

## 6 МОДЕЛИРОВАНИЕ НА GPSS

### 6.1 Общие сведения о системе имитационного моделирования GPSS

Система GPSS предназначена для имитационного моделирования сложных дискретных систем.

Имитационное моделирование обеспечивает возможность испытания, оценки и проведения экспериментов с предлагаемой системой без каких-либо непосредственных воздействий на нее. При имитационном моделировании проводится эксперимент с программой, которая является моделью системы.

Несколько часов, недель или лет работы исследуемой системы могут быть промоделированы на ЭВМ за несколько минут. В большинстве случаев модель является не точным аналогом системы, а скорее ее символическим изображением. Однако такая модель позволяет производить измерения, которые невозможно выполнить каким-либо другим способом.

Первым шагом при анализе любой конкретной системы является выделение элементов системы и формулирование логических правил, управляющих взаимодействием этих элементов. Полученное в результате описание называется моделью системы. Модель обычно включает в себя те аспекты системы, которые представляют интерес или нуждаются в исследовании.

Для общих задач система моделирования должна предоставлять пользователю достаточно краткий и в то же время применимый к широкому классу систем язык моделирования. Исследование разнообразных дискретных систем показало, что любая система может быть описана при помощи необходимого набора абстрактных элементов, называемых объектами. Логические правила поведения таких систем описываются аналогичным в каждом случае набором операций.

## 6.2 Блок-диаграммы

Наиболее распространенным методом описания систем является, по-видимому, составление блок-диаграмм. Блок-диаграмма – графическое представление операций, происходящих внутри системы. Другими словами, блок-диаграмма описывает взаимодействие событий внутри системы. Линии, соединяющие блоки, указывают маршруты потоков сообщений или описывают последовательность выполняемых событий.

В случае нескольких вариантов действий от блока отходят несколько линий. Если же к блоку подходят несколько линий, то это означает, что выполняемая операция является общей для двух или более последовательностей блоков. Выбор логических путей может основываться на статистических или логических условиях, действующих в момент выбора.

При составлении блок-диаграммы рекомендуется сначала начертить общий график системы. Затем составляется отдельная блок-диаграмма для соответствия основных функций с блоками GPSS, после чего вносятся детали. Чтобы выявить эти дополнительные подробности, некоторые части системы нужно проанализировать более тщательно. Степень детализации зависит от моделируемой системы и от того, что нужно узнать в процессе моделирования. Начинающие программисты составляют слишком подробную блок-диаграмму. Часто в этом нет необходимости.

Блок-диаграммы получили широкое применение при описании систем, но форма представления обычно зависит и от самой системы, и от специалиста, описывающего эту систему. Поэтому при построении блок-диаграмм следует соблюдать определенные условия, являющиеся основой создания программы на языке моделирования.

В GPSS имеется определенное количество типов блоков для задания объектов и операций над ними. Каждому блоку соответствует графическое изображение на блок-диаграмме. Стрелки между блоками указывают маршруты потоков сообщений.

Далее для того чтобы применить язык моделирования GPSS, каждый блок блок-диаграммы заменяется соответствующим оператором GPSS.

### **6.3 Динамические элементы моделей GPSS (сообщения, транзакты)**

Сообщения (транзакты) – это динамические объекты GPSS. Они создаются в определенных точках модели, продвигаются интерпретатором через блоки, а затем уничтожаются. Сообщения являются аналогами единиц-потоков в реальной системе.

Сообщения могут представлять собой различные элементы даже в одной системе. Например, в модели ЭВМ одни сообщения могут являться прообразами программ пользователя, решаемых на данной ЭВМ, а другие представляют поток отказов в аппаратных средствах ЭВМ. С каждым сообщением в GPSS связаны параметры. Параметры могут использоваться для связи конкретных числовых данных с этим сообщением. В приведенном выше примере параметрами сообщений первого типа могут быть: время обслуживания программы центральным процессором; число обращений к лентам, дискам; идентификация пользователя и т.д.

Сообщения движутся от блока к блоку так, как движутся элементы, которые они представляют (программы в примере с ЭВМ).

Каждое продвижение считается событием, которое должно происходить в конкретный момент времени. Интерпретатор GPSS автоматически определяет моменты наступления событий. В тех случаях, когда событие не может произойти, хотя момент его наступления подошел (например, при попытке занять устройство, когда оно уже занято), сообщение прекращает продвижение до снятия блокирующего условия.

Сообщения нумеруются последовательно, начиная с номера 1. Параметры сообщений принимают значения из множества целых чисел. Каждое сообщение имеет один или более параметров. Параметры нумеруются. Номера параметров используются для ссылок на значения, присвоенные параметрам. Со-

общениям может присваиваться приоритет, используемый системой в ходе моделирования.

