

М. А. Шамашов

ФОРМАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
КАМАК-СИСТЕМ

(г. Куйбышев)

В настоящее время важнейшим инструментом автоматизации сбора данных и управления экспериментом в автоматизированных системах научных исследований (АСНИ) и стендовых испытаниях сложных технических систем становятся программно-управляемые магистрально-модульные системы в стандарте КАМАК [1]. Рост номенклатуры функциональных КАМАК-модулей и контроллеров настоятельно требует эффективных разработок как аппаратуры в стандарте КАМАК, так и программного обеспечения (ПО) по ее обслуживанию. Одним из средств автоматизации проектирования программно-аппаратных комплексов АСНИ, включающих устройства связи с объектом в стандарте КАМАК, может служить формальное представление функционирования КАМАК-систем, во многом определяемое логическим стандартом КАМАК. Формальное описание КАМАК-систем облегчит взаимодействие между разработчиками аппаратуры и программистами, позволит документировать аппаратную реализацию модулей в стандарте КАМАК, может быть использовано в преподавании и управлении проектированием АСНИ.

При решении задач автоматизации проектирования программно-аппаратных комплексов широко используются методы сравнительного анализа. Выбор рациональной структуры системы и ее компонент осуществляется при этом на основе характеристик сравниваемых вариантов. Для получения априорных характеристик систем наиболее перспективна методология имитационного моделирования. Таким образом, задачи автоматизации проектирования АСНИ требуют, чтобы выбранные средства формального описания КАМАК-системы обеспечивали возможность исследования альтернативных вариантов с помощью моделирования.

Методология цифрового моделирования находит все более широкое применение и при отладке ПО АСНИ (кросс-системы, интерпретаторы, эмуляторы) [2, 3], что предъявляет дополнительные требования к выбору средств формального описания КАМАК-систем с тем,

чтобы они могли использоваться в качестве входной информации для программ, формирующих модели этих систем, использующихся для проектирования и отладки ПО по обслуживанию и управлению КАМАК-системой, параллельно с аппаратной реализацией модулей системы.

В качестве объекта формального описания выбран базовый элемент КАМАК-системы — крейт КАМАК. В общем случае его можно определять как конечный автомат, осуществляющий переходы из состояния в состояние в соответствии с входными значениями, представляющими собой либо набор КАМАК-операций  $NAF$ , поступающих по магистрали КАМАК от контроллера, либо внешние воздействия от объекта исследования АСНИ.

Пусть  $M$  — множество состояний магистрали крейта, а  $X_i$  — множество состояний  $i$ -го функционального модуля крейта КАМАК ( $i = \overline{1, n}$ , где  $n$  — число функциональных модулей в крейте). Выполнение каждой операции  $NAF$ , являющейся подмножеством состояний магистрали, можно представить в виде некоторого преобразования (функции перехода автомата)  $P_j$  над множеством состояний магистрали и функционального модуля

$$N(k)A(l)F(m) \rightarrow P_j^{t_j}(M, X_i), \quad (1)$$

где  $j = f(m, l, i)$ ,  $K$  — номер станции крейта ( $K = \overline{1, 23}$ ),  $l$  — субадрес ( $l = \overline{0, 15}$ ),  $m$  — код КАМАК-операции ( $m = \overline{0, 31}$ ). Для конкретного крейта номер модуля  $i$  однозначно соответствует номеру станции  $K$ . Индекс  $t_j$  указывает, что преобразование  $P_j$  осуществляется за время  $t_j$ . Введение длительности преобразования позволяет использовать выбранное средство описания для оценки динамических характеристик системы.

Обозначим множество внешних воздействий от объекта исследования через  $V$ . Тогда внешние воздействия  $V_k$ , влияющие на поведение КАМАК-системы (в дальнейшем такое воздействие будет называться существенным) приведут к  $V_k$  — преобразованию над состоянием модуля  $i$ :

$$V_k \rightarrow V_k^{t_k}(X_i), \text{ где } i = f(k). \quad (2)$$

Изменение в модуле  $X_i$  может привести к изменению состояния магистрали  $M$ , а точнее — выработке  $L$  — запроса от модуля:

$$V_k \rightarrow V_k^{t_k}(X_i) \rightarrow V_e^{t_e}(L_j), \quad (3)$$

где  $j = f(i)$ ,  $l = \varphi(X_i)$ . Номер запроса  $j$  однозначно связан с

типом модуля  $L$ , а тип преобразования  $\bar{L}$  зависит от текущего состояния модуля. Например,  $\bar{L}AM$ -требование от модуля может не привести к формированию  $L$ -запроса, если установлена  $\bar{L}AM$ -маска [1].

Как правило, крайт-контроллер выполняется не автономно, а выступает в качестве интерфейса ЭВМ-КАМАК. В этом случае источником центрального управления системой служит ЭВМ, а контроллер должен интерпретировать команды, данные, служебные сигналы ЭВМ применительно к КАМАК, и так же из КАМАК в ЭВМ.

Выполнение программы реального времени на мини-ЭВМ, как и поведение КАМАК-системы, можно представить в виде функционирования конечного автомата. Выполнение каждой команды  $y_i$  программы мини-ЭВМ  $Y$  приводит к переходу  $Q_n$  автомата "процессор-память-внешние устройства" в новое состояние

$$y_i \rightarrow Q_n^{t_n}(A, B, C), \quad (4)$$

где  $A$  - текущее состояние процессора,  $B$  - памяти,  $C$  - внешних устройств,  $t_n = f(y_i, A, B, C)$ . При этом новые значения слова состояния процессора (ССП) и счетчика команд (СК) (ССП, СК  $\in A$ ) однозначно представляются через результат ранее выполненных команд программы. Поэтому рассмотренный переход автомата назовем **последовательным**.

