

# Среда моделирования GPSS World

GPSS World предназначена для имитационного моделирования систем с дискретными и непрерывными процессами.

Язык GPSS построен в предположении, что модель сложной системы можно представить совокупностью элементов и логических правил их взаимодействия в процессе функционирования моделируемой системы.

Набор логических правил ограничен и может быть описан стандартными операциями.

Комплекс модулей, описывающих функционирование объектов и выполняющих логические операции, является основой для создания программной модели.

В GPSS представлен набор абстрактных элементов - объектов.

# Среда моделирования GPSS World

Объекты подразделяются на 7 категорий и 15 типов.

## **-Категории-**

## **-Типы объектов-**

*Динамическая*

Транзакты

*Операционная*

Блоки

*Аппаратная*

Одноканальные устройства,  
многоканальные устройства (памяти),  
логические ключи (переключатели)

*Вычислительная*

Переменные, функции, датчики случайных чисел

*Статистическая*

Очереди, таблицы

*Запоминающая*

Ячейки, матрицы ячеек

*Группирующая*

группы транзактов, списки, числовые группы

## Группы операционных блоков :

1. Блоки, осуществляющие модификацию транзактов и его атрибутов:
  - генерирование (GENERATE, SPLIT) и уничтожение транзактов (TERMINATE, ASSEMBLE);
  - временная задержка (ADVANCE);
  - синхронизация движения двух (MATCH) и нескольких (GATHER) транзактов;
  - изменение параметров транзактов (ASSIGN, INDEX, MARK);
  - изменение приоритета транзакта (PRIORITY).
2. Блоки, изменяющие трек движения транзактов <навигационные блоки> (TRANSFER, TEST, GATE, DISPLACE, LOOP).
3. Блоки, описывающие объекты аппаратной категории:
  - одноканальные устройства <приборы> (SEIZE, RELEASE, PREEMPT, RETURN, FUNAVAIL, FAVAIL);
  - многоканальные устройства <памяти> (ENTER, LEAVE, SAVAIL, SUNAVAIL);
  - ключи <логические переключатели, семафоры> (LOGIC).

## Группы операционных блоков (продолжение):

4. Блоки для получения статистических результатов (очереди QUEUE, DEPART; таблицы TABULATE).
5. Блоки, сохраняющие необходимые значения для дальнейшего использования (SAVEVALUE, MSAVEVALUE).
6. Блоки для организации списков транзактов <активизация-пассивизация> (LINK, UNLINK).
7. Блоки для организации текстового ввода-вывода:  
открытие/закрытие файла: OPEN, CLOSE;  
считывание/запись в файл: READ, WRITE;  
установка позиции текущей строки: SEEK.
8. Блоки, связанные с группирующей категорией: ADOPT, ALTER, EXAMINE, JOIN, REMOVE, SCAN.
9. Специальные блоки: BUFFER, COUNT, EXECUTE, INTEGRATION, SELECT, TRACE, UNTRACE.

Каждому объекту соответствуют свойства (атрибуты), описывающие его состояние в данный момент времени. Они доступны для использования в течение всего процесса моделирования и называются *системными числовыми атрибутами (СЧА)*.

К статистическим объектам относятся *очереди и таблицы*. В любой системе движение потока транзактов может быть задержано из-за недоступности устройств. В этом случае задержанные транзакты ставятся в *очередь* - список задержки. Учет этих очередей составляет одну из основных функций планировщика. Планировщик автоматически накапливает определенную статистику относительно устройств и очередей.

При моделировании транзакты хранятся в *списках*. Существует пять видов списков, в одном из которых в любой момент времени может находиться *транзакт* :

1. текущих событий;
2. будущих событий;
3. задержки в устройствах;
4. прерываний;
5. пользователя.

В списке текущих событий транзакты расположены в порядке убывания приоритетов, а при равном приоритете - в порядке поступления в список (FIFO).

Каждый транзакт в этом списке может быть в потенциально активном состоянии, когда он подлежит просмотру в данный момент модельного времени, в состоянии движения, либо в состоянии задержки.

Если транзакт находится в состоянии движения, то планировщик пытается продвинуть его к следующему блоку, вплоть до выхода из системы. Если вход в очередной блок невозможен, то транзакт переходит в состояние задержки. Если транзакт попадает в блок ADVANCE, то он переходит из списка текущих событий в список будущих событий и для него планируется время начала движения ( после задержки).

Части списка текущих событий для транзактов, ожидающих изменения состояния объектов, являются *списками задержки*. Когда изменится состояние соответствующего объекта, например, транзакт освободит устройство, транзакты из списка задержки этого объекта перейдут в потенциально активное состояние. Когда завершится обработка движущихся транзактов, очередной транзакт, из числа потенциально активных, получит возможность двигаться.

