

# **Отчёт по лабораторной работе №3**

**Моделирование стохастических процессов**

Надежда Александровна Рогожина

# Содержание

<b>1</b>	<b>Цель работы</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Задание</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Теоретическое введение</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Выполнение лабораторной работы</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Выводы</b>	<b>15</b>
	<b>Список литературы</b>	<b>16</b>

## Список иллюстраций

4.1	example5.tcl . . . . .	8
4.2	Код СМО . . . . .	9
4.3	Код СМО . . . . .	10
4.4	ns example5.tcl . . . . .	10
4.5	Код визуализации графика . . . . .	11
4.6	Запуск GNUpot . . . . .	12
4.7	График №1 . . . . .	12
4.8	Изменение цвета . . . . .	13
4.9	График №2 . . . . .	13
4.10	Повторное изменение цвета . . . . .	14
4.11	График №3 . . . . .	14

## **Список таблиц**

# 1 Цель работы

Смоделировать и визуализировать результаты моделирования СМО М/М/1 с бесконечной очередью.

## 2 Задание

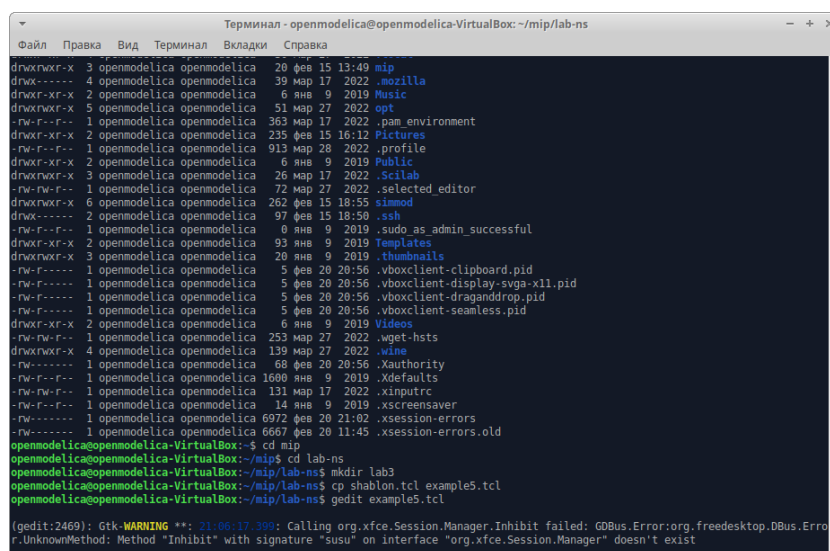
Создать и смоделировать однолинейную СМО с накопителем бесконечной ёмкости. Визуализировать результат моделирования с помощью GNUplot.

### 3 Теоретическое введение

$M|M|1$  — 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  $\mu$ .

## 4 Выполнение лабораторной работы

Первым делом создадим еще одну копию шаблона и откроем на редактирование (рис. 4.1).



```
Терминал - openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~/mip/lab-ns
Файл  Правка  Вид  Терминал  Вкладки  Справка
drwxrwxr-x  3 openmodelica openmodelica  20 фев 15 13:49 mip
drwx----- 4 openmodelica openmodelica  30 мар 17 2022 mozilla
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica   6 янв 9 2019 Music
drwxrwxr-x  5 openmodelica openmodelica  51 мар 27 2022 opt
-rw-r--r--  1 openmodelica openmodelica  363 мар 17 2022 .pam_environment
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica  235 фев 15 16:12 Pictures
-rw-r--r--  1 openmodelica openmodelica  913 мар 28 2022 .profile
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica   6 янв 9 2019 Public
drwxrwxr-x  3 openmodelica openmodelica  26 мар 17 2022 .Scilab
-rw-rw-r--  1 openmodelica openmodelica  72 мар 27 2022 .selected_editor
drwxrwxr-x  6 openmodelica openmodelica  262 фев 15 18:55 simmod
drwx----- 2 openmodelica openmodelica  97 фев 15 18:50 .ssh
-rw-r--r--  1 openmodelica openmodelica   0 янв 9 2019 .sudo_as_admin_successful
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica  93 янв 9 2019 Templates
drwxrwxr-x  3 openmodelica openmodelica  20 янв 9 2019 thumbnails
-rw-r----- 1 openmodelica openmodelica   5 фев 20 20:56 .vboxclient-clipboard.pid
-rw-r----- 1 openmodelica openmodelica   5 фев 20 20:56 .vboxclient-display-svga-x11.pid
-rw-r----- 1 openmodelica openmodelica   5 фев 20 20:56 .vboxclient-draganddrop.pid
-rw-r----- 1 openmodelica openmodelica   5 фев 20 20:56 .vboxclient-seamless.pid
drwxr-xr-x  2 openmodelica openmodelica   6 янв 9 2019 Videos
-rw-rw-r--  1 openmodelica openmodelica  253 мар 27 2022 wget-hsts
drwxrwxr-x  4 openmodelica openmodelica  139 мар 27 2022 .wine
-rw----- 1 openmodelica openmodelica   60 фев 20 20:56 .xauthority
-rw-r--r--  1 openmodelica openmodelica 1600 янв 9 2019 .Xdefaults
-rw-rw-r--  1 openmodelica openmodelica  131 мар 17 2022 .xinputrc
-rw-r--r--  1 openmodelica openmodelica   14 янв 9 2019 .xscreensaver
-rw----- 1 openmodelica openmodelica 6972 фев 20 21:02 .xsession-errors
-rw----- 1 openmodelica openmodelica 6667 фев 20 11:45 .xsession-errors.old
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~$ cd mip
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip$ cd lab-ns
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ mkdir lab3
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ cp shablon.tcl example5.tcl
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit example5.tcl

(gedit:2469): Gtk-WARNING **: 21:06:17.399: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
```

