройства вывода, количество резервных устройств может быть существенно сокращено. Например, в условиях применения устройств для трансляции данных в машину, устройств вывода на перфоленту и цифropечатающих устройств можно считать применение в комплексе более двух устройств каждого типа нецелесообразным. Общим критерием оптимального выбора состава комплекса может служить возможность выводить и обрабатывать экспериментальную информацию даже при отказах в определенном числе устройств.

Важнейшим методом повышения ремонтпригодности устройств является резервирование и взаимозаменяемость блоков. В специализированных устройствах ^{/5, 8/} оборудование резервных блоков составляет свыше 30% оборудования основных. Менее надежные механические исполнительные узлы имеют подготовленный к быстрой смене дублирующий комплект. К таким же мерам принадлежит введение контрольных режимов работы, позволяющих наиболее быстро проследить прохождение сигналов и выявить место их искажения. Ряд таких мер (возможность набора контрольных комбинаций кода, визуальная индикация прохождения кодовых сигналов в режимах вывода или проверки, например, в режиме вывода без преобразования двоичных кодов в десятичные) значительно повысили ремонтпригодность устройства ^{/8/}.

Особенно эффективным является применение автоматического контроля, подтверждающего достоверность проведенного вывода информации. Для этих целей используются известные методы, основанные на сравнении определенных контрольных признаков, вырабатываемых по одному и тому же правилу для входной и выходной информации. Применение таких методов контроля, например, сравнение контрольных сумм для устройств ^{/5, 11/} позволило не только эффективно контролировать вывод, но и ввод экспериментальной информации в вычислительную машину.

Правильность действий операторов при коммутировании устройств и измерительных систем и выборе режима работы может быть проконтролирована по сигналам индикации, а также признакам, выработанным и автоматически записанным вместе с выведенной информацией ^{/5, 11/}. С этой же целью введены соответствующие логические схемы (и сигнализация), предупреждающие появление нежелательных последствий из-за неправильных или взаимоисключающих действий операторов ^{/12/}.

Форма выводимых данных, с точки зрения целесообразного упрощения выходных блоков измерительных систем, число которых, как видно из предыдущего, может быть гораздо больше устройств вывода, не должна существенно отличаться от той формы, в которой эти данные содержатся в блоке запоминания (регистре чисел). Применение автономных специализированных устройств, обеспечивающих необходимые при выводе преобразования информации, позволяет использовать в накопителе измерительной системы

наиболее экономичную двоичную систему кодирования, а данные выводить посредством опроса параллельного кода уровней напряжения, из которых каждый соответствует двоичной цифре.

Опрос и передача кода из измерительных систем в специализированное устройство могут быть выполнены одним из методов, выбор которых наиболее оправдан оценкой совокупности таких характеристик, как надежность и быстродействие, экономичность и удобство передачи по линиям связи. Передача параллельным кодом уровней напряжения более предпочтительна, особенно при большом количестве систем в составе измерительного центра и сравнительно небольшой длине линий связи (порядка десятков метров). Важным преимуществом способа является отсутствие промежуточного перекодирования информации, а также простота согласования связываемых устройств. Дополнительное удобство состоит в простом контроле прохождения сигналов по линиям связи и входным - выходным блокам связываемых устройств. Для этой цели используется, например, световая индикация /8/.

Характер преобразования выведенных данных имеет особенности, связанные с выбором способа записи и ввода этих данных в машину, а также с методикой обработки экспериментальной информации. Используемые часто на выходе устройств вывода исполнительные узлы промышленного изготовления (перфораторы, магнитофоны, печатающие и пишущие аппараты и т.д.) рассчитаны, в большинстве своем, на одновременный прием всех или группы двоичных разрядов записываемого кода. Поэтому входные блоки выполняют однотипную задачу преобразования формы кода с целью согласования с блоками записи (исключение составляет входной блок устройства вывода на цифрочечат, где, кроме того, выполняется преобразование двоичного кода в двоично-десятичный). Характер преобразования формы кода в различных устройствах вывода позволяет использовать типовые блоки, выполненные, например, на основе регистра с параллельным входом, или, в некоторых случаях, даже совмещать функции таких преобразований в одном общем блоке. Специфическими для устройств различного типа остаются выходные блоки, связанные с размещением и записью данных.