Выделим из множества  $C$  подмножество  $K$ , характеризующее состояние внутренних регистров крайт-контроллера КАМАК. Воздействие вектора  $y_n$ , представляющего собой набор команд ЭВМ, которое приводит к выработке кода  $N(k)A(\ell)F(m)$  на магистрали, характеризуется набором последовательных переходов  $\bar{Q}_n$  автомата  $\{A, B, C\}$ . Выделяя только интересующий нас интерфейс ЭВМ-КАМАК, выражение (1) можно представить как

$$\bar{y}_n \rightarrow \bar{Q}_n^{t_n}(k) \rightarrow G_x^{t_x}(M) \rightarrow N(k)A(\ell)F(m) \rightarrow P_j^{t_j}(M, X_i), \quad (5)$$

где  $Z = f(k)$ .

Обработка внешних прерываний, поступающих на ЭВМ, связана с нарушением последовательного выполнения программы и выбором новых значений ССП и СК, зависящих от типа прерывания. Переход  $F$  автомата  $\{A, B, C\}$ , отражающий прерывание программы, назовем **скачком автомата**. К нему приведет каждое существенное внешнее воздействие:

$$V_k \rightarrow V_e^{te}(L_j) \rightarrow F_S^{ts}(CCP, CK), \quad (6)$$

где  $S = f(j)$ .

Выражения (5) и (6) определяют общую схему функционирования КАМАК-системы и ее взаимодействие с ЭВМ и объектом исследования.

Как отмечалось, выбранное средство формального представления функционирования системы должно обеспечивать решение задач, основных на моделировании системы. Рассмотрим теперь структуру модели описанной системы на инструментальной вычислительной машине (ИВМ).

Все рассмотренные множества  $M, X, A, B, C, K$  моделируются элементами памяти и регистрами ИВМ. Точно так же, как любое преобразование  $Q$  имитируется интерпретирующей подпрограммой или семантическим эквивалентом  $\gamma$  эмулятора моделируемой ЭВМ на ИВМ [4], и преобразования  $P, V, G, F$  будут имитироваться подпрограммами интерпретации эмулятора КАМАК, осуществляющими адекватные изменения на моделях соответствующих множеств. Моделирование динамики поведения системы и оценка ее динамических характеристик производится на основе применения монитора императивного и интеррогативного управления моделью [5], использующего длительности  $t$  выполнения отдельных преобразований над множествами.

В заключение отметим, что предложенное формальное представление функционирования КАМАК-систем положено в основу разработанного языка проектирования и эмуляции КАМАК-систем, который будет использоваться в целях программной настройки моделей КАМАК [6], входящих в состав инструментальной системы автоматизации проектирования и отладки ПО АСНИ [7].

## Л и т е р а т у р а

1. Ткач И.И., Кашук А.П. Современные тенденции в построении цифровых модулей для автоматизированных систем измерения, управления и контроля. - В кн.: Материалы УП Всесоюзной школы по автоматизации научных исследований. - Л.: ЛИЯФ, 1974, с.186-209.
2. Будачевский И.А., Коварцев А.Н., Кораблин М.А., Шамашов М.А. Двухэтапная схема интерпретации специализированных УВМ. - УСИМ, 1978, № 3, с.39-42.

3. Коварцев А.Н., Кораблин М.А., Шамашов М.А. Имитационное моделирование системы автоматизации эксперимента с использованием эмулятора полной конфигурации.-УСИМ, 1979, № 4, с.124-127.

4. Шамашов М.А. Формальное описание процесса эмуляции СУВМ.- В сб.: Автоматизация экспериментальных исследований.-Куйбышев: КуАИ, 1978, № 9.

5. Коварцев А.Н., Шамашов М.А. Средства моделирования в системах автоматизации эксперимента.-В кн.: Теория и методы математического моделирования: Тезисы докладов УП Всесоюзного совещания.- М.: Наука, 1978, с.219-220.

6. Кораблин М.А., Шамашов М.А. Моделирование КАМАК-систем.- В кн.: Моделирование дискретных и управляющих вычислительных систем: Тезисы докладов III Всесоюзного семинара.-Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981, с.113-115.

7. Кораблин М.А., Шамашов М.А. Система автоматизации проектирования и отладки программного обеспечения АСНИ.-В кн.: Сбор и обработка информации в автоматизированных системах научных исследований: Тезисы докладов УШ Всесоюзной конференции по теории кодирования и передачи информации. Ч.6.-М.-Куйбышев: Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика" АН СССР, 1981, с.126-130.

УДК 681.3

П.В.Гамин

ПОЛНЫЙ ЭМУЛЯТОР КАМАК

(Куйбышев)

В связи с бурным развитием автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) важное значение на современном этапе приобретают вопросы автоматизации проектирования программного обеспечения (ПО), в частности, для АСНИ.

Отладка ПО АСНИ может выполняться как на вычислительных средствах, входящих в состав проектируемой АСНИ, так и на инструментальных ЭВМ (сравните проект *Shuttle [1]*). Можно ожидать, что базовыми техническими средствами АСНИ, по крайней мере на ближайшие 10 лет, будут вычислительные машины серии СМ и технические средства, реализованные в стандарте КАМАК [2, 3]. Техничес-