

П.Д.Зегжда, А.В.Макаров

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

(г. Ленинград)

Эффективность решения проектных задач существенно зависит от организации в ЭВМ знаний об объекте проектирования, его отдельных элементах, возможности их соединения с целью получения варианта технического решения и моделирования его характеристик. Наиболее перспективный принцип организации таких систем состоит в сочетании базы данных с интерактивной системой их обработки (так называемой базы знаний) [1]. База знаний содержит необходимые сведения о проблемной области и потребностях пользователя, а система обработки обеспечивает применение этих сведений для решения проектных задач. База данных представляется определенной иерархической структурой элементов различного вида (множество, последовательность, сеть, граф и т.д.). Каждый элемент базы может иметь внутреннюю структуру произвольной сложности.

Система обработки представляет собой множество правил манипулирования (преобразования или комбинации исходных данных) над данными с целью удовлетворения запросов пользователя. Под манипулированием понимается применение определенных операторов преобразования элементов данных с целью образования новых элементов (блоков данных), представляющих вариант решения проектной задачи. Перечень операторов и условия их применения образуют правила манипулирования. Выбор правила или последовательности правил производится в системе управления либо автоматически (по определенному признаку поставленной задачи), либо задается пользователем. В первом случае решаемая задача относится к числу известных, и ее решение достигается с помощью стандартных алгоритмов. Во втором - пользователь - ЛПР (лицо, принимающее решение) средствами диалога сам формирует эвристический алгоритм решения задачи. При этом осуществляется самообучение системы, так как происходит запоминание поставленной задачи, и она относится к числу известных.

Для полученного в результате преобразования блока данных (ва-

риант проектного решения) система позволяет получить описание (логическое, математическое, графическое), на основании которого определяются характеристики проектируемого устройства.

Исследуя полученную модель, осуществляя оптимизацию ее параметров, ЛПР принимает решение о пригодности полученного решения, после чего происходит выдача результирующей информации, либо повторяется цикл получения нового варианта технического решения.

Разнообразие проектных задач, решаемых системой (универсальность системы, возможности ее адаптации к широкому кругу объектов), определяется структурой информационного обеспечения (ИО). Следовательно, принцип организации данных необходимо строить исходя из разнообразия решаемых задач.

Рассмотрим состав, организацию и особенности программной реализации информационного обеспечения систем, автоматизированного проектирования средств получения измерительной информации, в частности, измерительных преобразователей (ИП) механических величин (давление, сила, ускорение, перемещение и др.).

Применительно к учебной системе проектирования ИП типичными являются следующие проектные задачи:

1. Задачи выбора выпускаемого ИП, обладающего характеристиками, наиболее близкими к требуемым по ТЗ (выбор прототипа проектируемого ИП).

2. Конструирование ИП, использующего известный вид преобразования (тензо-, пьезо-, индуктивный и т.д.) на основе набора типовых узлов и деталей.

3. Синтез многоканальной измерительной системы на основе стандартных агрегируемых средств.

4. Полная задача "сквозного" проектирования ИП, включающая синтез физического принципа, структуру преобразователя и выбор конструктивного выполнения узлов с указанием их размеров.

Основа информационного обеспечения - база данных (БД) - должна содержать сведения о свойствах исследуемых объектов, их взаимосвязях, определяющих модель предметной области. Под объектом БД будем понимать именованный элемент данных (атрибут, агрегат данных), над которым совершаются определенные операции. В соответствии со сложным характером проектируемых объектов элементы данных объединяются в блоки, являющиеся иерархическим понятием, представляющим многоуровневую структуру, стратифицирующую дополнительную информацию. Отличительной особенностью блока данных является то, что он пред-

ставляет собой ту единицу, которая после определенных преобразований (операций) формирует образ возможного технического решения. Естественно, что после установления варианта технического решения соответствующий объект БД конкретизируется на множестве своих аргументов (логических, лингвистических, численных).

