

# **Лабораторная работа №3**

**Моделирование стохастических процессов**

Кадров Виктор Максимович

# Содержание

<b>1</b>	<b>Цель работы</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Задание</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Выполнение лабораторной работы</b>	<b>6</b>
3.1	Реализация модели М/М/1. . . . .	6
3.2	Построить график поведения длины очереди. . . . .	9
<b>4</b>	<b>Выводы</b>	<b>11</b>
	<b>Список литературы</b>	<b>12</b>

## Список иллюстраций

3.1	Полученные характеристики системы . . . . .	8
3.2	Скрипт для построения графика поведения длины очереди . . . .	9
3.3	Изменение прав доступа файла graph_plot. И запуск скрипта . . .	9
3.4	График поведения длины очереди . . . . .	10

# 1 Цель работы

Смоделировать систему массового обслуживания и построить график поведения длины очереди[1].

## 2 Задание

1. Реализовать модель системы массового обслуживания  $M/M/1$  и рассчитать характеристики модели.
2. Построить график поведения длины очереди.

## 3 Выполнение лабораторной работы

### 3.1 Реализация модели M/M/1.

M|M|1 — однолинейная СМО с накопителем бесконечной ёмкости. Поступающий поток заявок — пуассоновский с интенсивностью  $\lambda$ . Времена обслуживания заявок — независимые в совокупности случайные величины, распределённые по экспоненциальному закону с параметром  $\mu$ . Рассмотрим реализацию данной модели с параметрами системы:  $\lambda = 30.0$   $\mu = 33.0$ .

```
set ns [new Simulator]
# открытие на запись файла out.tr для регистрации событий
set tf [open out.tr w]
$ns trace-all $tf
# задаём значения параметров системы
set lambda 30.0
set mu 33.0
# размер очереди для M|M|1 (для M|M|1|R: set qsize R)
set qsize 100000
# устанавливаем длительность эксперимента
set duration 1000.0
# задаём узлы и соединяем их симплексным соединением
# с полосой пропускания 100 Кб/с и задержкой 0 мс,
# очередь с обслуживанием типа DropTail
set n1 [$ns node]
```

```

set n2 [$ns node]

set link [$ns simplex-link $n1 $n2 100kb 0ms DropTail]
# наложение ограничения на размер очереди:
$ns queue-limit $n1 $n2 $qsize
# задаём распределения интервалов времени
# поступления пакетов и размера пакетов
set InterArrivalTime [new RandomVariable/Exponential]
$InterArrivalTime set avg_ [expr 1/$lambda]
set pktSize [new RandomVariable/Exponential]
$pktSize set avg_ [expr 100000.0/(8*$mu)]
# задаём агент UDP и присоединяем его к источнику,
# задаём размер пакета
set src [new Agent/UDP]
$src set packetSize_ 100000
$ns attach-agent $n1 $src
# задаём агент-приёмник и присоединяем его
set sink [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n2 $sink
$ns connect $src $sink
# мониторинг очереди
set qmon [$ns monitor-queue $n1 $n2 [open qm.out w] 0.1]
$link queue-sample-timeout
# процедура finish закрывает файлы трассировки
proc finish {} {
    global ns tf
    $ns flush-trace
    close $tf
    exit 0
}

```

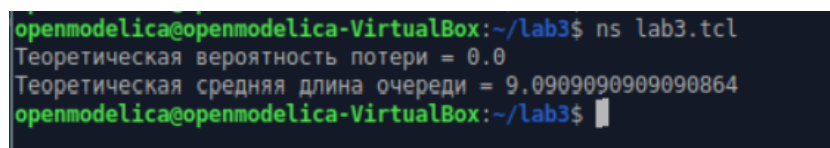
```

}
# процедура случайного генерирования пакетов
proc sendpacket {} {
    global ns src InterArrivalTime pktSize
    set time [$ns now]
    $ns at [expr $time +[$InterArrivalTime value]] "sendpacket"
    set bytes [expr round ([$pktSize value])]
    $src send $bytes
}
# планировщик событий
$ns at 0.0001 "sendpacket"
$ns at $duration "finish"
# расчет загрузки системы и вероятности потери пакетов
set rho [expr $lambda/$mu]
set ploss [expr (1-$rho)*pow($rho,$qsize)/(1-pow($rho,($qsize+1)))]
puts "Теоретическая вероятность потери = $ploss"

set aveq [expr $rho*$rho/(1-$rho)]
puts "Теоретическая средняя длина очереди = $aveq"
# запуск модели
$ns run

