

УДК 681.34

Н. И. СЕНЧЕНКО, канд. техн. наук,
Г. В. КОСМАЧЕВСКИЙ, С. Ф. ТАНЯНСКИЙ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГИБРИДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ

В настоящее время большое внимание как в нашей стране, так и за рубежом уделяется применению моделей в спортивной практике. Основными направлениями применения метода моделирования в спорте являются: изучение техники спортивных движений; тестирование физической работоспособности; изучение физиологических и биомеханических систем и отдельных их элементов в организме спортсмена; прогнозирование спортивных достижений.

В качестве технических средств моделирования используются аналоговые (АВМ) и цифровые вычислительные машины (ЦВМ).

В последнее время значительное развитие и распространение получили гибридные вычислительные системы (ГВС), которые сочетают достоинства обоих классов машин и эффективно используются в научных и инженерных исследованиях для моделирования динамических систем.

Перспективным является применение ГВС и для моделирования процесса подготовки спортсменов. Это связано с тем, что

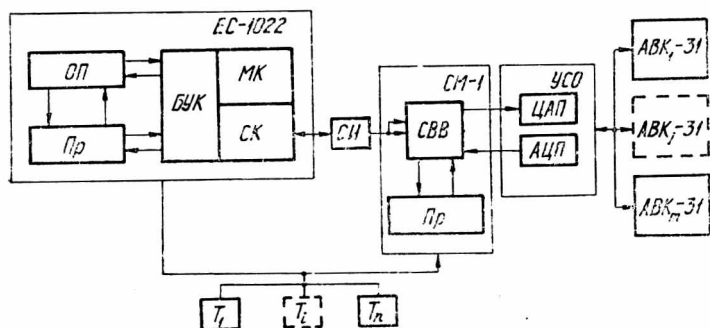


Рис. 1

обработке подлежит информация, представляемая в виде непрерывного сигнала или последовательности стандартных импульсов, что позволяет вводить данные в ГВС непосредственно с экспериментальной установки.

Рассмотрим структуру и программное обеспечение двухуровневой экспериментальной ГВС и ее применение для гибридного моделирования процесса подготовки спортсменов.

1. Структура двухуровневой ГВС. В одноуровневых ГВС, содержащих АВМ и ЦВМ, неэффективно используется цифровая часть. Для устранения этих недостатков были предложены двухуровневые ГВС, в которых для управления АВМ используются мини-ЭВМ или управляющая машина.

ГВС, разработанная с участием авторов, содержит аналоговые процессоры АВК-31, от 1 до 16 штук, управляющую машину СМ-1, ЦВМ ЕС-1022 и ряд терминальных устройств (рис. 1). Связь между процессорами осуществляется через селективный канал ЕС ЭВМ и согласователь интерфейсов (СИ) А711-1/6, предусмотренный в составе модулей СМ-1. СИ обеспечивает обмен информацией между двумя процессорами, согласовывая их разные интерфейсные выходы. Применение двух процессоров позволит в значительной степени повысить производительность цифровой части, а также расширить возможности моделирования.

Функции цифровой части ГВС распределяются следующим образом. Базовый процессор (БП) ЭВМ СМ-1, соединенный с аналоговой частью через быстродействующие каналы ввода-вывода гибридной информации, осуществляет управление режимами работы АВК-31 и обменом информацией между СМ-1 и АВК-31. На стадии подготовки к решению гибридных задач БП используется для автоматической коммутации аналоговой части задачи, установки коэффициентов. Кроме того, БП обеспечивает организацию общения пользователя с ГВС в режиме диалога, диагностику всех АВК-31 и системы связи. Центральный процессор (ЦП) ЕС-1022 выполняет автоматическую подготовку задач к решению, общее управление вычислительным процессом, обработку цифровой и аналоговой информации в соответствии с алгоритмом решения задачи, операции диалога, анализ и регистрацию результатов, контроль, диагностику и тестирование всей системы. Связь БП с АВК-31 осуществляется через систему ввода—вывода (СВВ) ЭВМ СМ-1 и устройство связи с объектом (УСО). УСО представляет собой модуль, состоящий из цифро-аналоговых (ЦАП) и аналого-цифровых (АЦП) преобразователей, предусмотренных в составе модулей ЭВМ СМ-1.

