

Б. В. КАРПЮК, М. П. ЦАПЕНКО

(Новосибирск)

### ОБ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ\*

В статье рассматриваются характерные черты и некоторые области применения измерительных информационных систем, а также делается попытка уточнить определение этих систем.

Измерительные информационные системы (ИИС) являются комплексами измерительных устройств и средств обработки измерительной информации [1] и в настоящее время находят все более широкое применение в различных областях науки, техники, производства, а термин «измерительные информационные системы» в значительной степени уже вошел в обиход специалистов-измерителей. Несмотря на это, содержание понятия «измерительные информационные системы» требует дальнейшего уточнения. Это в основном обусловлено тем, что при определении термина «измерительные информационные системы» ранее перечислялись только основные функции, выполняемые такими системами (см., например, [1, 2] и др.). Такое определение ИИС недостаточно четко подчеркивает их особенности, что приводит иногда к недоразумениям. В связи с этим представляется целесообразным дополнить определение ИИС «внешними» характеристиками, т. е. охарактеризовать их вход и выход.

Общим и характерным для всех ИИС является то, что они предназначены для получения непосредственно от исследуемого объекта информации о значениях параметров, характеризующих этот объект. Мы подчеркиваем, что ИИС должна быть функционально связана с исследуемым объектом и должна воспринимать измеряемые величины (непрерывные или дискретные) непосредственно от объекта.

На основании этой характеристики входа ИИС можно отличать их от других информационных систем, например от универсальных вычислительных машин, которые на входе получают информацию от другой системы (в частности, от ИИС).

Из характеристики входа ИИС непосредственно следуют и некоторые основные функции, которые ею должны выполняться. Первой основной функцией ИИС является восприятие измеряемых величин непосредственно от исследуемого объекта.

Для получения значений количественных параметров объекта необходимо входные величины сопоставить с известными и в результате получить значения неизвестных параметров в виде чисел. При этом, кроме сравнения величин, производятся операции квантования и цифрового кодирования [3], обязательные для любых измерений. В дальнейшем все

\* В обсуждении основных положений статьи принимал участие чл.-корр. АН СССР К. Б. Карандеев.

эти операции будем называть измерительными, и информацию, получаемую путем выполнения измерительных операций — измерительной. Таким образом, второй основной функцией ИИС является выполнение измерительных операций.

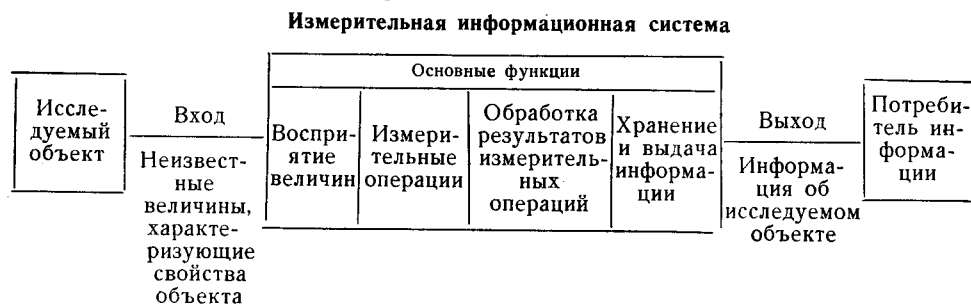
Следует отметить, что очень часто по тем или иным причинам не представляется возможным получать информацию о параметрах объекта, выполняя прямые измерения. В этих случаях выполняются косвенные или совокупные измерения, при которых измерительные операции производятся над некоторыми другими величинами, а требуемые количественные характеристики определяются путем обработки (математической) результатов выполненных измерительных операций. Таким образом, уже при определении количественных характеристик исследуемого объекта мы сталкиваемся с необходимостью обработки результатов измерительных операций, т. е. с третьей основной функцией ИИС.

