

УДК 681.58

В. А. Панов, кандидат технических наук, Пермский государственный технический университет

## МЕТОДИКА СТРУКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИИС

Рассмотрена методика автоматизированного проектирования структуры информационно-измерительной системы. Описан алгоритм процесса проектирования, предложена структура информационно-измерительной системы в виде системы массового обслуживания, представлена программа на языке GPSS. Предложены рекомендации по изменению начальной структуры системы в случае несоответствия результатов моделирования с требованиями технического задания.

**Ключевые слова:** IMS, структура, проектирование, GPSS.

Структурное проектирование является одной из важнейших процедур разработки информационно-измерительной системы (ИИС) [1]. Однако в настоящее время этот процесс плохо формализован и ограничивается в основном моделированием на системном уровне [2]. В данной работе предложена методика автоматизированного проектирования структуры ИИС с использованием языка имитационного моделирования GPSS [3].

Структурная схема типовой ИИС приведена на рис. 1.

Типовая ИИС состоит из множества аналоговых датчиков, снимающих данные с объекта управления. Коммутатор подключает эти датчики к многоканальному обслуживающему устройству, состоящему из  $k$  одинаковых устройств. Каждое такое устройство как правило состоит из усилителя,

фильтра и аналого-цифрового преобразователя. Если все обслуживающие устройства в данный момент заняты, то заявка на обслуживание датчика становится в очередь. Устройство управления УУ определяет дисциплину обслуживания датчиков и выдает управляющие сигналы на запись данных в память.

Данную структуру можно представить в виде системы массового обслуживания (СМО). Преимущества подобного подхода заключаются в существенном упрощении и ускорении процесса проектирования ИИС. Таким образом, одной из задач проектирования ИИС является переход от описания ИИС в терминах естественного языка к модели, описанной в терминах СМО и впоследствии GPSS.

Структурная схема ИИС в терминах СМО представлена на рис. 2.

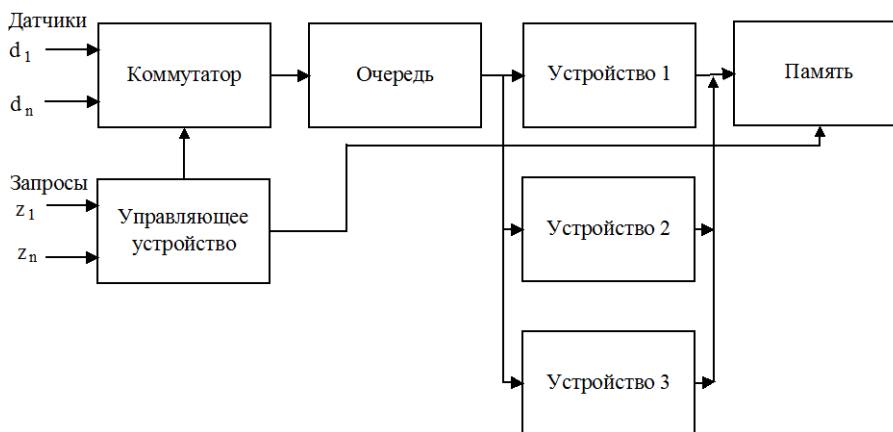


Рис. 1. Структурная схема типичной ИИС

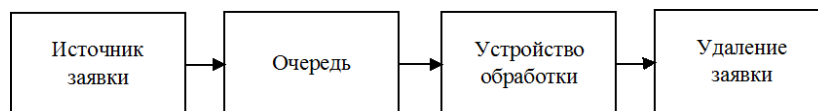


Рис. 2. Представление ИИС в виде СМО

Основными элементами здесь являются: источник заявки, очередь, многоканальное устройство обработки, блок удаления заявки.

Источник генерирует заявки в случайные моменты времени, определяемые заданным законом распределения. После этого заявка занимает место

в очереди и пытается занять обслуживающее устройство. Если устройство свободно, то заявка занимает его и находится в нем в течение интервала времени, определяемого заданным законом распределения. После обслуживания устройством заявка удаляется из системы.

Задача структурного проектирования ИИС ставится следующим образом: при заданных параметрах сигнала с датчиков определить минимально возможное число обслуживающих устройств и требуемую емкость очереди.