Когда окажется, что ни один транзакт из списка текущих событий не может быть продвинут дальше, то считается, что настало время продвинуть таймер к очередному активному событию, и таймер наращивается.

Из списка будущих событий в список текущих событий переходят транзакты, чье время начала движения наступило.

Список будущих событий содержит транзакты, у которых еще не настало время начала движения. Эти транзакты располагаются строго в порядке возрастания времени начала движения. В этом списке приоритеты не действуют. В нем хранятся транзакты, находящиеся в блоке ADVANCE или запланированные к приходу из блока GENERATE.

Список пользователя содержит транзакты, временно удаленные из списка текущих событий с помощью блока LINK. Их возвращение в список текущих событий возможно с помощью блока UNLINK. Количество списков пользователя может быть произвольным. Списки пользователя используются для организации очередей с дисциплинами, отличными от дисциплины "первым пришел - первым обслужен" (FIFO).

Список прерываний содержит транзакты, обслуживание которых прервано на устройстве (блок PREEMPT). В этот список транзакты заносятся по мере поступления. В списке для каждого транзакта имеется ссылка на транзакт, обслуживание которого прервал этот транзакт. Поэтому возможно выстраивание цепочек прерываний.

Список синхронизируемых транзактов содержит транзакты, которые ожидают комплектования в блоках ASSEMBLE и GATHER или ждут парного транзакта в блоке MATCH.

Одноканальное устройство (ОКУ) имеет:

- список отложенных прерываний - список транзактов, ожидающих занятия ОКУ по приоритету;
- список прерываний - список транзактов, обслуживание которых данным ОКУ было прервано;
- список задержки - список транзактов, ожидающих занятия ОКУ в порядке приоритета;
- список повторных попыток - список транзактов, ожидающих изменения состояния ОКУ (FAVAIL).

При моделировании возможны следующие режимы организации функционирования ОКУ:

- занятие ОКУ и его освобождение (SEIZE, RELEASE);
- прерывание обслуживания ОКУ (PREEMPT, RETURN);
- неготовность и восстановление готовности (FUNAVAIL, FAVAIL).

Многоканальное устройство (МКУ) имеет:

- список задержки - список транзактов в порядке приоритета, ожидающих возможность занять освободившиеся каналы МКУ;
- список повторных попыток - список транзактов, ожидающих изменения состояния МКУ (SAVAIL).



Каждый транзакт может иметь любое число параметров. Интерпретация смысла параметров произвольная. В момент генерации транзактов все его параметры нулевые (только те, которые используются в модели). Блок **ASSIGN** является основным средством для задания значений параметров транзактов.

Стандартные числовые атрибуты (СЧА) транзакта :

**XN1** - возвращает номер транзакта ;

**M1** - время пребывания транзакта в модели. Эта величина может изменяться блоком MARK. M1 равно разнице текущего значения абсолютного времени и отметки времени рождения транзакта.

**PR** - приоритет активного в данный момент транзакта. Эта величина может изменяться блоком **PRIORITY**. По умолчанию приоритет равен 0.

**A1** - номер ансамбля, к которому принадлежит транзакт.

**Pj** или **\*j** или **\*<имя>** или **P\$<имя>** - значение параметра j этого транзакта или значение параметра с именем <имя> текущего транзакта.

Косвенное обращение к стандартному числовому атрибуту формируется как начальная часть СЧА, затем \*, а затем имя или номер P-параметра, в котором находится номер или имя для уточнения основного СЧА.

Например, **FC\*1** – это количество транзактов, вошедших в устройство, номер которого занесен в P1, **SC\*NUM** – это количество транзактов, вошедших в многоканальное устройство, номер которого занесен в P\$NUM.

Ранее в блоках GPSS нельзя было использовать логические и арифметические выражения, поэтому использовались стандартные числовые атрибуты типа: "переменная". При этом происходило обращение к выражению, которое вычислялось, а результат вычисления затем использовался в блоке модели. Сейчас необходимость в использовании выражений **VARIABLE** стала заметно меньше.

Для записи числовых и строковых значений в системе, используются ячейки (переменные). Запись выполняет блок **SAVEVALUE**. Данные, записанные в ячейки, доступны любому транзакту. Есть матрицы ячеек (**MATRIX**).

Для временного хранения транзактов, которые не должны пока двигаться по модели, используются списки пользователя. Транзакт заносится в списки блоком **LINK**, а извлекается из списков блоком **UNLINK**.