```

После запуска модели, были получены данные характеристики системы. (рис. 3.1)



```

openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/lab3$ ns lab3.tcl
Теоретическая вероятность потери = 0.0
Теоретическая средняя длина очереди = 9.0909090909090864
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/lab3$

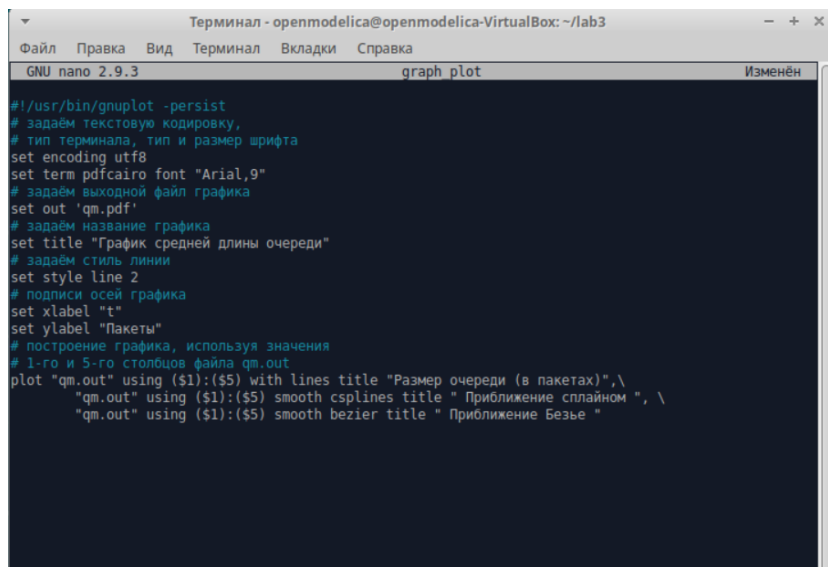
```

Рис. 3.1: Полученные характеристики системы



## 3.2 Построить график поведения длины очереди.

В каталоге с проектом создадим отдельный файл, например, graph\_plot. Откроем его на редактирование и добавим следующий код, обращая внимание на синтаксис GNUplot. (рис. 3.2)

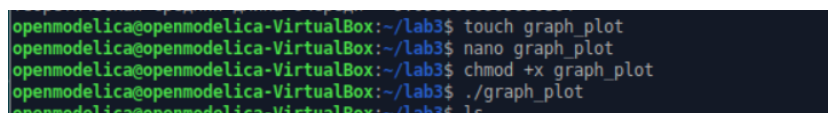


```
Терминал - openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~/lab3
Файл  Правка  Вид  Терминал  Вкладки  Справка
GNU nano 2.9.3                                graph_plot  Изменён
#!/usr/bin/gnuplot -persist
# задаём текстовую кодировку,
# тип терминала, тип и размер шрифта
set encoding utf8
set term pdfcairo font "Arial,9"
# задаём выходной файл графика
set out 'qm.pdf'
# задаём название графика
set title "График средней длины очереди"
# задаём стиль линии
set style line 2
# подписи осей графика
set xlabel "t"
set ylabel "Пакеты"
# построение графика, используя значения
# 1-го и 5-го столбцов файла qm.out
plot "qm.out" using ($1):($5) with lines title "Размер очереди (в пакетах)", \
      "qm.out" using ($1):($5) smooth csplines title " Приближение сплайном ", \
      "qm.out" using ($1):($5) smooth bezier title " Приближение Безье "
```

Рис. 3.2: Скрипт для построения графика поведения длины очереди

Сделаем файл исполняемым. После компиляции файла с проектом, запустим скрипт в созданном файле graph\_plot, который создаст файл qm.pdf с результатами моделирования.

Изменение прав доступа файла graph\_plot. И запуск скрипта. (рис. 3.3)



```
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/lab3$ touch graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/lab3$ nano graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/lab3$ chmod +x graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/lab3$ ./graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/lab3$ ls
```

Рис. 3.3: Изменение прав доступа файла graph\_plot. И запуск скрипта

Результаты моделирования. График поведения длины очереди. (рис. 3.4)

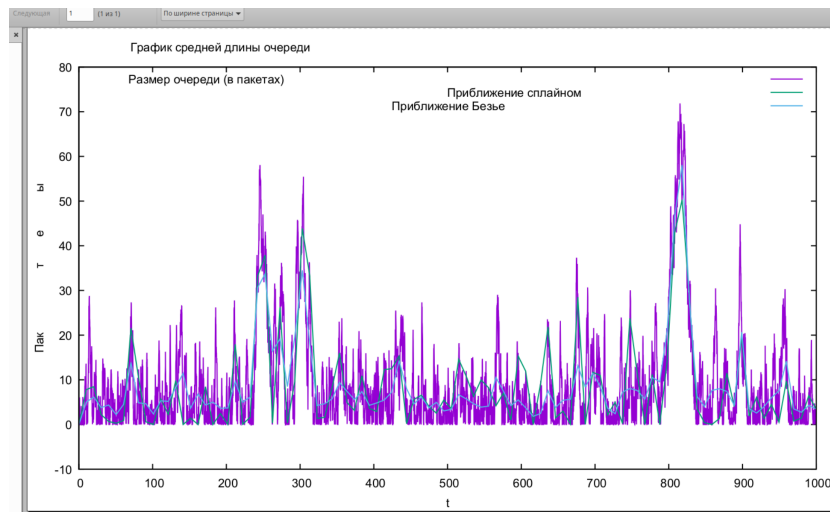


Рис. 3.4: График поведения длины очереди

## **4 Выводы**

Мы смоделировали систему массового обслуживания и построили график поведения длины очереди.

## Список литературы

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Лабораторная работа 3. Моделирование стохастических процессов [Электронный ресурс].