В качестве терминальных устройств (T_1, \dots, T_n) используются дисплеи ЕС-7066 или автоматизированные рабочие места экспериментаторов (АРМ). В состав АРМ входит устройство связи с физиологическим объектом модульной структуры, а также устройство записи и отображения информации. АРМ через СМ-1 связывается с ЭВМ ЕС-1022, что позволяет исследователю производить обработку полученных результатов и цифровое, аналоговое или гибридное моделирование.

Анализ существующих приборов экспериментальной физиологии, психологии и спортивной медицины показывает, что выходная информация при исследовании физиологических и биомеханических систем может быть представлена в виде последовательности стандартных импульсов непосредственно с экспериментальной установки; данных, записанных на магнитной ленте, перфокартах, перфоленте; графиков на бумажной, фото-бумажной ленте или на фотопленке.

Для ввода последовательности стандартных импульсов используется устройство связи с объектом ЭВМ СМ-1, в которое входят следующие модули: регистры запросов, таймеры, счетчики, генераторы слов, модули согласования уровней входных сигналов.

При вводе графиков применяются автоматические устройства кодирования визуальных графических данных типа «График», «Старт» [1].

Структура экспериментальной ГВС разработана таким образом, чтобы ее функциональные подсистемы могли использоваться

автономно, что позволяет легко перестраивать и наращивать структуру всей системы.

2. Программное обеспечение ГВС. Программное обеспечение ГВС, предназначенной для моделирования процесса подготовки спортсменов, включает: гибридную операционную систему; пакет программ, обеспечивающий сбор, накопление и предварительную обработку данных; программы статистического анализа данных и создания моделей сложных физиологических и биомеханических систем; пакет прикладных программ для моделирования на ЭВМ аналоговых систем и непрерывных процессов (ПМНП); аналоговый компилятор на базе входного языка пакета ПМНП; программы статистической обработки аналоговой информации.

Гибридная операционная система (ГОС) представляет собой специализированную операционную систему ЭВМ СМ-1. В состав ГОС входят: гибридный монитор; программы взаимодействия с ЭВМ ЕС-1022; функциональные программы; обработчик аналоговых прерываний; гибридный диалоговый отладчик.

Гибридный монитор осуществляет управление модулями ГОС, вызывает соответствующий модуль и передает ему управление.

Программы взаимодействия обеспечивают прием и передачу данных ЭВМ ЕС-1022. При этом некоторые данные, например, коммутационный аналоговый файл или файл статистического контроля обычно переписываются на мини-диск, а затем интерпретируются функциональными программами. Функциональные программы осуществляют взаимодействие с решающими и логическими элементами аналоговой части. Основная функция обработчика прерываний ГОС — передача управления в подпрограмму пользователя по запланированным и асинхронным прерываниям.

Гибридный диалоговый отладчик является необходимой составной частью ГОС в связи с тем, что при отладке гибридных программ осуществляют проверку различных компонентов программного и аппаратного оборудования, особенно устройств взаимодействия СМ-1 и АВК-31.

Пакет программ сбора, накопления и предварительной обработки данных обеспечивает съем информации с различных датчиков, обработку физиологических измерений, корректировку исходных данных. Так, физиологическая информация о цикле дыхания спортсмена характеризуется возрастанием функции, достижением некоторого максимума и убыванием. Для выделения циклов дыхания необходимо находить их локальные экстремумы, для чего по временной оси указывается интервал, содержащий только одну точку, в которой цикл дыхания достигает максимума. В циклах дыхания определяются следующие показатели [2]: период дыхания t ; левый полупериод t_1 и левая площадь S_1 , характеризующие активный вдох; амплитуду a — глубину

вдоха; левый угол U_1 — интенсивность вдоха; правый угол U_2 — интенсивность выдоха.

После корректировки каждый показатель проходит предварительную статистическую обработку для проверки статистической неоднородности.