Структура базы данных определяется установленными связями между объектами и может быть в общем случае представлена следующими вариантами:

1. Между объектами не установлены какие-либо отношения.
2. Между объектами установлена жесткая связь (сеть), определяющая их взаимосвязь.
3. Объекты разбиты на группы, внутри которых взаимосвязь не установлена. Отношения между группами образуют сеть заданной структуры. Таким образом объекты образуют двухуровневую систему. Возможно расширение такого типа ИО в виде увеличения числа уровней и установления нескольких вариантов сети.

4. Объекты образуют группы, связь между которыми устанавливается пользователем на данный момент (сеть с гибкой структурой).

В соответствии с указанной систематизацией можно указать соответствие между постановкой задачи проектирования и организацией информационного обеспечения.

1. Задача отыскания ближайшего прототипа. В этом случае необходимо использовать ИО, включающие данные I-го типа. Решение задачи состоит в сравнении основных параметров проектируемого ИП с параметрами ИП, имеющимися в БД, т.е. в процессе исследования пересечения множеств  $M_j^0$  параметров известных ИП и  $M_j$  - параметров, соответствующих техническому заданию.

2. Второй тип организации информационного обеспечения отвечает требованиям задачи сквозного проектирования, включающего синтез физического принципа действия в виде цепи (последовательной или замкнутой) измерительных преобразований, преобразующих измеряемую величину  $x \in X$  к требуемому параметру  $y \in Y$  с последующим выбором конструкций узлов. БД в этом случае является частное преобразование величины  $x_j$  в  $x_j'$ . Связь между объектами задана сетью, формализуемой гиперграфом, вершины которого суть физические величины, а ребрам приписан вес, соответствующий функции преобразования.

Кроме того, каждая соединенная пара вершин представляет собой ключ к последовательной записи свойств соответствующего преобразо-

вания (диапазон изменений величин, диапазон достижимых параметров) динамические свойства влияющих факторов для каждой из возможных конструктивных реализаций. Решение задачи производится отысканием маршрута на графе, преобразующего заданную входную величину в выходную и удовлетворяющего поставленным требованиям.

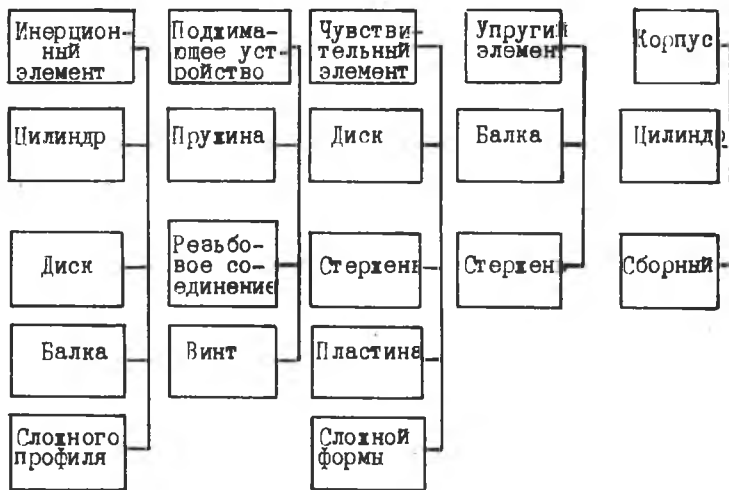
Описание данных для этой задачи осуществляется на основе Кенигова представления  $K(H) = (X, Y, V)$ , гиперграфа  $H [I]$  с множеством вершин  $XUY$  и множеством ребер  $V$ , каждое из которых связывает вершины  $x_i \in X$  и  $y_j \in Y$  в соответствии с функцией  $Q_m = f(x_i, y_j, \bar{P}_m)$ , определенной для каждого  $x_i$  и  $y_j$  на множестве различных конструктивных реализаций, характеризующихся вектором свойств.

