

<b>begun</b>	<b><a href="#">MBA Start - скачайте демодиск!</a></b>	<b><a href="#">Металлорежущие станки JET</a></b>
<b>Дата</b>	Дистанционное бизнес образование MBA. Moscow	Ленточные, токарные, резьбонарезные фрезерные и др.
<b>объявление</b>	Business School. Скачать	от фирмы импортера.
	<a href="http://mba2u.ru">mba2u.ru</a> • Иркутск	<a href="http://www.jettools.ru">www.jettools.ru</a> • Иркутск

Московский Государственный Технический Университет им.Н.Э.Баумана

## Кафедра САПР (РК 6)

1999 г

Норенков И.П., Федорук Е.В.

### Методические указания по лабораторной работе "Имитационное моделирование систем массового обслуживания"

#### Содержание

- [Цель работы](#)
- [Краткие сведения из теории](#)
- [Основные правила и операторы языка GPSS](#)
- [Структура операторов GPSS](#)
- [Основные операторы языка GPSS](#)
- [Основные команды интерпретатора GPSS](#)
- [Практическая часть](#)
- [Задание](#)
- [Пример](#)
- [Текст программы на GPSS](#)
- [Выходные данные](#)
- [Обсуждение результатов моделирования](#)
- [Задание для домашней подготовки](#)
- [Порядок выполнения работы](#)
- [Содержание отчета](#)
- [Задания для самопроверки](#)
- [Рекомендуемая литература](#)

**Цель работы:** научиться использовать язык GPSS (General Purpose Simulation System) для исследования процедур имитационного моделирования сложных технических объектов, представленных как системы массового обслуживания.

#### Краткие сведения из теории

В математических моделях (ММ) сложных объектов, представленных в виде систем массового обслуживания (СМО), фигурируют средства обслуживания, называемые *обслуживающими аппаратами* (ОА), и обслуживаемые заявки, называемые *транзактами*. Так, в модели производственной линии ОА отображают рабочие места, а транзакты - поступающие на обработку детали, материалы, инструмент.

Состояние СМО характеризуется состояниями ОА, транзактов и очередей к ОА. Состояние ОА описывается двоичной переменной, которая может принимать значения "занят" или "свободен". Переменная, характеризующая состояние транзакта, может иметь значения "обслуживания" или "ожидания". Состояние очереди характеризуется количеством находящихся в ней транзактов.

**Имитационная модель** СМО представляет собой алгоритм, отражающий поведение СМО, т.е. отражающий изменения состояния СМО во времени при заданных потоках заявок, поступающих на входы системы. Параметры входных потоков заявок - внешние параметры СМО. Выходными параметрами являются величины, характеризующие свойства системы - качество ее функционирования. Примеры выходных параметров: *производительность* СМО - среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени; *коэффициенты загрузки оборудования* - отношение времен обслуживания к общему времени в каждом ОА; *среднее время обслуживания одной заявки*. Основное свойство ОА, учитываемое в модели СМО, - это затраты времени на обслуживание, поэтому внутренними параметрами в модели СМО являются величины, характеризующие это свойство ОА. Обычно время обслуживания рассматривается как случайная величина и в качестве внутренних параметров фигурируют параметры законов распределения этой

величины.

Имитационное моделирование позволяет исследовать СМО при различных типах входных потоков и интенсивностях поступления заявок на входы, при вариациях параметров ОА, при различных дисциплинах обслуживания заявок. **Дисциплина обслуживания** - правило, по которому заявки поступают из очередей на обслуживание. Величина, характеризующее право на первоочередное обслуживание, называется **приоритетом**. В моделях СМО заявки, приходящие на вход занятого ОА, образуют очереди, отдельные для заявок каждого приоритета. При освобождении ОА на обслуживание принимается заявка из непустой очереди с наиболее высоким приоритетом.

Основной тип ОА - устройства, именно в них происходит обработка транзактов с затратами времени. К ОА относятся также **накопители (памяти)**, отображающие средства хранения обрабатываемых деталей в производственных линиях или обрабатываемых данных в вычислительных системах. Накопители характеризуются не временами обслуживания заявок, а емкостью - максимально возможным количеством одновременно находящихся в накопителе заявок.

К элементам имитационных моделей СМО кроме ОА относят также **узлы** и **источники заявок**. Связи ОА между собой реализуют **узлы**, т.е. характеризуют правила, по которым заявки направляются к тому или иному ОА.