Наконец, четвертой основной функцией ИИС является хранение (в случае необходимости) и выдача информации потребителю в требуемом виде. Следует отметить, что потребителем информации может быть как человек, так и какая-нибудь автоматическая система.

Охарактеризуем теперь выход ИИС. Общим и характерным для всех ИИС является то, что у них на выходе имеется информация (и только информация) об исследуемом объекте. Это отличает их, например, от систем управления, на выходе которых формируется определенное управляющее воздействие. Разумеется, информация, получаемая на выходе ИИС, используется для принятия каких-либо решений, например для целей регулирования или управления, однако такого рода использования информации уже не входит в функции ИИС.

На наш взгляд, необходимо подчеркнуть следующее обстоятельство. Определение количественных характеристик исследуемого объекта путем выполнения измерительных операций всегда производится с определенной целью, причем эта цель в значительной степени определяет, какие величины необходимо измерять, какой должна быть точность выполняемых измерительных операций, какова последовательность измерения величин и т. п. Совершенно очевидно, что эта цель определяет также критерии оценки измерительных средств, характер обработки измерительной информации и форму представления результатов на выходе системы. Исходя из этого, нецелесообразно рассматривать измерительные устройства изолированно, без учета их взаимосвязи и взаимодействия с устройствами, выполняющими другие основные функции ИИС.

ИИС как система, связывающая исследуемый объект с потребителем информации, может быть представлена в виде схемы:



Для выполнения основных функций ИИС в ее состав должны входить следующие функциональные блоки:

1. Блок восприятия неизвестных величин — некоторое множество чувствительных элементов (датчиков), воспринимающих параметры исследуемого объекта.

2. Измерительный блок — автоматические измерительные устройства, выполняющие измерительные операции.

3. Блок обработки измерительной информации — устройства математической и логической обработки, осуществляющие обработку информации в соответствии с заданными алгоритмами.

4. Блок хранения и выдачи информации — запоминающие устройства (оперативные и долговременные) и устройства преобразования формы представления информации в вид, удобный для потребителя.

Кроме перечисленных основных функциональных блоков, ИИС содержит обычно и ряд дополнительных блоков, которые обеспечивают ее автоматическое действие и нормальное функционирование. К ним относятся: блок автоматического управления, управляющий по заданному алгоритму работой остальных блоков ИИС; блоки самопроверки, приспособления и самонастройки; коммутационные устройства (например, коммутаторы датчиков); устройства, воздействующие на исследуемый объект с целью получения необходимой информации (например, устройства для подачи испытательных воздействий или сигналов, определенных тестов и пр.); блоки питания и др.

Мы не определили еще с достаточной ясностью, какой вид имеет информация на выходе ИИС. Прежде чем перейти к выяснению этого вопроса, мы считаем целесообразным привести несколько примеров ИИС.

В качестве первого из них рассмотрим один из возможных вариантов осуществления автоматической системы испытаний статической прочности планеров самолетов (конструкций, объединяющих обычно фюзеляж, крылья и хвостовое оперение самолета). Мы полагаем, что на примере этой системы можно достаточно ясно проиллюстрировать специфику ИИС вообще и систем, предназначенных для проведения испытаний самых разнообразных объектов, в частности. Описываемая система служит для сбора информации о поведении объекта в процессе испытаний, а также для автоматического обеспечения программы испытаний.

Статические испытания прочности современных летательных аппаратов очень трудоемки, а по их результатам принимаются ответственные решения. Поэтому особые требования предъявляются к достоверности и объективности полученных данных. Необходимо также учесть, что в процессе испытаний очень большое количество получаемой информации необходимо обработать в течение ограниченного времени. Ввиду этого возникла настоятельная потребность в создании автоматической системы сбора и обработки информации.

При статических испытаниях прочности планеров пассажирских самолетов производят имитацию воздушной нагрузки, возникающей на самолете при различных режимах (горизонтальный полет, подъем, спуск, разворот и т. п.), измерение и контроль параметров, характеризующих прочность планеров. В соответствии с этим система испытаний должна содержать подсистемы автоматического нагружения и автоматического измерения, объединенные единой программой работы с помощью общего программного устройства (рис. 1).