3. Третий тип организации ИО соответствует типичному случаю автоматизации процесса конструирования преобразования на основе набора типовых элементов известных форм и способов механического нагружения, имеющих определенное функциональное назначение. Верхний уровень (жестко заданная сеть) задается функциональной конструкторской схемой или несколькими ее вариантами. Нижний иерархический уровень ИО представлен разнообразием конструктивных элементов.

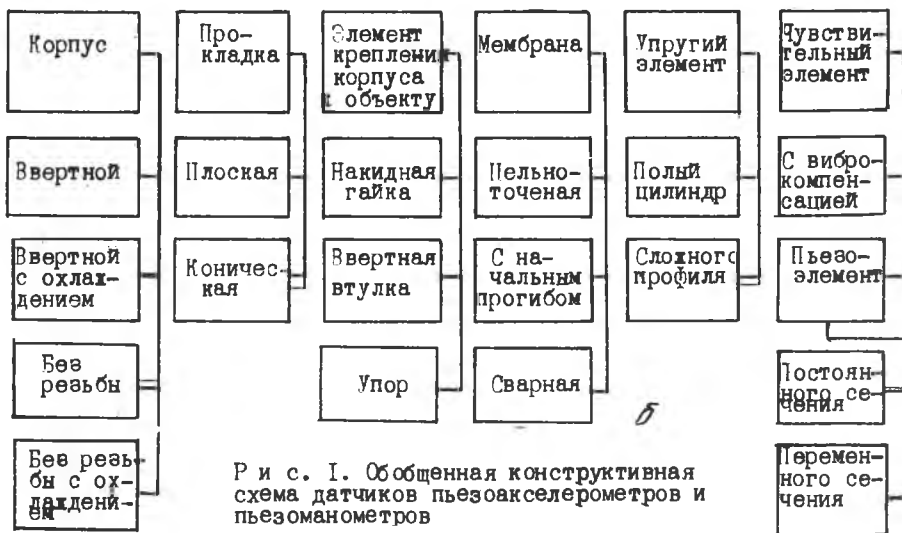
Ограничиваясь классом ИП механических величин, естественной входной величиной которых является обобщенная сила (датчики давления, ускорения, усилия), можно указать основные функциональные элементы, являющиеся общими для всех ИП и определяющие требуемый состав базы данных. Функциональная схема ИП представляет собой последовательную цепочку, состоящую из воспринимающего, упругого и преобразующего элементов и измерительной цепи. Разнообразие воспринимающих элементов определяется входной величиной: для ускорения - это инерционный груз, для давления - мембрана, для силы - силовоспринимающие элементы, разнообразие форм которых ограничено. Эти элементы осуществляют преобразование входной величины в перемещение или усилие, воспринимаемое упругим элементом, связанным с преобразующим узлом, на выходе которого образуется электрический сигнал, пропорциональный измеряемой величине. Каждый элемент выполняет строго определенную функцию, что позволяет обобщить разнообразные реальные конструкции.

На этой основе удастся построить обобщенную функционально-конструкторскую схему, определяющую необходимый набор типов узлов в соответствии с их функциональным назначением и с указанием возможного разнообразия геометрических форм каждого узла.

Обобщенные конструктивные схемы пьезоакселерометров и пьезо-манометров (рис. I, а, б) показывают, что такая схема избыточна, что позволяет, комбинируя различное сочетание узлов, получить конструкции ИП, не существовавшие ранее.



