

# Основы моделирования средствами языка GPSS

Обучающая программа по курсу ОТМО

# 1. Основные сведения о языке GPSS

---

Язык имитационного моделирования GPSS (General Purpose System Simulator) разработан в 1961г. Фирмой IBM.

GPSS составлен из объектов и операций (логических правил). Объекты делятся на 7 классов.

*Динамические объекты* (ДО)- элементы потока обслуживания заявки или «транзакты». Они создаются и уничтожаются. С каждым транзактом может быть связано некоторое число «параметров».

*Аппаратно-ориентированные объекты* (АО) соответствуют элементам оборудования, которые управляют ДО. К ним относятся накопители, устройства, логические переключатели.

*Статистические объекты* (СО) включают очереди и таблицы.

*Запоминающие объекты* (ЗО) состоят из ячеек и матриц ячеек.

*Группирующие объекты* (ГО)- группы и списки.

*Вычислительные объекты* (ВО) состоят из арифметических и булевых переменных, а также функций.

*Операционные объекты* (ОО)- блоки, формирующие логику системы, давая транзактам указания, куда идти дальше.

# 1. Основные сведения о языке GPSS

---

Транзакты входят в цепи. Существует пять видов цепей.

1. *Цепь текущих событий* включает в себя те транзакты, планируемое время наступления которых равно или меньше текущего часового. Цепь текущих событий организуется в порядке очередности поступления;
2. *Цепь будущих событий* включает в себя транзакты, время которых не дошло для обслуживания;
3. *Цепь прерванных событий*;
4. *Цепь парных транзактов*- в текущий момент времени транзакты имеют статус парности (ожидают прибытия синхронизирующих транзактов);
5. *Цепь пользователя* включает транзакты, которые пользователь удалил и цепи текущих транзактов.

В зависимости от различных условий и требований пользователя система помещает транзакты в те или иные цепи.

# 1. Основные сведения о языке GPSS

Программа GPSS создается в текстовом редакторе в определенном формате. Формат ввода содержит 3 различных поля: *метка*, *операция* и *переменные*.

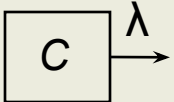
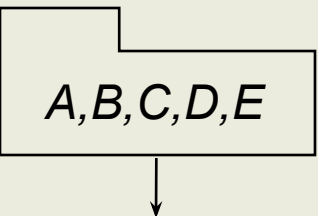
{Метка}	Оператор	Операнды	{Комментарии}
До 20 символов: цифры	_____	A,B,C,D,E	_____

Каждому исполняемому оператору может быть сопоставлен блок со стандартизированным графическим изображением, что позволяет построить блок диаграмм, отображающих последовательность продвижения динамических объектов

## 2. Динамические объекты GPSS.

### Транзактно- ориентированные блоки


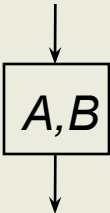
**Оператор GENERATE.** Первоначальный ввод транзактов в модель всегда осуществляется специальным блоком GENERATE. Моменты порождения транзактов и ввода их в модель могут образовывать как детерминированный, так и случайный поток событий.

Q-схема	Блок- диаграмма	Оператор	Примечание
		GENERATE A,B,C,D,E	_____

Средние значения интервалов в единицах модельного времени задает целая константа в поле *A*. Операнд *B* задает половину поля допуска (или половину размаха) интервалов времени прибытия транзактов. *C*- задержка начала генерации. *D*- число генерируемых транзактов (емкость источника). *E*- приоритет транзактов. По умолчанию  $A=B=C=D=E=0$ .

## 2. Динамические объекты GPSS. Транзактно- ориентированные блоки

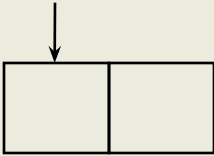
**Оператор ADVANCE.** В процессе движения транзактов по модели возникает необходимость задержки транзактов на детерминированное или на случайное время. Задержка обычно связана с имитацией обслуживания (обработки)

Q-схема	Блок- диаграмма	Оператор	Примечание
		ADVANCE A,B	Задержка на случайное время со средним значением $A=1/\lambda$ и равномерным распределением

Как и ранее, операнд  $A$  используют для определения среднего времени, которое транзакт, входящий в блок, проведет в нем. Операнд  $B$  используют для указания половины поля допуска.