В подсистеме автоматического нагружения планеров должны быть управляемые источники нагрузки (обычно гидравлические силовозбудители), устройство управления нагрузкой, датчики для измерения сил ДС, датчики для контроля крена ДКр планера самолета, датчики аварийных режимов АД, устройства для измерения сил ИУ, сигнализатор

крана и аварийных режимов, отсчетные и регистрирующие устройства и анализатор.

Обычно нагружение крупных самолетов производится с помощью нескольких десятков одновременно работающих силовозбудителей, каждый из которых имеет индивидуальное управление. Нагрузка к планеру самолета подводится с помощью специальной (например, рычажной) системы распределения сил, обеспечивающей приложение их к планеру по заданному закону. Нагрузки от всех силовозбудителей приложены к

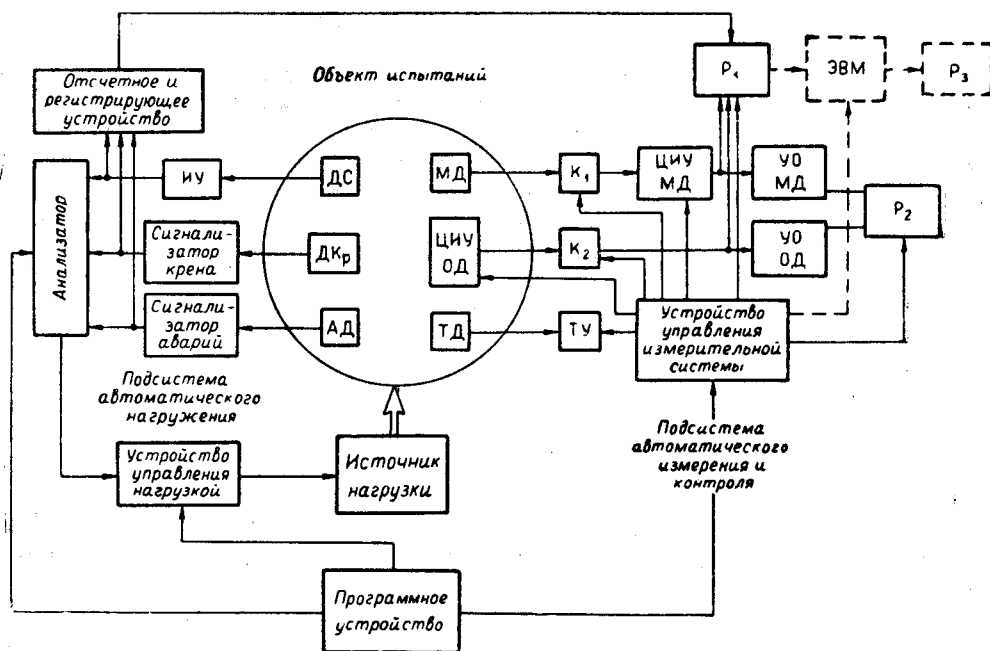


Рис. 1.

одному объекту, поэтому задача получения заданного распределения нагрузки, учитывая связи между отдельными контурами управления, оказывается весьма сложной для решения. Получить заданное распределение нагрузки можно различными путями, в частности постепенным (ступенчатым) нагружением конструкции. Программа нагружения задается программным устройством. Имеется возможность измерять силы, действующие на объект, либо индивидуальными измерительными устройствами, либо одним измерительным устройством, к которому с помощью коммутатора подаются сигналы от датчиков сил. Затем в анализаторе сравниваются полученные нагрузки с заданными программным устройством и с помощью устройств управления нагрузкой вырабатываются управляющие сигналы, воздействующие на силовозбудители.

Сигнализаторы крена служат для того, чтобы обеспечить во время испытаний нормальное положение планера в пространстве.