а

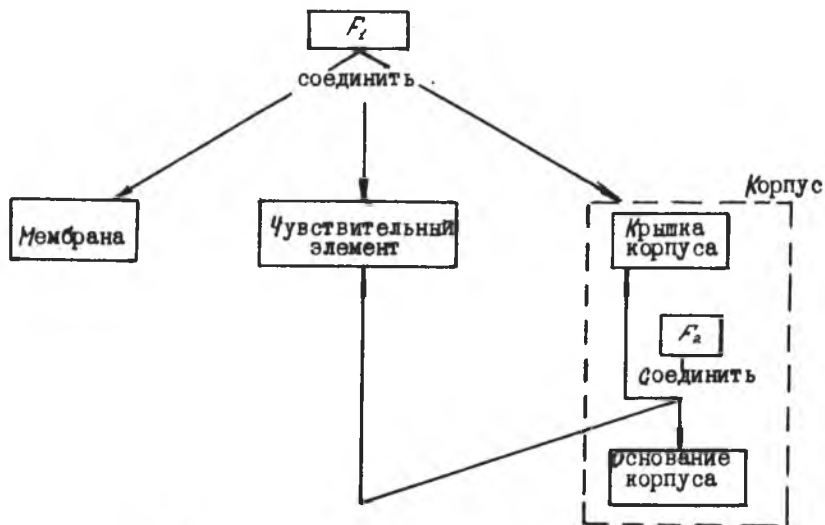


б

Р и с. I. Обобщенная конструктивная схема датчиков пьезоакселерометров и пьезо-манометров

Предлагаемый состав данных и процесс манипулирования с ним удобно описывать с использованием понятия фреймов [2]. Учитывая, что обработка информации в базе знаний подразумевает не только манипуляцию с данными, но и процесс моделирования характеристик проектного решения, воспользуемся понятиями фрейм-событие и фрейм-характеристика.

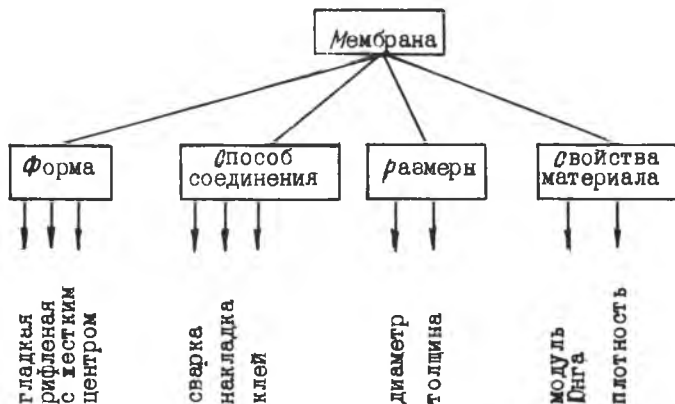
Под фреймом-событием будем понимать в нашем случае задание обобщенной структуры ИП в виде состава и правил соотношения типовых узлов. Фрейм-событие состоит из предиката и его аргументов и задается вершиной, определяющей предикат события и ролевых дуг, направленных к вершинам, представляющим аргументы предиката. Определение значения фрейма состоит в замещении аргументов предиката типовыми переменными из среды с проверкой на истинное и ложное высказывание. Пример значения фрейма  $F_1$  для задания возможной конструкции ИП для измерения давления приведен на рис.2, в котором вершина изображена предикатом "СОЕДИНИТЬ", а аргументом являются



Р и с . 2. Фрейм-событие, описывающий датчик давления

мембрана и корпус. Корпус представляет собой сложный узел с дополнительными связями. Набор таких типовых структур хранится в базе знаний, либо задается пользователем при решении конкретной задачи. Имеется принципиальная возможность генерирования варианта структуры на основе сведений, содержащихся в базе знаний.

Фрейм-характеристика используется для формирования разнообразия возможных реализаций каждого узла ИП с указанием необходимых описаний. Пример фрейма-характеристики "мембрана" приведен на рис.3. Здесь имеются дуги двух типов - характеристика "ch"



Р и с. 3. Фрейм-характеристика узла "мембрана"

(форма), (способ соединения с корпусом) и значение (размер чего-либо " V "). На множестве фреймов-характеристик задается сеть реляционных отношений, определяющая возможные взаимосвязи (функциональную, конструкторскую и технологическую совместимость), что устанавливает логически возможные конкретизации фрейма-события на основе фреймов-характеристик.