С сообщениями связаны следующие понятия:

- отметка времени (Mark time) – значение модельного времени, когда сообщение впервые появилось в системе;
- семейство сообщений (Assebmly set) – совокупность объединенных в группу сообщений;
- индикатор задержки (Delay indikator) – указывает номер блока, перед которым находится сообщение, не имея возможности войти в него;
- индикатор трассировки (Trace indikator) – указывает номера блоков, которые проходятся активным сообщением;
- текущий блок (Current block) – номер блока, в котором находится активное сообщение;
- следующий блок (Next block) – номер блока, следующего за текущим блоком на пути движения активного сообщения;
- списки (Chains) – упорядоченные массивы информации, отображающие состояние сообщений в моделируемой системе.

Сообщения в процессе имитации могут иметь следующие состояния:

- активное (ACTIVE) – сообщение, имеющее наивысший приоритет в списке текущих событий;
- приостановленное (SUSPENDED) – сообщение находится в ожидании активизации в списках будущих или текущих событий;
- пассивное (PASSIVE) – сообщение временно переводится в список пользователя, список задержки или список ожидания;
- завершившееся (TERMINATE) – сообщение уничтожено и больше не выполняется в текущей модели;
- прерванное (PREEMTED) – обработка сообщения некоторым устройством прервана и сообщение переведено в один или более списков прерывания.

## 6.4 Модельное время

Для того чтобы обеспечить правильную временную последовательность событий в модели, организованы часы, хранящие значения текущего момента в модели. Все отрезки времени моделируемой системы измеряются целыми значениями. В отличие от обычных часов, измеряющих время в определенных единицах, обычно в секундах, часы в GPSS меняют свое значение только для того, чтобы указать время наступления ближайшего события. Например, если текущее значение часов модели равно 2, а очередное событие должно наступить в момент времени 7, то значение часов увеличивается сразу на пять единиц. Отметим, что единицы времени в модели не обязательно должны быть конкретными единицами времени, такими, как секунда или час. Основной единицей времени в модели можно выбрать любую единицу, которая позволит получить необходимую точность моделирования. Важно помнить: единицы времени выбираются исходя из требований пользователя к точности моделирования.

## 6.5 Основные сведения о блоках GPSS-моделей

После того, как система описана, исходя из операций, которые она выполняет, ее нужно описать на языке GPSS, используя блоки, которые выполняют соответствующие операции в модели. Ниже перечислены некоторые свойства этих блоков. В последующих разделах подробно обсуждаются выполняемые ими операции.

В блоках могут происходить события четырех основных типов:

- 1) создание или уничтожение сообщений;
- 2) изменение числового атрибута объекта;
- 3) задержка сообщения на определенный период времени;
- 4) изменение маршрута сообщения в модели.

В исходном тексте модели блоки описываются с помощью операторов

описания блоков. Каждому блоку соответствует определенный оператор описания блока. При обработке исходного текста модели ассемблер GPSS присваивает последовательные номера блокам. Таким образом, с каждым блоком будет связан идентифицирующий номер. Если в модели к какому-либо блоку происходит обращение, то во избежание работы с номерами блоков можно идентифицировать его меткой (совокупностью алфавитно-цифровых символов), а ассемблер данной метке поставит в соответствие номер. В дальнейшем к данному блоку можно будет обращаться по метке.

В поле операции пользователь должен записать обозначение блока, например, GENERATE, ASSIGN, MSAVEVALUE, TERMINATE, SPLIT, PRIORITY, ENTER. Задание исходных данных, необходимых для выполнения операций, соответствующих блоку, производится в поле операндов. Всего может быть семь операндов, эти операнды обозначаются буквами A,B,C,D и т.д. Значение каждого операнда определяется типом блока. Если у блока несколько операндов, они разделяются запятыми. Не все операнды являются обязательными, и если они опущены, то вместо пропущенного операнда ставится запятая.

## 6.6 Кодирование операторов и адресация в GPSS

При использовании GPSS для ссылок на числа, блоки или объекты применяются имена. Имя представляет собой алфавитно-цифровую последовательность, длиной до двадцати символов, начинающуюся с буквы. Допустимо применение символов только латинского алфавита. В состав имени могут включаться также символы подчеркивания "\_".

Именами не могут быть коды операторов GPSS, ключевые слова или коды стандартных числовых атрибутов. При трансляции GPSS присваивает именам уникальные номера, начиная со стартового номера 10000. Для модификации стартового номера необходимо скорректировать файл настройки системы SETTINGS.GPS. В выражениях могут использоваться имена системных пере-

менных путем ссылок на них.