## 2. Динамические объекты GPSS. Транзактно- ориентированные блоки

**Оператор TERMINATE.** Транзакты удаляются из модели, попадая в блок **TERMINATE** (ЗАВЕРШИТЬ). В модели может быть любое число блоков **TERMINATE**. Вывод транзакта из модели сопровождается уничтожением в памяти ЭВМ всех записей , характеризовавших состояние транзакта во время его продвижения по модели.

Q-схема	Блок- диаграмма	Оператор	Примечание
Выходной поток → Удаление транзакта из системы		TERMINATE [A]	Уничтожение транзакта, входящего в блок TERMINATE

Операнд А является указателем уменьшения счетчика завершений. Иначе говоря, он задает величину, которая должна вычитаться из специального счетчика, называемого счетчиком завершений, каждый раз, когда транзакт входит в блок **TERMINATE**.

## 2. Динамические объекты GPSS. Аппаратно-ориентированные блоки

Аппаратно-ориентированные операторы описывают действия по занятию и освобождению ресурсов (каналов обслуживания) с образованием очередей к занятым ресурсам.

**Операторы SEIZE и RELEASE.** В начале моделирования все одноканальные приборы обслуживания считаются свободными. Занятие устройства происходит в момент прохода транзактом блока SEIZE, в поле *A* которого указывается символическое имя ( или порядковый номер) прибора. Блок SEIZE способен задерживать транзакты, если в момент подхода транзакта к блоку, прибор с указанным именем занят другим транзактом.

Q-схема	Блок-диаграмма	Оператор	Примечание
		SEIZE A	Занять канал с номером A, при занятом канале занять место в очереди



## 2. Динамические объекты GPSS. Аппаратно-ориентированные блоки

Если в течение некоторого интервала модельного времени несколько транзактов пытаются войти в блок SEIZE, то организуется очередь транзактов, что эквивалентно образованию бесконечной очереди. В реальной системе моделирования длина очереди ограничена, поэтому необходимо обеспечить выполнение условия, при котором:  $\rho < 1$ ,  $\rho = \lambda/\mu$ .

По умолчанию принимается дисциплина обслуживания FIFO.

Освобождение прибора происходит в момент прохода транзактом блока с именем RELEASE. В поле A этого блока должно указываться то же имя, что и в блоке SEIZE.

Q-схема	Блок-диаграмма	Оператор	Примечание
		RELEASE A	Освободить канал с номером A, назначить на обслуживание транзакт из головы очереди

## 2. Динамические объекты GPSS. Аппаратно-ориентированные блоки

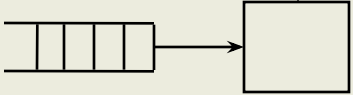
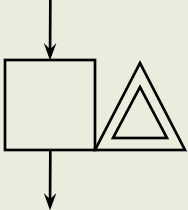
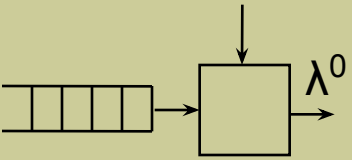
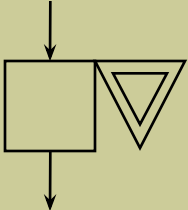
---

**Операторы PREEMPT и RETURN.** С помощью этих операторов удобно описывается обслуживание с прерыванием, т. е. такие ситуации, когда обслуживающий прибор временно прекращает обслуживание поступившей на него заявки и переходит на обслуживание «срочной» заявки, и, обслужив ее, возвращается к обслуживанию первой менее приоритетной заявки.

Блок PREEMPT работает совместно с блоком SEIZE, который задает обслуживание менее приоритетного транзакта; блок PREEMPT прерывает обслуживание менее приоритетной заявки и передает обслуживание более приоритетной.

При поступлении транзактов на блок PREEMPT происходит следующее. Устройство, указанное в поле А этого блока, прерывает обслуживание транзакта, который его занимал, и начинает обслуживание прерывающего транзакта. Обслуживание прерывающего транзакта прекращается тогда, когда этот транзакт пройдет блок RETURN, в котором указано это устройство.