Для описания моделей СМО при их исследовании на ЭВМ разработаны специальные языки имитационного моделирования. Существуют **общецелевые языки**, ориентированные на описание широкого класса СМО в различных предметных областях, и **специализированные языки**, предназначенные для анализа систем определенного типа. Примером общецелевых языков служит широко распространенный язык GPSS, примером специализированного языка - язык МПЛ/ВС моделирования вычислительных систем.

### Основные правила и операторы языка GPSS

Для описания имитационной модели на языке GPSS полезно представить ее в виде схемы, на которой отображаются элементы СМО - устройства, накопители, узлы и источники. Описание на языке GPSS есть совокупность операторов (блоков), характеризующих процессы обработки заявок. Имеются операторы и для отображения возникновения заявок, задержки их в ОА, занятия памяти, выхода из СМО, изменения параметров заявок (например, приоритетов), вывода на печать накопленной информации, характеризующей загрузку устройств, заполненность очередей и т.п.

Каждый транзакт, присутствующий в модели, может иметь до 12 параметров. Существуют операторы, с помощью которых можно изменять значения любых параметров транзактов, и операторы, характер исполнения которых зависит от значений того или иного параметра обслуживаемого транзакта.

Пути продвижения заявок между ОА отображаются последовательностью операторов в описании модели на языке GPSS специальными операторами передачи управления (перехода). Для моделирования используется **событийный метод**. Соблюдение правильной временной последовательности имитации событий в СМО обеспечивается **интерпретатором GPSSPC** - программной системой, реализующий алгоритмы имитационного моделирования.

### Структура операторов GPSS

В записи оператора выделяют три части: метку, название, поле переменных.

Пример оператора:

```
110 L1 GENERATE 30,5          Первый сегмент модели
    2...6.8.....18..19.....70
<метка><название> <поле переменных>      <комментарии>
```

В поле переменных выделяют **подполя**, разделяемые при записи запятыми и служащие для указания чисел, стандартных числовых атрибутов (СЧА), символов, обозначающих метки, идентификаторов, указателей разновидностей операторов и т.п. Подполя могут быть пустыми. Возможна запись **комментария** после последнего непустого поля через пробел.

Стандартные числовые атрибуты служат для сокращенного указания различных величин, фигурирующих в модели.

Примеры СЧА: K126 - константа, равная 126; V2 - переменная N 2; Q4 - длина очереди N 4; X5 - хранимая величина N 5; FN7 - функция N 7; P4 - значение параметра N 4 транзакта; \*6 - содержимое параметра N 6 транзакта; S\*3 (или FN\*3) - память (или функция), определенная в параметре N 3 транзакта.

### Основные операторы языка GPSS

Основные операторы языка GPSS приведены в виде примеров с конкретными значениями подполей в поле переменных.

**GENERATE 12,4,50,5,1** - генерация транзактов, интервалы времени между появлениями транзактов распределены равномерно в диапазоне [12-4, 12+4], первый транзакт появится с задержкой в 50 единиц модельного времени, всего будет создано 5 транзактов, приоритет транзактов равен единице.

**GENERATE 12,4,50,,1** - то же, но количество генерируемых транзактов неограничено.

**GENERATE 6, FNSFFF,50,5,1** - то же, но интервал времени между появлениями транзактов есть целая часть произведения числа 6 на значение функции FFF.

```
FNK FUNCTION RN1,C4
0,0/0.1,0.8/0.5,1.6/1.0,1.9
```

- описание функции FNK, ее аргументом является случайная величина (на это указывает значение RN1), равномерно распределенная в диапазоне [0,1], функция является непрерывной числовой (указатель C), заданной таблично четырьмя точками: (0;0), (0.1; 0.8), (0.5, 1.6), (1.0; 1.9).

**FNK FUNCTION \*2,D4  
0,12/1,9/2,8/3,6**

- то же, но аргументом является значение второго параметра транзакта, для которого вычисляется значение дискретной величины (D) числовой функции FNK, заданной таблично четырьмя узловыми точками. Это текущее значение округляется до ближайшего большего значения аргумента в узловой точке.

**SEIZE PLOT** - занятие устройства PLOT приходящим на его вход транзактом; если устройство занято, то транзакт задерживается в очереди к этому устройству.

**RELEASE PLOT** - освобождение устройства PLOT обслуженным транзактом.

**ENTER MEM,12** - занятие транзактом 12 единиц емкости в накопителе MEM.

**LEAVE MEM,\*2** - освобождение k единиц памяти в накопителе MEM, где k - значение 2-го параметра транзакта.

**STR STORAGE 4096** - описание накопителя STR емкостью 4096 единиц.

**TERMINATE 3** - удаление транзакта из системы, при этом содержимое итогового счетчика уменьшается на 3 единицы, моделирование заканчивается, если содержимое счетчика станет равным или меньше нуля.