Аварийные датчики и сигнализаторы аварии предназначены для автоматического прекращения испытаний в случае, если измеряемые или контролируемые параметры примут значения, близкие к аварийным.

Отсчетные регистрирующие устройства должны позволять производить наблюдение за ходом нагружения конструкции, и, кроме того, в них должно быть предусмотрено долговременное хранение значений нагрузок, действующих на планер в продолжение всех испытаний.

После того, как планер самолета нагружается до соответствующего уровня, программное устройство запускает в действие подсистему автоматического измерения. Эта подсистема содержит довольно много датчиков (сотни и тысячи штук), предназначенных для измерения местных деформаций (тензометрирование). Сигналы от датчиков МД через коммутаторы К, расположенные обычно непосредственно около исследуемой конструкции, поступают на вход цифровых измерительных устройств ЦИУ МД, измерительная информация записывается регистратором  $P_1$  и вводится в устройство обработки данных тензометрирования УО МД. После обработки данные записываются регистратором.

Устройство обработки производит вычисление значений главных напряжений и их направлений (по соответствующим тригонометрическим формулам). Кроме того, в нем вводятся поправки на изгибные напряжения и подготавливается представление результатов обработки в виде графиков зависимости местных деформаций (напряжений) от приложенных нагрузок. На рис. 1 пунктиром показан возможный вариант системы, связанный с использованием для целей обработки результатов измерений, вместо специального устройства обработки, электронной вычислительной машины ЭВМ.

Далее подсистема автоматического измерения должна измерять общие деформации (прогибы и углы закручивания элементов конструкции). На рис. 1 измерители общих деформаций показаны в виде цифровых измерительных устройств, расположенных непосредственно в точках измерений (ЦИУ ОД). Для таких измерителей могут быть использованы, например, кодовые линейки. Весьма удобным для дальнейшей обработки данных является осуществление измерений общих деформаций в связанной с конструкцией системе координат.

В результате обработки значений общих деформаций необходимо получить обобщенные показатели: упругие линии и углы закрутки частей конструкции самолета. Для получения этих показателей служит устройство обработки данных общих деформаций (УО ОД). Все данные, входящие в УО ОД и выходящие из него, записываются регистраторами  $P_1$  и  $P_2$ . Вместо специальных устройств обработки можно использовать электронную вычислительную машину. В этом случае данные в машину вводятся параллельно с записью их на регистраторе  $P_1$ .

Для контроля за поведением обшивки самолета применяются телевизионные устройства. Передающие трубки телевизионных устройств располагаются внутри конструкции оперения или фюзеляжа самолета.

Нужно отметить, что подсистема автоматического нагружения выполняет все функции, присущие любой системе автоматического управления. В ней совершенно четко можно выделить часть, которая может быть отнесена к ИИС. В состав этой ИИС входят датчики сил, крена, аварийных режимов, измерительные, сигнальные, отсчетные и регистрирующие устройства, а также некоторые устройства, входящие в анализатор и предназначенные для получения количественных данных. В то же время подсистема автоматического измерения является одним из основных типов ИИС, на выходе которой имеются обобщенные параметры, выраженные в виде цифровых показателей.

В качестве второго примера рассмотрим структурную схему системы автоматического контроля (рис. 2). На этой схеме, кроме основных функциональных блоков, без которых невозможно нормальное функционирование любой системы автоматического контроля, приведены и некоторые вспомогательные блоки (они показаны пунктиром).

Параметры контролируемого объекта КО воспринимаются множеством датчиков, которые входят в блок датчиков БД. Сигналы от БД ком-

мутируются коммутатором К и поступают в блок сопоставления БС, где величины контролируемых параметров сопоставляются с некоторыми заданными (допустимыми, «нормальными») значениями. Эти значения, обычно называемые уставками, формируются в блоке уставок БУ.