Для принудительного присваивания именам нужных номеров необходимо перед использованием имен с помощью оператора EQU присвоить именам соответствующие номера.

Все числа хранятся GPSS/PC как целые в форме, позволяющей снять ограничения на длину и точность представления чисел. Однако есть ограничения на длину и точность представления чисел, вводимых в систему и рассчитываемых системой. Общая длина чисел ограничивается 307 десятичными цифрами, точность их представления – до пятнадцати десятичных цифр после запятой.

Все стандартные числовые атрибуты (СЧА) возвращают целые значения. Если значение с плавающей точкой присваивается некоторому СЧА, то оно преобразуется в целое число.

Строка описания оператора GPSS состоит из следующей последовательности полей:

- номер строки. Необязательное поле, начинается с первой позиции строки. Содержимым поля может быть десятичное число из семи символов, в том числе десятичное дробное число, в последнем случае десятичная точка не рассматривается как один из семи символов. Пример: 105.7;

- поле метки. Используется в зависимости от типа операции. Содержимым поля является некоторое имя;

- поле операции;

- поле операндов. Содержимое этих полей, их наличие и количество зависит от типа операции;

- поле комментариев. Необязательное поле. Содержит информацию, поясняющую назначение оператора. В данной версии допускается запись комментариев с использованием прописных и строчных букв латинского алфавита. Отделяется от поля операндов символом ";". Допускается запись комментариев с начала строки. В этом случае в первой позиции строки ставится символ ";" или "\*".

Если при записи оператора пропускаются необязательные операнды, то их отсутствие отмечается символом ",,".

Встроенный в систему GPSS редактор исходных текстов модулей осуществляет переход к следующему полю строки оператора, при вводе в конце текущего поля пробела или запятой.

Строка описания оператора может содержать до семидесяти девяти символов. Завершение ввода строки описания оператора отмечается нажатием клавиши [Enter].

При использовании для создания программ модулей встроенного редактора GPSS последний, управляя перемещением курсора по полям вводимой строки, выдает в начале каждого поля строки подсказку, поясняющую назначение поля.

Начало строки отмечается символом ">".

Символ "L" отмечает поле метки.

Символ "V" отмечает поле операции.

Символ ";" отмечает поле комментариев.

Символ "X" отмечает поле описания выражения в операторах описания переменных и блоков.

Символ "Z" отмечает поле описания функций в операторах описания функций.

Символ "O" отмечает поле описания логических указателей или логических отношений в описании блоков, использующих логические условия (ключи).

Символами "A", "B", "C", "D", "E", "F", "G" отмечаются поля операндов. Ввод описания очередного оператора в состав программы модели осуществляется нажатием клавиши [Enter]. Отказ от ввода описания очередного оператора в программу модели и удаление его из буфера редактора выполняется при нажатии клавиши [Home].

С помощью клавиш [Backspace] осуществляется возврат курсора на одну позицию влево с удалением ранее введенного символа.

Редактор добавляет новые строки в программу, ориентируясь на номер вводимой строки и номера ранее введенных строк. При этом возможно добавление строк в начало программы, в середину или в конец. Возможность указания номеров в виде десятичных дробных чисел позволяет вносить изменения в программу в больших объемах, нежели чем при использовании в качестве номеров строк целых чисел. Более подробная информация по вводу, корректировке и удалению строк программы модели будет приведена при описании команд GPSS и работы с редактором системы.

При описании форматов конкретных операторов GPSS приняты следующие соглашения:

- обозначения полей меток, полей указателей отношений или полей логических указателей, а также полей операндов заключены в условные скобки <...>;
- необязательные поля отмечаются квадратными скобками: [<имя поля>].

### **6.6.1 Поле метки**

Обращение к блоку производится по идентификатору (символическому имени), помещенному в поле метки при описании этого блока. Те блоки, к которым не производится непосредственное обращение, могут не иметь в поле метки никакого идентификатора.

В операторах описания данных (функций, переменных и таблиц) поле метки обязательно должно быть заполнено.

### **6.6.2 Поле операндов**

В модели на GPSS имена могут использоваться и как операнды. Имени, стоящему в поле А таких блоков, как SEIZE, QUEUE, LOGIC и т.д. (в которых подразумевается конкретный объект), присваивается первый свободный номер

(из номеров, относящихся к объекту, определяемому типом блока). Если имя появляется в качестве операнда, который не предполагает конкретный объект, имя считается идентификатором блока. Имена блоков заменяются номерами этих блоков. Если это имя не описано (не стоит в поле метки блока), то в выходной распечатке выдается сообщение о неопisanном идентификаторе.