**ADVANCE A,B** - задержка транзакта на время, определенное содержимым полей A и B, смысл величин, записываемых в этих подполях, такой же, как и в блоке GENERATE.

**SPLIT 3,LLL,6** - копирование транзактов, в данном случае создаются три копии исходного транзакта, исходный транзакт направляется в следующий по порядку блок, а созданные копии - в блок с меткой LLL, при этом параметр 6 основного транзакта увеличивается на единицу, а транзактов - копий - на 2, 3, 4 соответственно.

**ASSEMBLE 5** - объединение транзактов, первый из вошедших в блок транзактов продолжит движение в системе после того, как в блок придут еще четыре транзакта.

**ASSIGN 2,NAP** - изменение параметров транзактов, в данном случае второй параметр транзакта получит значение NAP.

**ASSIGN 3+,V4** - изменится значение третьего параметра транзакта - к нему прибавится значение V4.

**TRANSFER ,MET** - безусловная передача управления оператору с меткой (номером) MET.

**TRANSFER BOTH,LAB1,UNN** - переход к оператору с меткой LAB1, если он невозможен, то к оператору с меткой UNN, если и он невозможен, то транзакт задерживается до следующего момента дискретного модельного времени, в который повторяются указанные попытки перехода.

**TRANSFER .4,AAA,LAB** - транзакт с вероятностью 0.4 переходит к оператору с меткой LAB и с вероятностью 0.6 к оператору с меткой AAA.

**TRANSFER PICK,STK7,STK21** - равновероятный переход к операторам с номерами STK7, STK7+1, STK7+2, . . . , STK21.

**TRANSFER FN,AAA,5** - переход к оператору, метка которого равна сумме значения функции AAA и числа 5.

**TRANSFER P,4,41** - переход к оператору, метка которого равна сумме значения параметра N 4 транзакта и числа 41.

**TRANSFER SBR,PRC,7** - переход к оператору PRC с записью в параметр N 7 транзакта метки данного оператора.

**LOOP 6,MET** - организация цикла - переход 5 раз к оператору с меткой MET и на шестой раз - к следующему по порядку оператору.

**TEST E V7,K256,LAB** - переход по условию (условная передача управления): в позициях 13-18 записывается знак отношения, в первых двух подполях поля переменных записываются сравниваемые величины, если условие выполняется, то перехода нет, иначе переход есть к оператору с меткой LAB. Символы отношений: G - больше, L - меньше, E - равно, NE - неравно, LE - меньше или равно, GE - больше или равно. В данном примере перехода нет, если  $V7 = 256$ , иначе переход к оператору с номером LAB.

**QUEUE SQV** - оператор организации очереди, длина очереди SQV увеличивается на единицу.

**DEPART SQV** - то же, но длина очереди уменьшается на единицу.

**PRIORITY 2** - транзакту присваивается приоритет 2.

**SIMULATE** - начальная карта программы, если разработчик намерен выполнить прогон модели. Если эта карта отсутствует, то интерпретатор проверяет правильность записи модели на языке GPSS, но прогона модели не выполняет.

**START 100,,25** - занесение значения 100 в итоговый счетчик, вывод накопленных статистических данных производится с интервалом

**START 100,,25** - занесение значения 100 в итоговый счетчик, вывод накопленных статистических данных производится с интервалом изменения содержимого итогового счетчика в 25 единиц.

**TABULATE MAT7** - в соответствующий интервал гистограммы с именем MAT добавляется единица.

**MAT7 TABLE P3,8,1,5** - описание таблицы (гистограммы) MAT7, предназначенной для табулирования величины, значения которой находятся в третьем параметре транзакта, входящего в оператор TABULATE MAT7, верхний предел левого интервала гистограммы равен 8, ширина каждого последующего интервала равна 1, всего интервалов 5.

**5 VARIABLE X2 - K25** - вычислительный оператор, в данном случае из хранимой величины N 2 вычитается число 25 и результат присваивается переменной N 5.

**SAVEVALUE 5,\*3** - хранимая величина N 5 (X5) получает значение третьего параметра транзакта.

### Основные команды интерпретатора GPSSPC

**@<имя файла>** - загрузить исходный текст модели

**SAVE <имя файла>** - сохранить текст модели

**DISPLAY[<строка N 1>],[<строка N 2>]** - вывести на экран текст модели, начиная со строки N1 , до строки N 2.

**DELETE [<строка N 1>],[<строка N 2>]** - удалить из программы текст, начиная со строки N1 , до строки N 2.

**EDIT <номер строки>** - отредактировать строку текста

**CLEAR** - сбросить всю статистику модели в ноль (включая таймеры абсолютного и относительного модельного времени), вернуть все транзакты в пассивный буфер .