Каждый блок модели характеризуется местоположением, операцией и операндом. Каждый блок занимает в треке модели определенное положение и имеет свой номер.

Аналогично, имеют свой номер (чаще метку) функции, очереди, многоканальные устройства, логические переключатели, таблицы, переменные, матрицы.

Операнды обычно разделяются запятыми, недопустимы пробелы в поле операндов (!).

Если используются числовые имена таблиц, накопителей и т.п., то можно предварительно определить их с помощью команды эквивалентности EQU. Например:

<i>Метка</i>		<i>Номер сопоставления</i>
OC1	EQU	1
USTR	EQU	3

Тогда будут равноценными операторы

```
QUEUE OC1  
ENTER USTR
```

и

```
QUEUE 1  
ENTER 3
```

С блоками модели связаны следующие СЧА:

**N<sub>j</sub>** - общее число заявок, которое вошло в j-й блок. Подсчет ведется системой автоматически. Например, **N\$MET1** - счетчик числа входов транзактов в блок с меткой MET1.

**W<sub>j</sub>** - текущее число транзактов, которые находятся в блоке j. Значение этого счетчика подсчитывается автоматически. Например, **W\$MET2** - счетчик текущего числа транзактов в блоке с меткой MET2.

Команда **START** показывает, что все входные данные получены и можно начинать моделирование (прогон).

Команда **START** при работе с моделью может выдаваться неоднократно. После прекращения моделирования, можно изменить модель и вновь запустить ее с помощью команды **START**.

Команда может иметь 2 параметра - **START A, B**.

**A** - определяет содержимое счетчика завершений. Блоки **TERMINATE** могут вычитать определенное значение из счетчика завершений. Когда в счетчике завершений будет 0 или отрицательная величина, то моделирование завершится.

**B** – определяет нужно ли формировать стандартный отчет, если параметр имеет значение **NP** , то отчет не создаётся.

Команда **CLEAR** фактически приводит модель в то состояние, которое было в ней сразу после компиляции.

В формате **CLEAR OFF**, команда обеспечивает сохранение в модели без изменений всех значений логических ключей, ячеек и элементов матриц, иначе они также обнуляются.

Команда **RESET** сбрасывает в ноль статистику, накопленную по устройствам, очередям, спискам пользователя, таблицам и блокам, но не удаляет транзакты.

Действие команды **RESET** можно описать следующим образом:

- значение условного относительного времени (**C1**) устанавливается в ноль;
- значение условного абсолютного времени (**AC1**) остается неизменным;
- все датчики псевдослучайных чисел остаются неизменными;
- значения ячеек , матриц и состояния логических ключей не изменяются;
- счетчики блоков (**Nj**) полагаются равными (**Wj**). Временные интегралы устройств устанавливаются в ноль;
- временные интегралы содержимого многоканальных устройств устанавливаются в ноль. Счетчики числа входов в многоканальное устройство (**SCj**) и максимальное содержимое многоканального устройства (**SMj**) устанавливаются в соответствии с текущим числом занятых каналов в данный момент времени;
- временные интегралы всех очередей сбрасываются в ноль; счетчики входов в очередь (**QCj**) и максимальное содержимое очередей (**QMj**) полагаются равными текущей длине очереди.
- в таблицах стираются накопленные статистические данные;
- временные интегралы списков пользователя сбрасываются в ноль. Счетчик числа входов в список (**CCj**) и максимальное содержимое (**CMj**) устанавливаются равным текущей длине списка.

Для задания пользовательских зависимостей с помощью точек или выражений используются функции (табличные параметры).

Вызов функции выполняется с помощью конструкции: FNномер | FN\$имя.

Функция описывается следующим образом:

имя\_функции FUNCTION <аргумент>, <тип><количество точек>  
аргумент1, значение1/аргумент2, значение2/ . . .

В GPSS имеются несколько разновидностей функции. Чаще всего используются непрерывная и дискретная функции.

Для непрерывных функций - тип C, для дискретных - тип D. Каждая пара чисел описывает одну точку графика. Точки должны разделяться символом “ / “. Аргументы в описании функции должны быть числами, а значения аргументов должны возрастать от точки к точке. Число точек в заголовке функции должно соответствовать числу заданных точек.

Для непрерывных функций, если аргумент лежит в интервале между двумя точками, то значение функции определяется с помощью линейной интерполяции. Для дискретных функций, если значение аргумента лежит в интервале между двумя точками, то значение функции будет равно значению в правом конце интервала, причем правый конец входит в интервал, а левый - нет.

Другие возможные виды функций : дискретная атрибутивная – E;  
табличная числовая – L; табличная атрибутивная - M.