Основное назначение блока БС заключается в определении наличия или отсутствия отклонений контролируемых параметров от их заданных значений. В ряде случаев необходимо определять также и значения отклонившихся от нормы контролируемых параметров. Эту функцию выполняет измерительный блок ИБ. Измеренные в ИБ параметры регистрируются в блоке регистрации значений контролируемых параметров БРЗП.

После предварительной обработки в блоке обработки БО (предварительная обработка не всегда необходима, поэтому блок БО отнесен к числу вспомогательных) сигналы об отклонениях контролируемых пара-

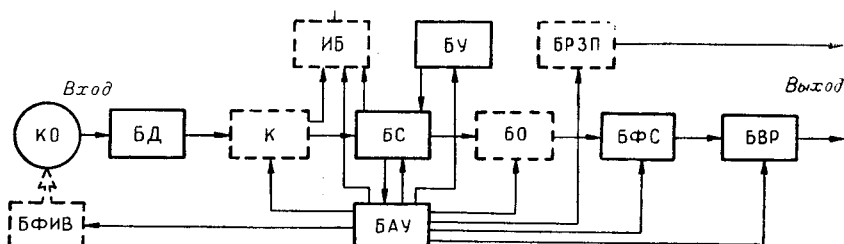


Рис. 2.

метров из блока БС поступают в блок формирования суждений БФС, который определяет, находится ли контролируемый объект в нормальном состоянии. Информация о состоянии объекта в блоке выдачи результатов БВР преобразуется в вид, удобный для потребителя информации.

В некоторых случаях для того, чтобы получить необходимую информацию о состоянии контролируемого объекта, на него необходимо определенным образом воздействовать. Эту функцию выполняет блок формирования испытательных воздействий БФИВ.

Работой всей системы автоматического контроля управляет блок автоматического управления БАУ, который обеспечивает автоматическое выполнение заданных алгоритмов функционирования системы, синхронную работу других функциональных блоков и т. п.

Таким образом, рассматриваемая система автоматического контроля осуществляет следующие основные функции: восприятие контролируемых параметров непосредственно от объекта (БД), выполнение измерительных операций (БС, БУ и ИБ), обработку результатов измерительных операций (БОИ и БФС) и выдачу информации потребителю (БВР).

Следует отметить, что функция формирования суждений о состоянии контролируемого объекта, выполняемая блоком БФС, характерна только для систем автоматического контроля, но в то же время является и функцией по переработке измерительной информации. В данном случае обработка измерительной информации, выполняемая блоком БО, заключается в том, чтобы подготовить необходимую информацию (в требуемом виде) для принятия блоком БФС решения о состоянии объекта.

С аналогичной ситуацией мы сталкиваемся и при рассмотрении некоторых систем технической и медицинской диагностики, систем опознавания образов, а также систем автоматического управления. Действительно, для постановки диагноза или опознавания образа очень часто необхо-

димо определять некоторые количественные характеристики и обрабатывать их соответствующим образом.

Для того, чтобы показать, какова роль ИИС в системах автоматического управления, рассмотрим основные элементы процесса управления [4]: получение информации непосредственно от управляемого объекта о задачах управления, получение информации о результатах управления, анализ полученной информации с целью выработки решения и, наконец, исполнение решения (осуществление управляющих воздействий). Из перечисленного видно, что в организации процесса управления большую роль играет получение информации о состоянии управляемого объекта. Иными словами, любая система автоматического управления в своем составе должна иметь источники информации о задачах управления и результатах управления (последние необходимы лишь в системах с обратной связью). Этими источниками и являются ИИС, которые осуществляют сбор необходимой информации и ее первичную обработку. Цель этой обработки — выдача данных в виде, наиболее пригодном для дальнейшей обработки и для принятия управляющей системой решений о необходимых действиях.

Следует отметить, что одна система автоматического управления может иметь в своем составе несколько ИИС. Например, в системе телеуправления ракетой одна ИИС собирает и выдает информацию о координатах цели, другая — о координатах телеуправляемой ракеты. Система централизованного автоматического контроля и управления типа «Центротехника» [5], предназначенная для управления такими объектами, как химические, металлургические и другие заводы, может содержать несколько десятков ИИС (их число определяется, например, количеством цехов или производственных участков на управляемом заводе).