Таким образом, база знаний для проектирования ИП представляет собой реляционную базу данных с сетевым способом обработки, причем вид сети либо устанавливается пользователем, либо соответствует установленному заранее варианту в виде фрейма-события.

Фрейм-событие отражает сочетания фреймов-характеристик, подчиненные действию "СОЕДИНИТЬ". Структура фрейма-события определя-

ется в соответствии с обобщенной структурной схемой датчика, пример которой приведен на рис.1. Процесс проектирования формализуется как означивание фрейма-события  $F (F_1, F_2, \dots, F_n)$  в соответствии с возможными фреймами-характеристиками  $F_i(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$  его узлов, где  $\{x_{i1}, x_{in}\}$  - множество описаний характеристик узлов [3]. С точки зрения алгоритма манипуляции данными это сводится к нахождению значений фрейма  $F$  в заданной предметной области существования аргументов фреймов  $\{x_i\}$  в соответствии с отношением:

$$R \subseteq D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n, \quad F(F_1, F_2 \dots F_n) \in R, \quad (I)$$

где  $D_i$  - домены данных конкретизированного фрейма-характеристики  $F_i$ .

Четвертый из перечисленных типов ИО позволяет эффективно решать задачу так называемого композиционного проектирования, формализующую синтез измерительных систем на основе агрегированных узлов и устройств.

Структуру такого устройства пользователь задает исходя из возможного (обычно ограниченного) набора последовательно-параллельных структур. Для конкретизации проектируемого устройства необходимо выбрать из числа агрегируемых блоков совокупность, оптимизирующую систему в определенном смысле. Блоки  $P_{i-1}$  и  $P_i$  считаются агрегируемыми, если разность множества входных характеристик  $A(P_i)$  и выходных  $B(P_{i-1})$  удовлетворяют условию

$$B(P_{i-1}) \cap A(P_i) = A(P_{i-1}).$$

База данных в этом случае описывается фреймом-событием, имеющим структуру И-ИЛИ дерева на фреймах узлов с множеством значений в виде тех элементов декартова произведения (I), построенного на конкретизации фреймов-характеристик узлов,  $\mathcal{R}_i$ , для которых выполняется условие агрегируемости.

После того как задана структура проектируемой системы в виде сети и установлены условия сопряжения блоков задача сводится к предыдущему случаю с учетом того, что функционал качества системы установлен для данного набора узлов.



## Библиографический список

1. Системы автоматизированного проектирования в радиоэлектронике / Под ред. И.П.Наренкова.-М.:Радио и связь, 1986.-367 с.
2. Кокорева Л.В., Малашин И.И. Проектирование банков данных.-Л.:Наука, 1984.-256 с.
3. Зегжда П.Д., Макаров А.В., Николаева М.Л. База знаний для автоматизации проектирования измерительных преобразователей физических величин //Вычислительные. измерительные и управляющие системы:Межвуз.об.-Л.:ЛПИ, 1987, С.32-38.

УДК 681.586.001

М.Л.Николаева, Л.В.Смолко

### МЕТОДИКА ВЫБОРА ФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ В УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

(г. Ленинград)

Любое средство получения измерительной информации может быть представлено в виде цепи элементарных физических преобразований. Сочетание физических эффектов (ФЭ), определяющих физический принцип действия средства измерения, должно обеспечивать преобразование измеряемой входной величины в требуемую выходную величину. При этом должны быть выполнены условия согласования, а передаточные функции звеньев преобразования должны обеспечивать значения характеристик, определяемых техническим заданием. Автоматизация проектирования измерительных преобразователей на этапе выбора физического принципа действия (ФПД) позволяет получить множество допустимых целей преобразования, обеспечивающих заданную функцию преобразования. Для этого задача выбора ФПД формулируется следующим образом: имеется множество ФЭ  $\mathcal{A} = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ , на котором