**END** - завершить работу интерпретатора.

### Практическая часть

**Задание**

Необходимо промоделировать работу участка цеха, состоящего из нескольких станков и обрабатывающего два потока деталей различного типа. Маршрут обработки деталей двух типов представлен на рис. 1 . В таб.1 представлено распределение выполняемых операций по станкам А1, А2 и А3. Интервалы времени между поступлениями деталей и времена выполнения операций распределены равномерно. Информация о временах поступления и выполнения операций заданы в таб.2 и таб.3.

Определить для рабочего дня (8 часов) и рабочей недели (5 дней при односменном режиме) среднюю загрузку каждого станка, среднее время обработки деталей каждого типа, какова длина очередей на обработку для станков, какой размер склада необходим для данного потока деталей. Предложить способы модификации участка цеха с целью повышения эффективности его работы.

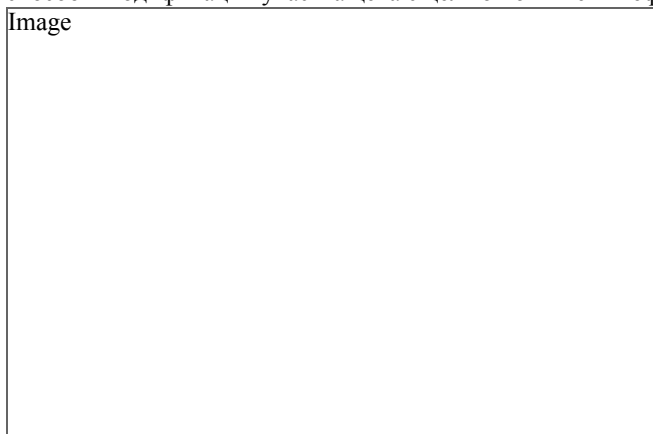


Рис. 1

Таблица 1. Распределение операций по станкам

Вариант	Операция 1	Операция 2	Операция 3	Операция 4	Операция 5	Операция 6
Пример	A1	A2	A3	A1	A3	A2
1	A1	A2	A3	A3	A2	A1
2	A1	A2	A3	A3	A1	A2
3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
4	A1	A2	A3	A2	A1	A3

5	A1	A2	A3	A2	A3	A1
6	A2	A1	A3	A1	A2	A3
7	A2	A1	A3	A1	A3	A2
8	A2	A1	A3	A2	A1	A3
9	A2	A1	A3	A2	A3	A1
10	A2	A1	A3	A3	A1	A2
11	A2	A1	A3	A3	A2	A3
12	A3	A1	A3	A1	A2	A3

Таблица 2.

Вариант	Интервалы времени поступления деталей первого типа (мин.)	Интервалы времени поступления деталей второго типа (мин.)
Пример	$30 \pm 5$	$20 \pm 5$
1	$25 \pm 4$	$25 \pm 6$
2	$20 \pm 3$	$30 \pm 7$
3	$15 \pm 5$	$35 \pm 8$
4	$10 \pm 4$	$20 \pm 5$
5	$30 \pm 5$	$10 \pm 3$
6	$15 \pm 4$	$15 \pm 6$
7	$30 \pm 10$	$15 \pm 3$
8	$20 \pm 5$	$20 \pm 5$
9	$25 \pm 4$	$10 \pm 3$
10	$45 \pm 5$	$15 \pm 5$

12	$10 \pm 3$	$15 \pm 5$

Таблица 3.

