

# 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*.

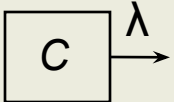
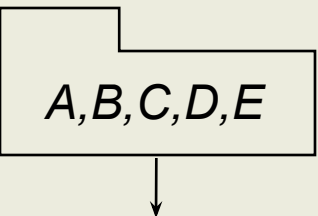
{Метка}	Оператор	Операнды	{Комментарии}
До 20 символов: цифры	_____	A,B,C,D,E	_____

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


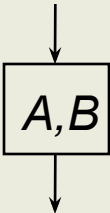
**Оператор GENERATE.** Первоначальный ввод транзактов в модель всегда осуществляется специальным блоком GENERATE. Моменты порождения транзактов и ввода их в модель могут образовывать как детерминированный, так и случайный поток событий.

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

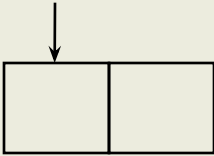
**Оператор ADVANCE.** В процессе движения транзактов по модели возникает необходимость задержки транзактов на детерминированное или на случайное время. Задержка обычно связана с имитацией обслуживания (обработки)

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 <i>A</i> , 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

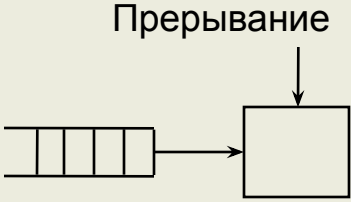
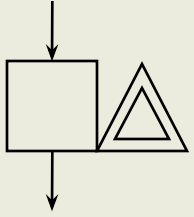
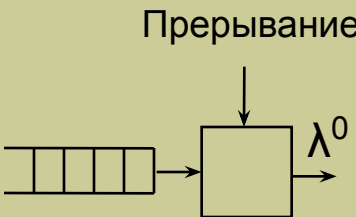
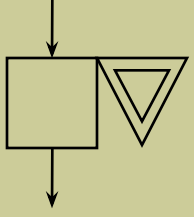
---

**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
		PREEMPT A, [PR]	Захватить (занять с прерыванием) канал с номером A, иначе занять место в Q
		RETURN A	Снять прерывание с канала A, назначить на обслуживание транзакт из головы очереди

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.

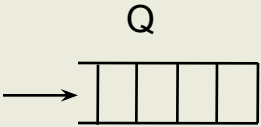
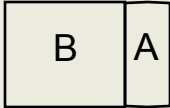
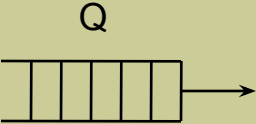
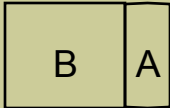
---

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.

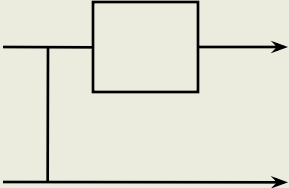
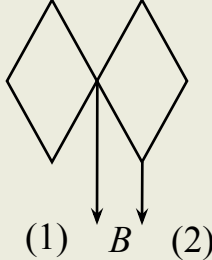
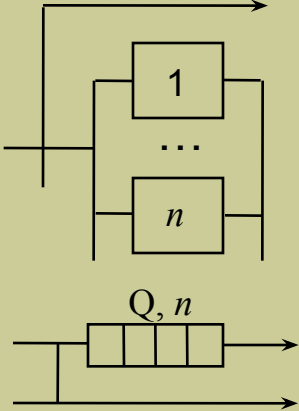
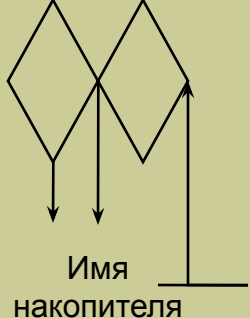
# 4. Операционные блоки GPSS.

---

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
		GATE R A,B
		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  $A$ ).

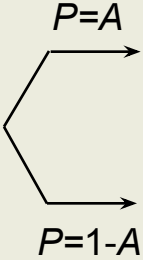
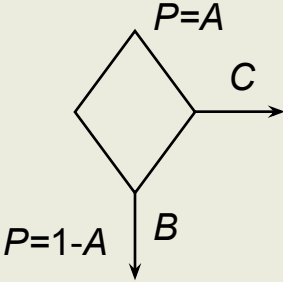
Оператор условного перехода записывается в следующем виде:

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.