При использовании стандартных числовых атрибутов (СЧА) в качестве операндов с символическим адресом перед именем пишется знак \$. Например, W\$ARM определяет счетчик текущего числа сообщений W в блоке ARM. Знак \$ необходим для того, чтобы отличать идентификатор WARM от описанного выше СЧА.

### 6.6.3 Относительная адресация

Если необходимо обратиться к какому-либо блоку, не присваивая ему идентификатора, можно использовать его относительный адрес. В обращении вида ALPHA+n ALPHA представляет собой блок с символическим адресом, а n – число блоков, которое отсчитывается от блока ALPHA.

Например,

```
TRANSFER BOTH, ARM+1, ARM+6.
```

Но такой метод обращения можно применять только в том случае, если последовательные номера блоков довольно близки по значению, так как только в этом случае появляется возможность произвольного введения дополнительных карт, воздействующих на перемещение. Например, введение блока между блоком ARM+1 и блоком ARM+6 потребовало бы изменения аргумента поля C блока TRANSFER.

Адресация может быть относительной и по отношению к самому блоку. Это осуществляется при помощи записи \*+/-n. Например,

```
TRANSFER , *+3.
```

В этом случае сам блок TRANSFER является ориентировочным блоком. Сообщение пытается войти в третий, относительно блока TRANSFER, блок.

#### 6.6.4 Косвенная адресация

Самый простой прямой способ адресации в GPSS показан на следующих примерах:

SEIZE 10 занять устройство 10;

LEAVE P4 освободить многоканальное устройство с номером, задаваемым параметром транзакта 4.

При таком способе конкретный номер объекта задается либо как константа (первый пример), либо с помощью использования стандартных числовых атрибутов (второй пример). Подобные ссылки на определенные величины не зависят от каких-либо свойств сообщения, обрабатываемого в данный момент.

Использование прямой адресации может привести к введению большого числа дополнительных блоков только для того, чтобы записать номера объектов в СЧА, т.е. к увеличению объема модели. Иногда при моделировании возникают ситуации, при которых в качестве исходного данного должен использоваться СЧА, и желательно, чтобы номер используемого объекта зависел от свойств сообщения, которое ссылается на это исходное данное. В частности, может быть полезным, чтобы номер объекта являлся величиной параметра сообщения. Существенно сократить объем модели и использовать зависимость номеров объектов от свойств сообщений позволяет косвенная адресация. Общий вид косвенной адресации СЧА\*СЧА[j]. Ниже приводятся примеры косвенной адресации.

SEIZE P\*X1

Занять устройство, номер которого содержится в параметре; номер этого параметра определяется содержимым ячейки X1.

SEIZE X\*P2

Занять устройство с номером, содержащимся в ячейке, номер которой определяется параметром 2.

В дальнейшем по тексту документа используется конструкция СЧА\*<параметр>, где <параметр> – это либо <номер параметра>, либо <имя

параметра>, либо \$<имя параметра>.

```
SEIZE X*P$VARX
```

### 6.6.5 Ограничения при использовании косвенной адресации

Ограничения при использовании косвенной адресации связаны с применением вторичных стандартных числовых атрибутов. В приведенных ниже примерах вторичные СЧА следуют за знаком "\*".

```
*P2 X*V$VARX
FN*X$SAVEB FN*FN$FUNCCX
MX*X$AAA (P2, V$VAR)
```

Если вторичными СЧА являются переменные (V), функции (FN) и матрицы ячеек (примеры из правого столбика), то операнды, содержащие их, нельзя использовать в следующих случаях:

- 1) в качестве элементов переменных, а также переменных с плавающей точкой и булевских переменных;
- 2) в качестве аргумента функции или в качестве значений функции типа E или M;
- 3) для описания номера строки или столбца матрицы в СЧА матрицы ячеек.

Примеры правильного использования косвенной адресации:

```
ADVANCE MX*V2 (FN*P, 2)
VARIABLE MX*P2 (5, 2) / 5
BBB VARIABLE V*P2*FN*P3
XXX FUNCTION V*X$ONE, D15
SEIZE X*MX$BYTEM (1, 2)
```

Примеры неправильного использования косвенной адресации:

```
ADVANCE MX*V2 (FN*V4, 2); V2 - ошибочный СЧА
BBB VARIABLE V*P2*FN*V3; V3 - ошибочный СЧА
XXX FUNCTION V*FN$YYY, D15; FN - ошибочный СЧА
```

## 6.7 Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена система GPSS?
2. Для чего используются блок-диаграммы?

3. Что такое сообщения (транзакты)?
4. Какие состояния могут иметь сообщения?
5. Какие события могут происходить в блоках?
6. Какое максимальное количество операндов у операции?
7. Что такое СЧА?
8. Из чего состоит строка описания оператора GPSS?