Схема алгоритма процесса проектирования ИИС представлена на рис. 3.

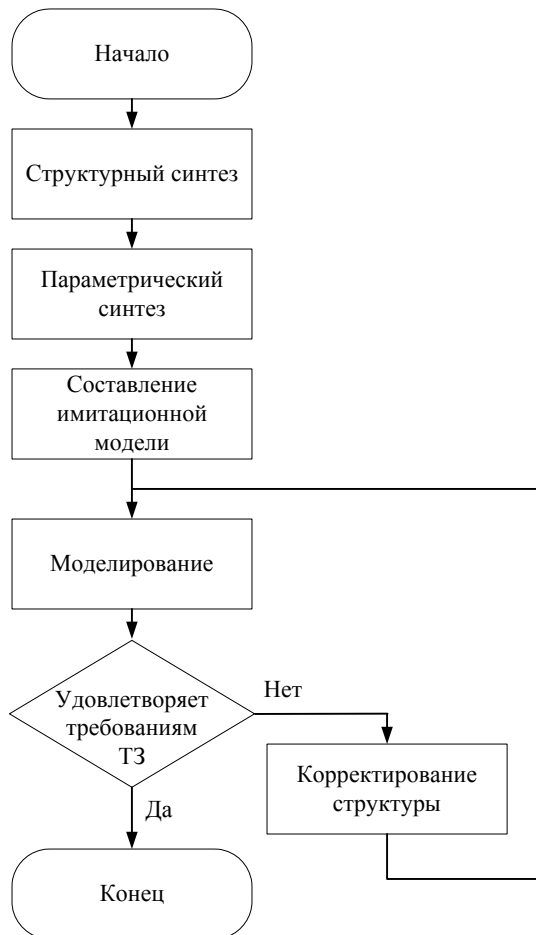


Рис. 3. Схема алгоритма процесса проектирования

Прежде всего предлагается начальная структура системы (структурный синтез). Для этой структуры определяются параметры (параметрический синтез). Затем осуществляется переход от реальной структуры ИИС к структуре, представленной в терминах СМО. После этого составляется имитационная модель СМО и проводится имитационное моделирование. Выходные параметры модели затем сравниваются с требуемыми. Если они удовлетворяют требованиям технического задания, то процесс проектирования структуры закончен. Если же нет, то проводится корректировка структуры, а затем снова моделирование.

Рассмотрим данную методику на примере. Обычно в техническом задании на структурное проектирование ИИС задаются:

- максимальное число обслуживающих устройств  $N_{o\max}$ ;
- максимально возможная длина очереди  $l_{\max}$ ;
- разрядность АЦП  $n_p$ ;

- вероятность обслуживания заявки  $P_{\text{обсл}}$ ;
- интенсивность поступления заявок  $\lambda$ ;
- максимальная частота в спектре входного сигнала  $F_{\max}$ ;
- закон распределения времени обслуживания заявок;
- закон распределения времени поступления заявок.

Требуется найти минимальное число обслуживающих устройств и минимально возможную емкость очереди.

Рассмотрим этапы проектирования.

1. Структурный синтез. На первой итерации задается структура, состоящая из источника заявки, очереди емкости  $l_{\max}$ , одного обслуживающего устройства.

2. Параметрический синтез. Заключается в нахождении параметров входного потока заявок и времени обслуживания одной заявки.

В качестве входного потока обычно применяется пуассоновский поток с интенсивностью  $\lambda$ .

Время обслуживания заявки определяется параметрами АЦП, а также временем переходного процесса усилителя и фильтра. Это значение в нашем случае зависит от амплитуды входного сигнала, так как в качестве примера выбрано АЦП последовательного счета. Максимальное время обслуживания вычисляется следующим образом:

$$t_{y\max} = \frac{U_{\max}}{U_{\text{оп}}} \left( 2^{n_p} - 1 \right) \frac{1}{f_t} + T_{\phi}, \quad (1)$$

где  $f_t$  – тактовая частота работы АЦП последовательного счета;  $U_{\max}$  – максимальная амплитуда сигнала на выходе датчиков;  $U_{\text{оп}}$  – опорное напряжение АЦП;  $T_{\phi}$  – время переходного процесса усилителя и фильтра.