При рассмотрении ИИС как составных частей других систем, естественно, возникают следующие вопросы: где кончаются функции ИИС в обработке получаемой информации, каковы критерии для проведения границы между ИИС и другими составными частями системы? До сих пор мы использовали такой критерий, как представление информации на выходе ИИС в требуемом виде, т. е. в виде, наиболее удобном для дальнейшего использования. Однако этот критерий является довольно расплывчатым и, безусловно, нуждается в уточнении. К этому можно добавить, что рациональное распределение функций по обработке информации между блоком обработки, входящим в состав ИИС, и другими блоками обработки, содержащимися, например, в системах автоматического управления, представляет собой самостоятельную задачу, которая в настоящее время далеко не всегда решается наилучшим образом.

По нашему мнению, класс ИИС в зависимости от вида выходной информации может быть ограничен наличием на их выходе информации в следующем виде:

а) Некоторое множество именованных чисел или их отношений. Эти числа или их отношения можно рассматривать как суждения (высказывания) типа: «измеряемый параметр имеет значение, равное столько-то единицам» или «данный измеряемый параметр во столько-то раз больше (меньше) другого параметра».

б) Некоторое множество суждений об исследуемом объекте, получающихся в результате сопоставления измерительных данных (измерительной информации) с количественными данными, определяющими заданные или желаемые значения параметров, характеризующих объект. Последние данные могут быть заданы или формироваться в процессе работы исследуемого объекта и ИИС. Такие суждения формируются, например, на выходе многих систем автоматического контроля (напри-

мер, типа «годен — негоден»), диагностики (например, «неисправен такой-то элемент»), опознания образов и др.

Следует, однако, заметить, что суждения о годности контролируемого объекта (контроль), о той или иной болезни или неисправности (медицинская или техническая диагностика) или о том, что данный объект принадлежит определенному классу (опознание образов), иногда могут быть получены не только путем выполнения измерительных операций, но и другими путями, не связанными с измерениями и обработкой количественных данных. В последних случаях, очевидно, соответствующие системы контроля, диагностики и опознания образов не следует относить к классу ИИС.

Суждения типа «а» и «б», т. е. суждения, полученные в результате выполнения измерительных операций и математической или логической обработки количественных данных, назовем для краткости количественными суждениями. На основании всего изложенного выше можно дать следующее определение ИИС:

Измерительные информационные системы — это автоматические системы, предназначенные для получения непосредственно от исследуемого объекта количественных суждений о его состоянии.

Такое определение, на наш взгляд, позволяет достаточно четко и однозначно выделить класс ИИС из всего множества информационных систем, а также сформулировать ряд специфических требований, предъявляемых к ИИС, и задачи по их исследованию и построению.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. Б. Карандеев. Измерительные информационные системы и автоматика. Вестник АН СССР, 1961, № 10.
2. М. П. Цапенко и др. Измерение и кибернетика. — Автоматический контроль и методы электрических измерений (Труды конференции, 1961 г.). Новосибирск, РИО СО АН СССР, 1964.
3. М. П. Цапенко. О классификации цифровых измерительных приборов. Измерительная техника, 1961, № 5.
4. Н. А. Лившиц, В. Н. Пугачев. Вероятностный анализ систем автоматического управления, т. I. М., Изд-во «Советское радио», 1963.
5. Ф. Е. Темников, В. А. Афонин, В. Л. Славинский, И. Я. Штраль. Система централизованного контроля и управления «Центротехника-3». — Системы телемеханизации, автоматического управления и регулирования. Передовой научно-технический и производственный опыт, вып. 14, тема 29, № А-62-26/14. М., ГОСИНТИ, 1962.

*Поступила в редакцию  
25 января 1965 г.*