Характер размещения и записи выведенной информации определяется, главным образом, принятой системой записи в вводных оловках вычислительной машины. Создание специализированных устройств позволяет путем некоторого усложнения их разместить вместе с выводимыми данными служебные признаки /5, 11/, необходимые при систематизации и вводе информации в машину. Вывод экспериментальной информации вместе с такими признаками, являющимися фактически инструкцией для обработки, позволяет вводить эту информацию в форме, наиболее удобной для обработки и не требующей вмешательства оператора. Код таких признаков (текущий номер информации (сообщения), тип эксперимента, номер программы для обработки данной информации и т.п.), набираемый экспери-

ментатором на пульте, во время вывода автоматически опрашивается и записывается в первом кадре сообщения.

Аналогичным способом во время вывода вместе с информацией выводится и размещается в последнем кадре контрольный признак – контрольная сумма. При вводе информации в машину контрольный признак считывается и сравнивается с подобным признаком, полученным в машине, что позволяет контролировать и достоверность ввода.

Коммутирование линий связи является одним из специфических вопросов, связанных с применением специализированных устройств и централизацией вывода и обработки. Метод коммутирования существенно зависит от выбранной формы кода выводимых данных. Для коммутирования сигналов напряжения (с длительностью порядка 10^{-4} сек и более) могут быть использованы методы, основанные на применении ключевых элементов со статической бистабильностью. Из таких элементов наиболее доступны и приемлемы реле и ключевые схемы на диодах и транзисторах. Последним схемам может быть отдано предпочтение из-за весьма важного преимущества – долговременной надежности работы. Кроме того, эти схемы не требуют применения мощных источников питания и, что также важно, при переключении практически не создают помех в линиях связи. По стоимости оборудования и эксплуатации параллельный коммутатор на 18 входов, выполненный на диодах и транзисторах ^{/12/}, экономичнее такого же коммутатора на реле. Следует заметить, что некоторая громоздкость коммутатора не меняет существенно значительную экономию оборудования, достигаемую с применением автономных устройств при централизации вывода.

Универсальность линий связи с параллельным коммутатором позволяет (без каких-либо существенных затруднений, вызываемых применением разнотипных устройств и систем) наиболее просто подключить и согласовать выходы различных измерительных систем со входами автономных устройств, что особенно важно для их взаимозаменяемости, и, кроме того, также просто согласовать перекрестные связи между выходами и входами автономных устройств и систем.

х х х

Развитие методов связи между многоканальными измерительными системами и вычислительными машинами тесно связано с тенденциями в развитии методики и организации эксперимента, а также с развитием вычислительных машин и методов их применения для целей физического эксперимента. Методы связи с вычислительными машинами развиваются в направлении ее упрощения, повышения надежности и быстродействия, что достигается, прежде всего, исключением многократной перезаписи данных. Для этой цели применяются интенсивно развивающиеся в последнее время методы непосредственной

связи экспериментальных систем с вычислительной машиной. При таком способе связи с машиной приобретают еще большую актуальность вопросы, связанные с централизацией вывода.

Применение вычислительных машин в физическом эксперименте для сбора, накопления и обработки информации в реальном времени по иному ставит затронутые здесь вопросы. Однако эффективность такого использования машины определено зависит от методики сбора и накопления экспериментальных данных, которая может иметь ряд проблем, аналогичных рассмотренным выше.

Заключение. 1. В развитии методов вывода экспериментальной информации можно отметить две тенденции. Первая из них связана с созданием автономных измерительных систем (отдельных приборов), выходным блокам которых придаются функции вывода (иногда обработки) накапливаемых данных. Вторая тенденция характеризуется созданием автономных специализированных устройств вывода, допускающих совместную работу с многими измерительными системами в режиме централизованного опроса.

2. Первый метод приводит к увеличению оборудования измерительных систем и не способствует эффективному использованию их. Ценой упрощения выходных блоков и соответствующего ухудшения характеристик вывода (например, быстродействия) удовлетворительные компромиссные решения удается достигнуть при числе каналов порядка 10^2 или менее. Применение метода может оказаться целесообразным, когда измерительный прибор является нестационарным, уникальным. Второй метод позволяет уменьшить оборудование измерительной системы. Экономия оборудования эффективна при большом числе таких систем, совместно работающих с общим выводным устройством. При последовательном выводе информации из многих измерительных систем эффективно используется и устройство вывода. Поэтому оказывается целесообразным расширение его возможностей с целью улучшения характеристик (быстродействие, надежность, удобная форма представления информации и т.д.) и достижения более высокого уровня автоматизации.