Среднее время обслуживания при этом равняется

$t_{y\text{ср}} = \frac{1}{2} t_{y\max}$ , а разброс времени обслуживания определяется только параметрами АЦП:

$$t_y = \frac{1}{2} \frac{U_{\max}}{U_{\text{оп}}} \left( 2^{n_p} - 1 \right) \frac{1}{f_t}. \quad (2)$$

В качестве закона распределения интервалов обслуживания при данном типе АЦП можно использовать равномерный. При других законах распределения описываемая методика не изменится.

3. Составление имитационной модели. Для этого используется стандартная методика разработки имитационной модели на языке GPSS [4].

Программа на языке GPSS представлена ниже.

нас STORAGE 1; количество каналов обслуживания в СМО;

GENERATE (POISSON(1,50)); генерация заявки с заданной интенсивностью и пуассоновским законом распределения;

TEST LE q\$alfa1,16,deny; проверка на превышение длины очереди;

QUEUE alfa1; внесение записи о входе заявки в очередь;

ENTER pas; вход в обслуживаемое устройство;  
 DEPART alfa1; внесение записи о выходе заявки из очереди;  
 ADVANCE 65.75,63.75; задержка заявки в устройстве;  
 LEAVE pas; освобождение устройства;  
 TERMINATE; выход заявки из системы;  
 deny TERMINATE; удаление заявки, не вошедшей в очередь;  
 GENERATE 100000; задание времени моделирования;  
 TERMINATE 1; окончание моделирования;  
 START 1; начало моделирования.

4. Моделирование. Выходными параметрами модели являются:

- число сгенерированных заявок  $n$ ;
- число обслуженных заявок  $m$ ;
- среднее время нахождения заявки в очереди  $t_{оч}$ ;
- среднее время обслуживания заявки устройством  $t_{об}$ ;

- максимальная длина очереди  $l_{оч}$ .

5. Верификация. На этапе верификации производится сравнение параметров полученной модели с параметрами, заданными в ТЗ. При верификации производится сравнение четырех параметров полученной модели с заданными в ТЗ. Модель должна обеспечивать:

- заданную вероятность обслуживания:  $P_{обсл} \leq \frac{m}{n}$ ;
- число обслуживаемых приборов должно быть меньше или равно  $N_{о\max}$ ;
- максимальная длина очереди  $l_{оч}$  должна быть меньше или равна  $l_{\max}$ ;

• среднее время нахождения заявки в системе  $t_c = t_{оч} + t_{об}$  должно удовлетворять теореме Котельникова:

$$t_c \leq \frac{1}{2F_{\max}}, \quad (3)$$

где  $F_{\max}$  – максимальная частота в спектре входного сигнала (заданная величина).

Если все ограничения соблюдены, задействовано минимум обслуживаемых устройств и длина очереди минимально возможна, то считается, что структура выбрана правильно. На этом процесс синтеза структуры ИИС заканчивается.

При невыполнении хотя бы одного требования ТЗ необходима коррекция структуры. Коррекция структуры заключается в варьировании числа обслуживаемых устройств и емкости очереди. При изменении этих параметров проводится повторное моделирование.

Таким образом, в работе предложена методика автоматизированного синтеза структуры ИИС на основе многократного имитационного моделирования. Данная методика может быть использована специалистами, занимающимися проектированием информационно-измерительных систем.

#### Библиографические ссылки

1. Рубичев Н. А. Измерительные информационные системы. – М. : Дрофа, 2010. – 334 с.
2. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования : учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 448 с.
3. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. – М. : Высш. шк., 1998. – 320 с.
4. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS : пер. с англ. – М. : Машиностроение, 1980. – 592 с.

V. A. Panov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Perm State Technical University

#### The Technique of Structural Design of Information Measuring Systems (IMS)

The automatized method of design structure of IMS and algorithm of the design process are described. The structure of IMS as a queuing system is proposed. GPSS program is presented. Recommendations are proposed to change a system initial structure in case of mismatch of specification requirements and modeling results.

**Key words:** IMS, structure, design, GPSS.