

ми с оборудованием КАМАК [8] может реализовываться средствами языка Паскаль наиболее эффективным образом в каждом конкретном случае. Необходимость дополнительного программирования, разработки библиотек процедур возникает только при создании программного обеспечения сложных САЭ для удобства и технологичности программирования или при реализации дополнительных возможностей использования широко распространенных модулей КАМАК. Так, были разработаны следующие библиотеки процедур: 1) библиотека общего назначения для обмена данными и управляющей информацией с аппаратурой КАМАК; 2) библиотека обслуживания модулей управления шаговым двигателем (МУШД), обеспечивающая следующие возможности пользовательского программного обеспечения: гибкий и удобный алгоритм управления модулями; независимость от количества и адресов МУШД, входящих в САЭ; параллельное (одновременное) выполнение операций всеми МУШД; задание величин перемещения в пользовательских единицах и др.; 3) библиотека обслуживания модулей оперативных запоминающих устройств КАМАК, реализующая возможность организации в этих модулях динамических массивов для хранения данных.

Другие достоинства и недостатки программирования аппаратуры КАМАК средствами базового языка подробно проанализированы в [5].

Описанная методика ориентирована на непрофессиональных программистов и может эффективно применяться для быстрого программирования в системах автоматизации лабораторных экспериментов, позволяя при этом разрабатывать простые и гибкие программы обслуживания аппаратуры КАМАК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вьюшин О. В., Храпкин П. Л. Пакет стандартных программ для работы с аппаратурой КАМАК // Автометрия.— 1982.— № 4.
2. Выставкин А. Н., Олейников А. Я., Панкрац Е. В. Реализация унифицированных средств программирования КАМАК-систем на ЭВМ серии СМ-4 («Электроника 60»).— М., 1985.— (Препр./АН СССР, ИРЭ; 4 (422)).
3. Журавлев В. И., Сапожников С. В., Шинкевич С. Л. Процедуры работы с аппаратурой КАМАК на языке Паскаль // Проблемно-ориентированные измерительно-вычислительные комплексы.— Новосибирск: Наука, 1986.
4. Будников К. И., Иванченко А. Я., Песляк П. М. Программное обеспечение автоматизированной системы цифрового частотного анализа // Автометрия.— 1984.— № 5.
5. Балуда Г., Саламатин И. М. Анализ и развитие способов программирования оборудования КАМАК // Программирование.— 1987.— № 4.
6. Храпкин П. Л. Обзор средств программирования аппаратуры КАМАК // Автометрия.— 1987.— № 5.
7. Добриневский С. Ф. Процедуры обработки прерываний в Паскале ОС ДВК // Микропроцессорные средства и системы.— 1989.— № 5.
8. Вуколиков В. М., Выставкин А. Н., Иванов В. В. и др. Информационно-алгоритмические характеристики современных стандартных интерфейсов для программно-модульных многопроцессорных систем // ПТЭ.— 1987.— № 5.

Поступило в редакцию 9 ноября 1989 г.

УДК 681.322.067

В. Г. ГАШНИКОВ

(Куйбышев)

РЕЛЯЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В самом общем виде эксперимент можно описать тройкой элементов, порождающих информационные процессы $\langle O, C, S \rangle$, где O — объект исследования; C — средства исследования; S — исследователь.

© 1990 Гашников В. Г.

В системах автоматизации физико-технического эксперимента (САФТЭ) исследованию подвергаются объекты физической природы. В объекте протекают различные физические процессы, закономерности изменения которых подлежат изучению. Информационное описание объекта (информационный образ объекта) основывается на его структуризации в виде системы распределенных, параллельных и взаимодействующих физических процессов.

Исследователь S тоже порождает информационные процессы, связанные с отображением, накоплением и выработкой управляющей информации. Так же как и процессы на объекте O , процессы S могут быть распределенными, параллельными и взаимосвязанными. Одна из задач исследователя S — создание информационного образа (ИО) объекта. O и S являются универсальными источниками и приемниками информации, а C устанавливает между ними взаимодействие путем преобразования одних данных в другие, в результате чего формируется ИО объекта исследования.