Для решения статистических задач на аналоговой части ГВС осуществляется экспресс-анализ, результаты которого переда-

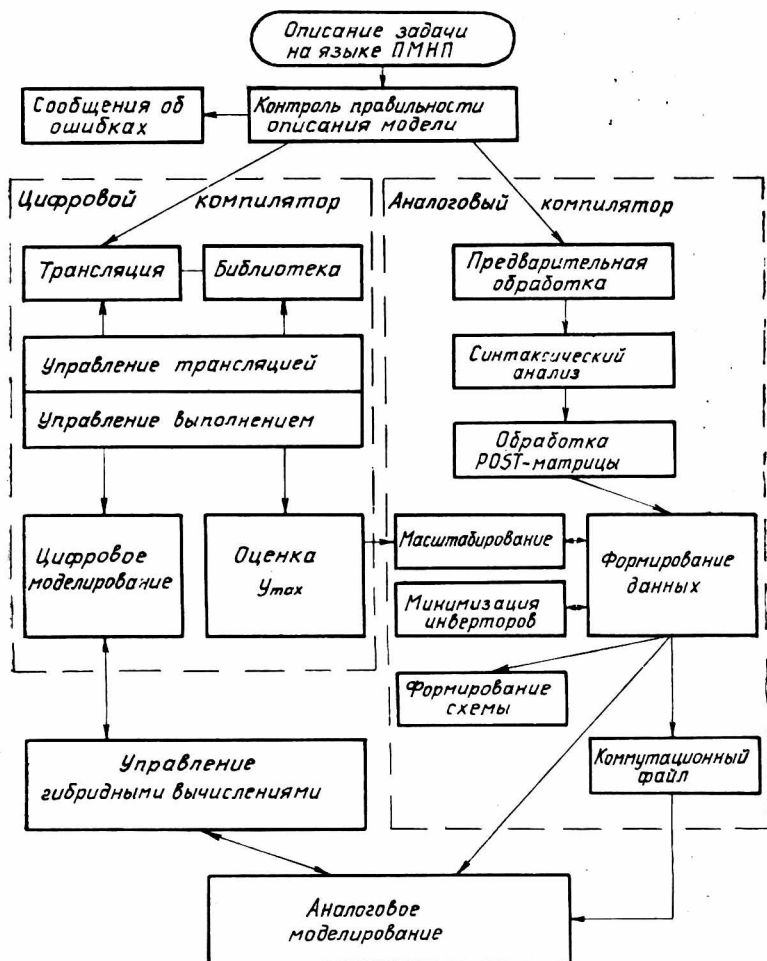


Рис. 2

ются в ЭВМ ЕС-1022 для формирования сложных критериев статистического анализа согласно принятой стратегии.

Многие модели в физиологических и биомеханических исследованиях приводят к необходимости решать системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Для этих целей в состав программного обеспечения входит пакет ПМИП, позволяющий легко и просто моделировать на ЦВМ сложные явления непосредственно по блок-схеме или по системе ОДУ [3].

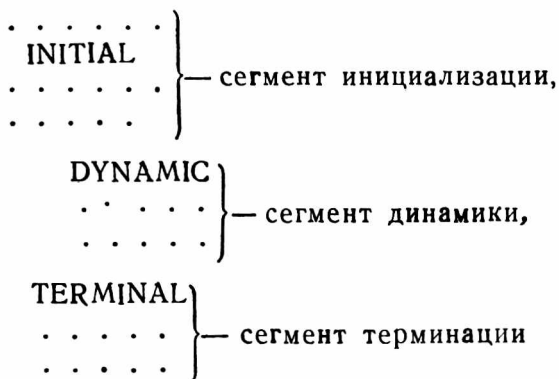
На базе входного языка пакета ПМНП был построен аналоговый компилятор, обеспечивающий подготовку системы ОДУ к моделированию на АВК-31. Рассмотрим более подробно принципы построения компилирующей системы (КС) (рис. 2). Опишем назначение отдельных блоков и некоторые особенности их реализации.

Описание модели на языке пакета ПМНП включает три сегмента: инициализации, динамики и терминации. Сегмент инициализации предназначен для вычисления начальных условий и параметров, выраженных через первичные параметры и константы. Если эти вычисления не нужны, сегмент не включается в модель.