Вариант	Интервал времени выполнения операции 1 (мин.)	Интервал времени выполнения операции 2 (мин.)	Интервал времени выполнения операции 3 (мин.)	Интервал времени выполнения операции 4 (мин.)	Интервал времени выполнения операции 5 (мин.)	Интервал времени выполнения операции 6 (мин.)
Пример	$5 \pm 2$	$20 \pm 4$	$10 \pm 3$	$7 \pm 3$	$15 \pm 5$	$15 \pm 5$
1	$20 \pm 4$	$5 \pm 2$	$15 \pm 5$	$15 \pm 5$	$7 \pm 3$	$10 \pm 3$
2	$10 \pm 3$	$15 \pm 5$	$5 \pm 2$	$20 \pm 4$	$10 \pm 3$	$7 \pm 3$
3	$18 \pm 3$	$10 \pm 3$	$12 \pm 5$	$20 \pm 4$	$25 \pm 8$	$12 \pm 4$
4	$12 \pm 5$	$15 \pm 5$	$18 \pm 3$	$10 \pm 3$	$5 \pm 2$	$20 \pm 4$
5	$15 \pm 5$	$20 \pm 4$	$10 \pm 3$	$18 \pm 3$	$12 \pm 5$	$20 \pm 4$
6	$10 \pm 3$	$25 \pm 8$	$5 \pm 2$	$15 \pm 5$	$18 \pm 3$	$15 \pm 5$
7	$15 \pm 5$	$12 \pm 5$	$20 \pm 4$	$5 \pm 2$	$10 \pm 3$	$18 \pm 3$
8	$20 \pm 4$	$18 \pm 3$	$10 \pm 3$	$7 \pm 3$	$15 \pm 5$	$25 \pm 8$
9	$10 \pm 3$	$15 \pm 5$	$10 \pm 3$	$12 \pm 5$	$5 \pm 2$	$20 \pm 4$
10	$25 \pm 8$	$5 \pm 2$	$12 \pm 5$	$7 \pm 3$	$10 \pm 3$	$15 \pm 5$
11	$20 \pm 4$	$10 \pm 3$	$15 \pm 5$	$5 \pm 2$	$12 \pm 5$	$25 \pm 8$
12	$12 \pm 5$	$20 \pm 4$	$25 \pm 8$	$15 \pm 5$	$5 \pm 2$	$10 \pm 3$

**Пример**

Исходные данные для структуры участка цеха и интервалы времени поступления деталей на станок, выполняющий первую операцию (для деталей первого типа) и на станок, выполняющий четвертую операцию (для деталей второго типа), а также интервалы времени обработки каждым станком заданы в таблицах 1, 2 и 3.

Таблица 4. Таблица определений для примера

Элементы GPSS	Назначение
Транзакты: 1-й сегмент модели 2-й сегмент модели 3-й сегмент модели	Детали первого типа Детали второго типа Таймер
Станки: A1 A2 A3	Выполнение операции 1 и операции 4 операции 2 и операции 6 операции 3 и операции 5
Очереди: AA1 AA2 AA3	Общая очередь к станку A1 Общая очередь к станку A2 Общая очередь к станку A3

Единица времени в модели - 1 мин.

**Текст программы на GPSS**

```

; GPSS/PC Program File EX1. (V 2, # 39560) 03-01-1999 12:36:18
100 SIMULATE
110 GENERATE 30,5 Первый сегмент модели
120 QUEUE AA1
130 SEIZE A1
140 DEPART AA1
150 ADVANCE 5,2
160 RELEASE A1
170 QUEUE AA2
180 SEIZE A2
190 DEPART AA2
200 ADVANCE 20,4
210 RELEASE A2
    
```

```

220     QUEUE     AA3
230     SEIZE     A3
240     DEPART    AA3
250     ADVANCE   10,3
260     RELEASE   A3
270     TERMINATE
280     GENERATE  20,5     Второй сегмент модели
290     QUEUE     AA1
300     SEIZE     A1
310     DEPART    AA1
320     ADVANCE   7,3

330     RELEASE   A1
340     QUEUE     AA3
350     SEIZE     A3
360     DEPART    AA3
370     ADVANCE   15,5
380     RELEASE   A3
390     QUEUE     AA2
400     SEIZE     A2
410     DEPART    AA2
420     ADVANCE   15,5
430     RELEASE   A2
440     TERMINATE
450     GENERATE  480     Третий сегмент модели (таймер)
460     TERMINATE  1
    
```

В данном примере таймер настроен на выполнение моделирования в течение 8 часового рабочего дня. Для выполнения моделирования в течение 5 дней таймер должен быть откорректирован.

### Выходные данные

Распечатка выходных данных для моделирования работы участка цеха в течение рабочего дня.

GPSS/PC Report file REPORT.GPS. (V 2, # 39560) 03-02-1999 13:45:52 page 1

START_TIME	END_TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES	FREE_MEMORY
0	480	36	3	0	13264

LINE	LOC	BLOCK_TYPE	ENTRY_COUNT	CURRENT_COUNT	RETRY
110	1	GENERATE	15	0	0
120	2	QUEUE	15	0	0
130	3	SEIZE	15	0	0
140	4	DEPART	15	0	0
150	5	ADVANCE	15	0	0
160	6	RELEASE	15	0	0
170					