Экспериментальные исследования обладают рядом принципиальных особенностей, оказывающих влияние на ИО объекта исследования:

- а) изменение во времени целей экспериментов и условий их проведения для получения нового научного результата;
- б) отсутствие полной априорной информации о действиях, которые необходимо совершить для успешного проведения эксперимента и анализа полученных результатов;
- в) постоянное увеличение и расширение совокупности научных исследований.

Эти особенности — причина того, что динамически меняется ИО объекта, следствием чего является изменение требований к C со стороны S . Необходимость изменения ИО возникает в неопределенные моменты времени. Следовательно, можно выделить два свойства ИО: α_1 — эволюционность ИО; α_2 — априорная неопределенность структурных изменений ИО.

В сложных САФТЭ исследованию подлежат объекты, на которых измеряются и контролируются сотни различных параметров, информация о них формируется с помощью различной аппаратуры (датчики, традиционные приборы визуального наблюдения, различные регистраторы и т. д.). Следовательно, можно выделить еще два свойства, характерные для ИО объекта: α_3 — многообразие источников и приемников данных; α_4 — параллелизм процессов преобразования данных.

САФТЭ относятся к классу систем, работающих в режиме реального времени, т. е. данные поступают от объекта в произвольные или фиксированные моменты времени, а регистрируются в заданный момент или в течение заданного интервала времени. При этом каждый информационный источник или приемник данных имеет свой темп работы. Отсюда следует свойство асинхронности порождения и поглощения данных α_5 .

Свойства $\alpha_1 - \alpha_5$ присущи ИО любого объекта в САФТЭ. В настоящее время не существует средств поддержания ИО объекта, учитывающих в полной мере перечисленные выше свойства.

Рассмотрим подход к формированию ИО объекта в САФТЭ, основанный на анализе информационной сущности экспериментальных данных. Исследуемые в САФТЭ физические процессы характеризуются множеством замеров:

$$Z = \{(X_i, T_i)\}, \quad i = 1, N,$$

где $X_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^n)$ — вектор i -го измеряемого параметра; $T_i = (t_i^1, t_i^2, \dots, t_i^n)$ — вектор времен получения значений компонент вектора X_i ; N — количество измеряемых параметров.

Для синхронного сбора и регистрации информации в САФТЭ характерно выполнение соотношения

$$T_i = T_g; \quad \forall i, g.$$

Для асинхронного сбора и регистрации информации это соотношение не выполняется, т. е. $\exists i, g (T_i \neq T_g)$.

В сложных САФТЭ наблюдается разделение по времени различных этапов эксперимента. Поэтому существует необходимость регистрации каждого этапа эксперимента.

Информационной особенностью экспериментальных данных является невозможность рассматривать значение физического параметра без учета времени его получения. Следовательно, любой физический параметр представляет собой пару, состоящую из значения времени и собственно значения параметра:

$$(t_i^l, x_i^l) = x_i^l(t).$$

Полученную пару можно рассматривать как самостоятельный тип данных, характерный для любой экспериментальной ситуации. Таким образом, множество замеров представляет собой множество специальных типов данных. Объект исследования в этом случае можно задать следующей сигнатурой:

$$(X(t), \Omega),$$

где $X(t)$ — вновь введенный тип данных:

$$X(t) = (X_1(t), X_2(t), \dots, X_N(t));$$

$$X_i(t) = (x_i^1(t), x_i^2(t), \dots, x_i^n(t));$$

Ω — множество операций над этим типом данных. При таком подходе с информационной точки зрения исчезает различие в синхронном и асинхронном сборе информации. Важно обеспечить возможность обработки этого нового типа данных (занесение в базу данных, удаление из базы данных, изменение в базе данных). Из всех мощных средств манипулирования данными реляционных языков для нового типа данных достаточно двух операторов: проекции (в том числе вырезки) и фильтрации.