3. Создание и применение специализированных устройств и централизация вывода в условиях крупных измерительных комплексов приводят к иной постановке и к иным решениям ряда методических, технических и организационных вопросов. Быстродействие и режим использования общего устройства определяют не только время вывода, но и число совместно с ним работающих измерительных систем. Повышение надежности централизованного вывода достигается прежде всего, применением методов резервирования и автоматического контроля. Вопросы, связанные с формой выводимых данных, могут решаться с учетом целесообразного упрощения измерительных систем и наибольшего удобства ввода информации в машину. Возникают специфические вопросы, связанные с коммутированием, с экономичностью и надежностью линий связи и передачи информа-

ции, с дистанционным управлением работой комплекса специализированных устройств и измерительных систем.

4. Создание специализированных устройств вывода, объединение таких устройств и измерительных систем посредством коммутируемых линий связи, централизация и сопровождающая ее более высокая автоматизация сбора и обмена информацией с вычислительной машиной открывают возможность создавать эффективный, надежный и гибкий способ сбора и обработки экспериментальной информации.

5. Рассмотренные здесь вопросы приобретают особую актуальность с дальнейшим развитием автоматизации физического эксперимента.

Л и т е р а т у р а

1. Л. А. Маталин, С. И. Чубаров, А. А. Иванов. Многоканальные анализаторы ядерной физики. Атомиздат, Москва, 1964 г.
2. Многоканальные измерительные системы в ядерной физике. Научно-технический сборник. Выпуск 5. Госатомиздат, Москва, 1963 г.
3. А. Ф. Белов, А. Л. Белоус, К. Ф. Кузнецов, С. С. Курочкин, В. Н. Саличко. Цифровая система накопления и обработки информации (АИ-2048). Госатомиздат, Москва, 1963 г.
4. A. J. Critchlow, Multiprogramming and Multiprocessing, IEEE Spectrum, 1964, 1, № 3, 193 (экспресс-информация, серия "Вычислительная техника", 1964 г., № 25, реферат 102).
5. Г. И. Забиякин, В. Н. Замрий, В. И. Семашко. "Автоматизированная система вывода информации из многоканальных анализаторов в вычислительную машину". Препринт ОИЯИ 1355, Дубна, 1963 г. ПТЭ, 1964 г. № 4.
6. Г. П. Мельников. "Универсальное выходное цифropечатающее и перфорирующее устройство для малых специализированных цифровых машин. Труды пятой научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике, том IV, Госатомиздат, Москва, 1963 г.
7. М. П. Соколов. "Выводные узлы универсального запоминающего устройства". Труды пятой научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике. Том IV, Госатомиздат, Москва, 1963 г.
8. Л. П. Бубекова, В. Н. Замрий, Б. Юхас. "Устройство автоматического вывода на цифropечать двоичной и десятичной информации многоканальных анализаторов". Препринт ОИЯИ 1250, Дубна, 1963 г.
9. Г. П. Жуков, Б. Е. Журавлев, Г. И. Забиякин, В. Н. Замрий. "Лабораторный центр спектрометрических измерений". Материалы I Симпозиума по ядерной радиоэлектронике. Булапешт, октябрь 1963 г. Препринт ОИЯИ 1677, Дубна, 1964 г.
10. I. V. Stranikh, V. N. Bockkarev, A. N. Volkov, V. M. Geraseef, and ot. Laboratory Measuring-Registering Centre, Electronique Nucleaire. Paris, 1963.
11. В. А. Владимиров, В. Н. Замрий. Контролируемый вывод экспериментальных данных на перфоленту. Препринт ОИЯИ, 1849, Дубна, 1964 г.
12. В. А. Владимиров, В. Н. Замрий. "Электронный коммутатор для вывода цифровой информации из регистрирующих систем на общие выходные устройства". Препринт ОИЯИ, 1721, Дубна, 1964 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 октября 1964 г.