Дискретная атрибутивная функция - тип E. В этих функциях определяется интервал, к которому принадлежит значение аргумента. Вторым значением для описания конечной точки интервала должно быть в общем случае некоторое выражение, которое вычисляется, и считается значением функции на интервале и может быть строковым типом.

Табличная числовая функция – тип L .

Функции типа L вычисляются быстрее своих аналогов. В функции типа L аргумент для точек должен быть набором целых чисел, идущих подряд, начиная с 1. Значения функции для точек должны быть числами или метками. Если аргумент функции окажется меньше 1 или слишком большим, то возникает ошибка времени исполнения модели.

Табличная атрибутивная функция – тип M.

Эта функция сочетает в себе свойства функции типа L и типа E. В этой функции, аргументом для точек должен быть набор целых чисел, идущих подряд, начиная с 1. Значения функции для точек должны быть в общем случае выражениями.

В GPSS имеются логические ключи, которые с одной стороны, могут рассматриваться как ячейки, со значениями 0 или 1, а с другой стороны, как элементы оборудования.

Блоком присваивания для ключей является блок  
LOGIC режим A

Здесь A – это номер или имя ключа.

Режим может быть S, R, или I.

Режим S обеспечивает запись в ключ значения 1 (set)

Режим R обеспечивает запись в ключ значения 0 (reset)

Режим I обеспечивает запись в ключ инвертированного значения (invert)

Доступ к значению ключа можно получить с помощью СЧА

LSномер или LS\$имя .



Для организации циклов можно использовать блок LOOP:

### LOOP A,B

Здесь **A** – номер P-параметра, используемого для организации цикла, а **B** – метка блока, куда будет послан транзакт, если цикл еще не завершен. Обычно метка расположена в модели выше блока LOOP.

Блок LINK удаляет транзакты из списка текущих событий и помещает их в список пользователя.

### LINK A,B,C

Поле **A** задает номер/имя списка пользователя, в который, возможно, будет помещен вошедший транзакт.

Поле **B** задает алгоритм упорядочивания списка пользователя.

Операнд **B** может быть:

FIFO – вошедший транзакт помещается в конец списка пользователя;

LIFO - вошедший транзакт помещается в начало списка пользователя;

номером P – параметра, тогда входящие транзакты располагаются в списке пользователя по возрастанию значения указанного параметра.

Здесь также можно указать PR или M1. Тогда транзакты располагаются по возрастанию соответствующего параметра.

Поле **C** указывает метку альтернативного выхода.

В GPSS имеются блоки, обеспечивающие работу с семействами. Главный среди них - блок SPLIT, который имеет следующий формат:

**SPLIT A,B,C**

Блок SPLIT создает копии вошедшего в него транзакта.

В поле A задается число создаваемых копий. После создания копий транзакт пытается перейти к следующему по номеру блоку.

Поле B задает номер блока, к которому переходят копии.

В поле C может быть задан номер P-параметра, используемого для присвоения копиям последовательных номеров.

Каждая копия становится членом семейства транзактов, порожденного исходным транзактом, который был создан блоком GENERATE. Сам этот транзакт также входит в семейство.

Если копия транзакта входит в блок SPLIT, то вторичная копия становится членом того же семейства, что и первичная копия.

В модели одновременно может существовать произвольное число семейств, оно все время меняется, поскольку каждый генерируемый блоком GENERATE транзакт создает новое семейство из одного транзакта. Узнать номер семейства активного транзакта можно с помощью стандартного числового атрибута A1.

Понятие семейства используется блокам ASSEMBLE, GATHER, MATCH.

## Атомарные СЧА

C1 - текущее значение условного времени. Автоматически изменяется средой и устанавливается в 0 управляющими операторами CLEAR или RESET;

AC1 - текущее значение абсолютного времени. Автоматически изменяется средой. Эта величина не меняется под действием управляющего оператора RESET и устанавливается в 0 под действием оператора CLEAR;

TG1 - число, равное текущему значению счетчика завершений. Транзакты, вошедшие в блоки TERMINATE с ненулевым операндом A, уменьшают значение этого счетчика на число, равное значению операнда A;

При имитационном моделировании с использованием специальных инструментальных средств (в т.ч. GPSS World) в общем случае решаются две задачи -- прямая и обратная.

Прямая задача заключается в нахождении оценки математического ожидания какого-либо параметра моделируемой системы при заданном времени ее функционирования.

Обратная задача состоит в определении оценки математического ожидания времени функционирования моделируемой системы, за которое какой-либо ее показатель достигает заданного значения.