



Министерство науки и высшего образования Российской  
Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ ИУ «Информатика и системы управления»

---

КАФЕДРА ИУ-7 «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

---

# ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №6

*по дисциплине «Моделирование»*

*«Моделирование простейшей СМО на GPSS»*

Студент группы ИУ7-76Б

Мансуров В. М.  
(Фамилия И.О.)

Преподаватель

Рудаков И. В.  
(Фамилия И.О.)

2023 г.

# 1 Условие лабораторной

Смоделировать работу системы массового обслуживания на языке имитационного моделирования GPSS. Определить минимальный размер очереди, при котором не будет потерянных заявок. Генератор создаёт заявки, распределённые по равномерному закону. Обслуживающий аппарат обрабатывает заявки по  $ujhvfkmuj$  (вариант из лабораторной работы №1). Предусмотреть возможность возврата обработанной заявки в очередь.

## 2 Теоретическая часть

### 2.1 Используемые законы распределения

#### Закон появления сообщений

Согласно заданию лабораторной работы для генерации сообщений используется равномерный закон распределения. Случайная величина  $X$  имеет *равномерное распределение* на отрезке  $[a, b]$ , если ее плотность распределения  $f(x)$  равна:

$$p(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{если } a \leq x \leq b; \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (2.1)$$

При этом функция распределения  $F(x)$  равна:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ 1, & x > b. \end{cases} \quad (2.2)$$

Обозначение:  $X \sim R[a, b]$ .

Интервал времени между появлением  $i$ -ого и  $(i-1)$ -ого сообщения по равномерному закону распределения вычисляется следующим образом:

$$T_i = a + (b-a) \cdot R, \quad (2.3)$$

где  $R$  — псевдослучайное число от 0 до 1.

#### Закон обработки сообщений

Для моделирования работы генератора сообщений в лабораторной работе используется Нормальное распределение. Случайная величина  $X$  имеет *нормальное распределение* с параметрами  $m$  и  $\sigma$ , если ее плотность распределения  $f(x)$  равна:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad x \in \mathbb{R}, \sigma > 0. \quad (2.4)$$

При этом функция распределения  $F(x)$  равна:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}} dt, \quad (2.5)$$

или, что то же самое:

$$F(x) = \frac{1}{2} \cdot \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{x-m}{\sigma\sqrt{2}} \right) \right], \quad (2.6)$$

где  $\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$  — функция вероятности ошибок.

Обозначение:  $X \sim N(m, \sigma^2)$ .

Интервал времени между появлением  $i$ -ого и  $(i-1)$ -ого сообщения по нормальному распределению вычисляется следующим образом:

$$T_i = \sigma \sqrt{\frac{12}{n}} \left( \sum_{i=1}^n R_i - \frac{n}{2} \right) + m, \quad (2.7)$$

где  $R_i$  — псевдослучайное число от 0 до 1.

## 2.2 GPSS

Язык GPSS — общецелевая система моделирования.

Транзакты представляют собой описание динамических процессов в реальных системах. Они могут описывать как реальные физические объекты, так и нефизические, например, канальная программа. Транзакты можно генерировать и уничтожать в процессе моделирования. Основным атрибутом любого транзакта является число параметров (от 0 до 1020).

Динамическими объектами являются транзакты, которые представляют собой единицы исследуемых потоков и производят ряд определённых дей-

ствий, продвигаясь по фиксированной структуре, представляющей собой совокупность объектов других категорий.

Операционный объект. Блоки задают логику функционирования системы и определяют маршрут движения транзактов между объектами аппаратной категории. Это абстрактные элементы, на которые может быть декомпозирована структура реальной системы. Воздействуя на эти объекты, транзакты могут изменять их состояния и оказывать влияние на движение других объектов.

Вычислительный объект. Служит для описания таких операций в процессе моделирования, когда связи между элементами моделируемой системы наиболее просто выражаются в виде математических соотношений.

К статическим объектам относятся очереди и таблицы, служащие для оценок влияющих характеристик.

Рассмотрим некоторые команды:

- 1) **GENERATE** — команда, вводящая транзакты в модель.
- 2) **TERMINATE** — команда, удаляющая транзакт.
- 3) **QUEUE** — команда, помещающая транзакт в конец очереди.
- 4) **DEPART** — команда, удаляющая транзакт из очереди.
- 5) **SEIZE** — команда, занимающая канал обслуживания.
- 6) **RELEASE** — команда, освобождающая канал обслуживания.
- 7) **ADVANCE** — команда, задерживающая транзакт.
- 8) **TRANSFER** — команда, изменяющая движение транзакта в модели.
- 9) **START** — команда, управляющая процессом моделирования.

### 3 Практическая часть

Расчет нормального распределения можно вывести с помощью функции функции  $\text{NORMAL}(\text{RNj}, m, \sigma)$ , где  $\text{RNj}$  — означает порядковый номер датчика случайной величины, обычно от 1 до 7;  $m$  — математическое ожидание;  $\sigma$  — среднее квадратичное отклонение.

В листинге 3.1 представлена реализация системы массового обслуживания на языке имитационного моделирования GPSS

Листинг 3.1 – Реализация системы массового обслуживания

```
GENERATE (UNIFORM(1,1,5)) , , , 1000
Enqueue QUEUE QSystemQueue

SEIZE Operator
DEPART QSystemQueue

ADVANCE(NORMAL(1,9,2))
RELEASE Operator

TRANSFER 0.7, Complete, Enqueue
Complete TERMINATE 1

START 1000
```

На рисунке 3.1 демонстрируется работа программы. Максимальная длина очереди при вероятности возврата заявки 70% равна 896 заявки.

---

```

GPSS World Simulation Report - lab_06.20.1

Tuesday, December 19, 2023 02:26:09

START TIME      END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
0.000           29493.663    8        1          0

NAME            VALUE
COMPLETE        8.000
ENQUEUE         2.000
OPERATOR        10001.000
QSYSTEMQUEUE    10000.000

LABEL          LOC  BLOCK TYPE  ENTRY COUNT  CURRENT COUNT  RETRY
ENQUEUE        1    GENERATE    1000         0             0
               2    QUEUE      3269         0             0
               3    SEIZE     3269         0             0
               4    DEPART    3269         0             0
               5    ADVANCE   3269         0             0
               6    RELEASE   3269         0             0
               7    TRANSFER  3269         0             0
COMPLETE       8    TERMINATE  1000         0             0
S

FACILITY        ENTRIES  UTIL.   AVE. TIME  AVAIL.  OWNER  PEND  INTER  RETRY  DELAY
OPERATOR        3269    1.000   9.021  1      0      0      0      0      0

QUEUE          MAX CONT.  ENTRY  ENTRY(0)  AVE.CONT.  AVE.TIME  AVE.(-0)  RETRY
QSYSTEMQUEUE    896     0    3269     12    451.830  4076.513  4091.533  0

```

Рисунок 3.1 – Отчёт системы массового обслуживания