Сегмент динамики включает полное описание моделируемой системы, представленное в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Этот сегмент всегда включается в описание модели.

Сегмент терминации применяется для вычислений, производимых после моделирования, например, для перерасчета параметров с дальнейшим повторением моделирования.

Для определения границы сегментов используются операторы INITIAL, DYNAMIC, TERMINAL и END следующим образом:



Синтаксически правильное описание поступает в блок предварительной обработки, в котором производится замена отдельных макроописаний в эквивалентную «INTGRL» форму. Например, макроописание апериодического звена $P \cdot \dot{Y} + Y = X$ имеет вид $Y = \text{REALPL}(IC, P, X)$. Эквивалентная «INTGRL» форма записывается в виде $Y = \text{INTGRL}(IC, (X - Y)/P)$. Аналогично

заменяются и другие макроописания. Такая замена позволяет в дальнейшем осуществлять простой переход к реализации этих макроописаний на АВК-31.

В исходном описании модели встречаются комплексные операторы, которые не могут быть реализованы одним блоком АВК-31. Такие операторы должны быть разделены на эквивалентную последовательность подоператоров, имеющих однозначное соответствие с аналоговыми вычислительными блоками (ВБ). Эта замена производится на этапе синтаксического анализа. Входной информацией для данной процедуры является исходная программа из сегмента динамики, который просматривается слева направо. Выходом из процедуры является так называемая POST-матрица, представляющая последовательность операторов вида $P_i = \Theta N$ и $P_i = N\Theta N$, где Θ , соответственно, унарный или бинарный оператор.

Например, для выражения $Y = \text{SINE}(K, L + M, N + P) * (Z + X)$ POST-матрица имеет вид:

$$\begin{bmatrix} T1 & + & L & M \\ T2 & + & N & P \\ T3 & , & T1 & T2 \\ T4 & , & K & T3 \\ T5 & \text{SINE} & T4 & \emptyset \\ T6 & + & Z & X \\ Y & * & T5 & T6 \end{bmatrix} .$$

Следует отметить, что при дальнейшей обработке POST-матрицы возникают определенные трудности, так как не все элементы матрицы соответствуют операционным блокам АВК. Были сформулированы правила, по которым специальная распознающая процедура осуществляет преобразование POST-матрицы для того, чтобы каждый оператор соответствовал аналоговому ВБ.

После завершения синтаксического анализа и обработки POST-матрицы операторы запоминаются и производится масштабирование переменных. Для оценки экстремальных значений переменных в пакете ПМНП имеется специальная программа, с помощью которой достаточно просто и быстро можно получить минимальные и максимальные значения переменных исходной модели.

Выходом аналогового компилятора является коммутационный файл, представляющий собой описание структурной схемы на языке внутренней интерпретации, графическая структурная схема и данные для задания начальных условий и передаточных коэффициентов.

Алгоритм управления гибридными вычислениями использует методы работы [4], позволяющие осуществлять гибридное моделирование с высокой точностью.

Существенным элементом для широкого применения системы является предоставление возможности физиологу-исследователю пользоваться системой в простой и привычной для него форме. Это требование обеспечивается пакетом программ ввода—вывода, позволяющим представлять выходную информацию в виде графиков на устройствах печати, дисплее и графопостроителе типа ЕС-7064.

Список литературы: 1. *Обработка* графической информации на ЭВМ/А. И. Петренко, В. Г. Абакумов, А. А. Будняк и др. — К.: Техніка, 1974. — 144 с. 2. *Левченко Е. П., Сидоренко Т. С.* Некоторые вопросы обработки физиологических данных. — В кн.: *Вычислительная математика, программирование и обработка эксперимента.* К.: Наук. думка, 1979, с. 81—96. 3. *ЕС ЭВМ.* Пакет прикладных программ для моделирования на ЭВМ аналоговых систем и непрерывных процессов. Общее описание. ПРО.309.006Д. 1977. — 34 с. 4. *Пухов Г. Е., Кулик М. Н.* Гибридное моделирование в энергетике. — К.: Наук. думка, 1977. — 150 с.

Поступила в редколлегию 05.07.82.