## 2. Динамические объекты GPSS. Аппаратно-ориентированные блоки

Q-схема	Блок-диаграмма	Оператор	Примечание
<p>Прерывание</p> 		<p>PREEMPT A, [PR]</p>	<p>Захватить (занять с прерыванием) канал с номером A, иначе занять место в Q</p>
<p>Прерывание</p> 		<p>RETURN A</p>	<p>Снять прерывание с канала A, назначить на обслуживание транзакт из головы очереди</p>

Если в операторе PREEMPT не указывается константа PR, то реализуется одноуровневое прерывание, если же операнд PR указан, то разрешается прерывание обслуживания транзакта с более низким приоритетом, транзактом с более высоким приоритетом.

# 3. Статистические блоки GPSS.

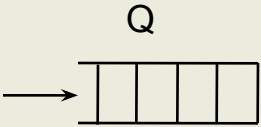
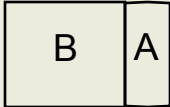
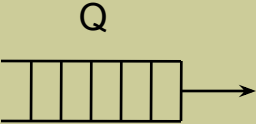
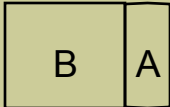
---

Статистические блоки GPSS используются для сбора дополнительной нестандартной статистики, которая не собирается блоками операционной категории по умолчанию.

**Регистраторы очереди** предназначены для сбора статистики о транзактах, ожидающих в очереди входа блок. Для сбора статистики о процессе ожидания надо специально включать в текст программы операторы для регистраторов очереди.

**Операторы QUEUE и DEPART.** Оператор QUEUE фиксирует вход транзакта в очередь, а оператор DEPART- выход из очереди.

### 3. Статистические блоки GPSS.

Q-схема	Блок-диаграмма	Оператор	Примечание
		QUEUE <i>A,B</i>	Зарегистрировать вход транзакта в очередь <i>A</i> , занять <i>B</i> мест очереди
		DEPART <i>A,B</i>	Зарегистрировать выход транзакта из очереди <i>A</i> , освободить <i>B</i> мест очереди

# 3. Статистические блоки GPSS.

---

При входе транзакта в блок QUEUE интерпретатор увеличивает длину очереди, указанной в поле А этого блока, на число, заданное в поле В. Если это число опущено, то длина очереди увеличивается на 1.

Интерпретатор вычисляет временной интервал длины очереди, фиксируя время, в течение которого длина очереди была неизменной. При окончании моделирования эти данные используются для определения средней длины очереди.

Проход транзакта в блок DEPART имитирует выход его из очереди. При этом интерпретатор вычитает из длины очереди, указанной в поле А, число, указанное в поле В, фиксируя время пребывания транзакта в очереди, причем, если оно оказалось равным 0, то число из поля В прибавляется к счетчику числа транзактов, прошедших через данную очередь без задержки.

Один и тот же транзакт может регистрироваться в нескольких очередях, что позволяет собирать как частные статистики, так и общую статистику.

# 3. Статистические блоки GPSS.

**Таблицы.** Они являются удобным средством исследования случайной величины в GPSS.

Таблица состоит из набора частотных интервалов, в каждом из которых организован счетчик числа попаданий значений аргумента в этот интервал.

$m$ - общее число интервалов;

$n(i)$ - число попаданий на  $i$ -й интервал,

$i = \overline{1, m}$

$\Delta X$  - ширина частотного интервала;

$N$ -объем выборки  $N = \sum_{i=1}^m n(i)$

$F'(X)$  - оценочная интегральная функция распределения, описываемая выражением

$$F(x) = \int_{-\infty}^x w(\tau) d\tau$$



### 3. Статистические блоки GPSS.

**Оператор TABLE.** Таблица задается с помощью блока TABLE, который записывается в следующем виде:

NAME TABLE A,B,C,D

где NAME- имя таблицы; A- аргумент таблицы; B- верхняя граница нижнего интервала  $X_H$  ; C- ширина интервала  $\Delta X$  ; D- число интервалов  $m$ .

Блок TABLE является описательным- через него транзакты не проходят. Для заполнения таблицы необходимо, чтобы транзакты прошли через блок TABULATE.

**Оператор TABULATE.** Оператор обращения к таблице TABULATE выглядит следующим образом:

TABULATE A,B

Где A- имя таблицы; B- вес измерения, указывает сколько единиц должно быть добавлено к счетчику числа попаданий на интервал при одном обращении к таблице. По умолчанию  $B=1$ .