Существующие системы управления базами данных (СУБД) не предоставляют стандартных возможностей для обработки экспериментальных замеров как самостоятельного типа данных. Для устранения этого недостатка в рамках реляционной модели под каждый измеряемый параметр необходимо создать собственное отношение, состоящее из двух атрибутов: времени регистрации параметра и значения параметра.

Для синхронного сбора и регистрации информации в одно отношение можно включать больше одного значения параметра, но время регистрации параметра в этом случае должно выступать в роли ключа. Для отражения условий проведения эксперимента необходимо создать для каждого эксперимента собственное отношение из $m + 1$ -го атрибута: дата начала j -го этапа эксперимента;

$1 \dots m$ — значения условий проведения j -го этапа эксперимента.

Современная тенденция развития САФТЭ состоит в стремлении перенести обработку экспериментальных данных ближе к месту их получения непосредственно в процессе проведения эксперимента [1], что вызывает широкое применение в САФТЭ мини-ЭВМ. Существующие на данное время СУБД реляционного типа для мини-ЭВМ не предоставляют пользователю возможности создания и поддержания совокупности взаимосвязанных отношений. Поэтому в дополнение к уже имеющимся СУБД реляционного типа (в основу которых положены архитектура и метод хранения данных, реализованные в СУБД RISS [2]) необходимо разработать средство, в функции которого входили бы: 1) автомати-

ческое создание отношений, описывающих эксперимент; 2) автоматическое заполнение взаимосвязанных отношений в ходе проведения эксперимента; 3) выдача данных о физическом процессе пользователю в ходе проведения эксперимента и после него.

К этим средствам относятся: 1) средства информационного и организационного обеспечения, позволяющие определить и создать совокупность взаимосвязанных отношений; 2) программные средства, обеспечивающие вышеперечисленные функции по типу транзакций.

К средствам информационного и организационного обеспечения можно отнести способ обеспечения взаимосвязи между физическими параметрами процесса и условиями проведения эксперимента с помощью специального отношения ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА, которое используется в качестве каталога. Это отношение должно иметь атрибуты, во-первых, однозначно определяющие эксперимент; во-вторых, содержащие имена отношений измеренных параметров и, в-третьих, содержащие имена отношений, характеризующих условия проведения эксперимента.

Информационное обеспечение САФТЭ предлагается реализовать в виде трех баз данных (БД): 1) оперативной базы экспериментальных данных (ОБЭД) для отображения экспериментальной информации в теме проведения эксперимента; 2) архивной базы экспериментальных данных для накопления и обработки экспериментальной информации после проведения эксперимента; 3) базы идентифицирующей информации — своеобразного справочника пользователя, содержащего сведения о логической структуре БД САФТЭ.

К ОБЭД предъявляются следующие требования: удовлетворение свойствам $\alpha_1 - \alpha_5$; динамическое образование новых информационных структур и модификация существующих; быстрый доступ к экспериментальным данным; компактное представление экспериментальной информации; возможность воспроизведения информационной обстановки, возникшей в результате проведения эксперимента.

Предложенная структура БД САФТЭ реализована на верхнем уровне двухуровневой автоматизированной системы испытаний газотурбинных двигателей, работающей в Куйбышевском научно-производственном объединении «Труд» (КНПО «Труд»). В ОБЭД испытаний газотурбинных двигателей КНПО «Труд» можно отобразить максимально 2150 параметров на один замер, что вполне достаточно для целей испытаний газотурбинных двигателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корпиенко Г. И., Мудли В. Г. Методы и средства автоматизации систем обработки данных при натурных испытаниях объектов // Мини- и микроЭВМ в АСУТП и научном эксперименте. — Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1981.
2. Мелдман М., Маклеод Д., Пелликор Р., Сквайр М. RISS: система управления базами данных для малых ЭВМ. — М.: Финансы и статистика, 1982.

Поступило в редакцию 28 июня 1989 г.