## 3. Статистические блоки GPSS.

---

При прохождении транзакта через блок TABULATE интерпретатор обновляет содержимое таблицы, указанной в его поле *A*, увеличивая на число, записанное в поле *B*, счетчик числа попаданий того интервала, внутрь которого попало значение аргумента. (Если *B* пусто, то это эквивалентно записи 1 в данном поле.)

В конце моделирования интерпретатор распечатывает содержимое всех таблиц в виде нескольких колонок чисел.

Операторы, используемые для описания очередей и таблиц, позволяют собирать нестандартную статистику, которую не собирают по умолчанию аппаратно-ориентированные блоки.

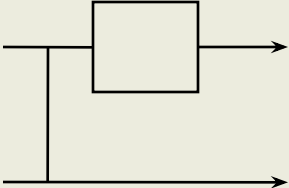
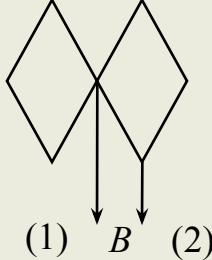
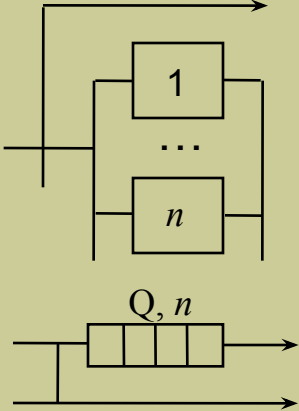
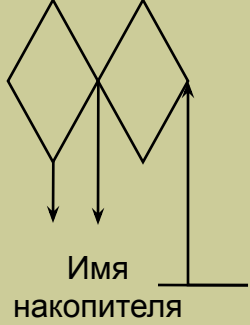
# 4. Операционные блоки GPSS.

---

Операционные блоки позволяют управлять потоками транзактов и изменять маршруты их движения.

**Оператор GATE.** Этот оператор условного перехода позволяет изменять маршрут движения транзакта в зависимости от состояния ресурса (устройства или накопителя).

# 4. Операционные блоки GPSS.

Q-схема	Блок- диаграмма	Оператор
 <p>A Q-scheme diagram for the GATE R A,B operator. It shows a rectangular block with an input line on the left and an output line on the right. A vertical line branches off from the input line, goes down, then right, then up, and finally right into the left side of the block.</p>	 <p>A block diagram for the GATE R A,B operator. It consists of two diamond-shaped blocks connected at their top vertices. Two vertical arrows point downwards from the bottom vertices of the diamonds. The left arrow is labeled (1) and the right arrow is labeled (2). The letter B is positioned between the two arrows.</p>	GATE R A,B
 <p>A Q-scheme diagram for the GATE R A,B operator with a queue. The top part shows a vertical stack of rectangular blocks labeled 1, ..., n. A vertical line branches off from the input line, goes down, then right, then up, and finally right into the left side of block 1. The bottom part shows a queue block labeled Q, n with four small rectangular cells inside. A vertical line branches off from the input line, goes down, then right, then up, and finally right into the left side of the queue block.</p>	 <p>A block diagram for the GATE R A,B operator with a queue. It consists of two diamond-shaped blocks connected at their top vertices. Three vertical arrows point downwards from the bottom vertices of the diamonds. The left arrow is labeled (1), the middle arrow is labeled (2), and the right arrow is labeled (3). Below the arrows is the text 'Имя накопителя' (Name of the accumulator).</p>	GATE R A,B

# 4. Операционные блоки GPSS.

---

Транзакт проходит через блок по основному пути (1), т. е. к следующему по порядку записи блоку, если  $R=TRUE$ , и по альтернативному пути (2), если  $R=FALSE$ , для устройства с номером  $A$  (накопителя с именем  $A$ ).

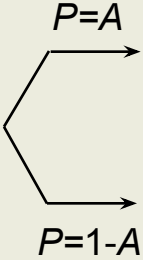
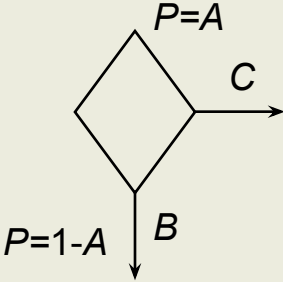
Оператор условного перехода записывается в следующем виде:

GATE  $R$   $A, B$

где  $R$ - проверяемое логическое условие (для устройства  $R$  может принимать значения:  $U$ - занято;  $NU$ -свободно;  $I$ - прервано;  $NI$ - не прервано; если  $R$ - для памяти, то:  $SF$ -память полна;  $SNF$ -память не заполнена;  $SE$ -память пуста;  $SNE$ -память не пуста);  $A$ -номер устройства или имя накопителя;  $B$ - метка, указывающая блок, лежащий на альтернативном пути

# 4. Операционные блоки GPSS.

**Оператор TRANSFER.** При описании ИМ сложных систем часто появляется необходимость передать транзакты в блоки, которые непосредственно не следуют за данным блоком. Для выполнения таких передач в GPSS используется блок TRANSFER.

Q-схема	Блок- диаграмма	Оператор
		TRANSFER A,B,C

# 4. Операционные блоки GPSS.

---

Блок TRANSFER может работать в нескольких режимах передачи транзактов. Режим передачи определяется операндом, указанным в поле *A* этого блока. Метки блоков приемщиков расписываются в полях *B, C*.

Рассмотрим наиболее часто используемые режимы работы блока TRANSFER.

1. Режим безусловного перехода (детерминированная передача). В этом режиме блок TRANSFER передает все поступившие на него транзакты на метку, указанную в поле *B*. Поле *A* должно быть при этом пустым. При использовании такого режима запись блока TRANSFER может выглядеть как TRANSFER, *BLOCK\_NAME*. В данном случае все транзакты, поступившие в этот блок, будут переданы в блок, имеющий метку *BLOCK\_NAME*.
2. Статистический режим. В поле *A* записываются десятичная точка и за ней цифры. Содержимое интерпретируется как вероятность, с которой транзакт направляется по метке *C*. По метке *B* транзакт будет передан с вероятностью  $(1-A)$ .

## 4. Операционные блоки GPSS.

При использовании статистического режима запись блока TRANSFER может выглядеть как

TRANSFER.400, *BLOCK\_NAME1*, *BLOCK\_NAME2*.

В этом случае блок будет случайным образом передавать 40% поступающих на него транзактов по метке *BLOCK\_NAME2*, а 60%- по метке *BLOCK\_NAME1*.

3. Режим условной передачи. Для использования этого режима в поле *A* оператора TRANSFER указывается слово *BOTH*, а в полях *B* и *C* – метки некоторых блоков. При работе в режиме безусловной передачи транзакт переходит по метке в поле *B*, если передача возможна. В противном случае осуществляется проверка возможности перехода по метке, указанной в поле *C*. Если транзакт не сможет войти ни в один из этих блоков, то происходит его задержка до тех пор, пока не освободится один из блоков, указанный в полях *B* и *C*. Если в режиме *BOTH* одно из полей опущено, то считается, что в нем указан блок, следующий за блоком TRANSFER. Проверка возможности вхождения в каждый из блоков выполняется каждую единицу системного времени.

## 4. Операционные блоки GPSS.

---

**Оператор TEST.** Он позволяет изменять маршрут транзакта в зависимости от выполнения некоторого условия ( $R$ ). Это условие формируется относительно двух стандартных числовых атрибутов, один из которых может быть const. TEST пропускает транзакт к следующему блоку, если  $R$  истинно, иначе- отправляет транзакт к блоку с меткой  $C$ . Структура оператора имеет вид:

TEST  $R$   $A, B, C$

В этой записи  $A, B$ - стандартные числовые атрибуты, а условия, которые могут быть, записывается как  $E(=)$ ,  $NE(<>)$ ,  $GT(>)$ ,  $GE(>=)$ ,  $LT(<)$ ,  $LE(<=)$  (в скобках дана математическая запись условия).



# 5. ФУНКЦИИ В GPSS.

---

Для реализации различных функциональных зависимостей наряду с формулами, которые записываются в выражении для переменных, используются функции. Функции часто используются для генерации случайных величин со сложным законом распределения.

**Оператор FUNCTION.** Оператор описания функции имеет вид  
name FUNCTION A, B

В GPSS имеются два типа функций- непрерывные и дискретные. В поле A записывается правило для образования значения аргумента функции. Аргументом функции могут быть любые стандартные числовые атрибуты, а так же другие функции. В поле B- тип функции и количество пар координат «аргумент-значение функции». Непрерывная функция кодируется буквой C, дискретная- буквой D.