Рис. 4.1: example5.tcl

Введем код, данный нам в лабораторной работе, которые описывает поведение однолинейной СМО с накопителем бесконечной ёмкости (рис. 4.2, рис. 4.3).



```
example5.tcl
~/nplab/ns

# создание объекта Simulator
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 симуляции
```

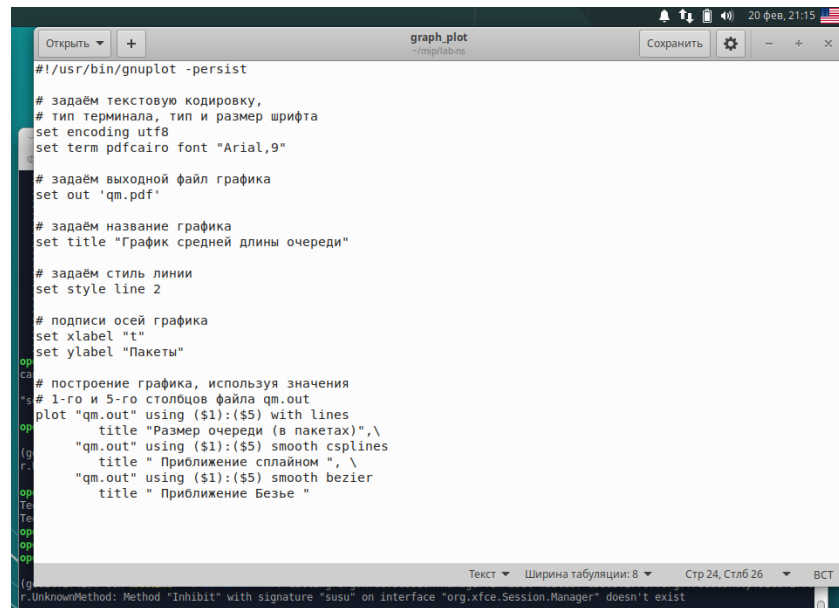
Рис. 4.2: Код СМО



У нас получился следующий результат:

- Теоретическая вероятность потери = 0.0
- Теоретическая средняя длина очереди = 9.0909090909090864

Далее, мы создали файл `graph_plot.gpi` и ввели код, указанный в лабораторной работе (рис. 4.5).



```
graph_plot
~/mpirte-1.0

Открыть + Сохранить ⚙️ - + x

#!/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 "

Текст Ширина таблицы: 8 Стр 24, Стлб 26 ВСТ
(g
r,UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
```

Рис. 4.5: Код визуализации графика

Далее, нам необходимо было сделать файл исполняемым и запустить его (рис. 4.6).

```
Терминал - openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~/mip/lab-ns
Файл  Правка  Вид  Терминал  Вкладки  Справка

208 make
209 sudo -i
210 make
211 sudo install luatex
212 sudo install texlive-luatex
213 sudo install texlive-luatex
214 sudo apt install texlive-luatex
215 pwd
216 ls -la
217 cd mip
218 cd lab-ns
219 mkdir lab3
220 cp shablon.tcl example5.tcl
221 gedit example5.tcl
222 history
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ns example5.tcl
can't read "ploss": no such variable
while executing
"set ploss"
(file "example5.tcl" line 77)
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit example5.tcl
(gedit:2605): Gtk-WARNING **: 21:10:18.631: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error
r.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ns example5.tcl
Теоретическая вероятность потери = 0,0
Теоретическая средняя длина очереди = 0.0909090909090909064
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit example5.tcl
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ touch graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit graph_plot
(gedit:2742): Gtk-WARNING **: 21:13:20.003: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error
r.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ chmod +x graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$
```

Рис. 4.6: Запуск GNUplot

По результатам работы программы, у нас создался файл `qm.pdf` на котором были отражены размер очереди (в пакетах), приближение сплайном и приближение Безье (рис. 4.7).

```
Терминал - openmodelica@openmodelica-VirtualBox: ~/mip/lab-ns
Файл  Правка  Вид  Терминал  Вкладки  Справка

(file "example5.tcl" line 77)
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit example5.tcl
(gedit:2605): Gtk-WARNING **: 21:10:18.631: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error
r.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ns example5.tcl
Теоретическая вероятность потери = 0,0
Теоретическая средняя длина очереди = 0.0909090909090909064
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit example5.tcl
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ touch graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit graph_plot
(gedit:2742): Gtk-WARNING **: 21:13:20.003: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error
r.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ chmod +x graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ chmod +x graph_plot
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ touch graph_plot.gpi
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ gedit graph_plot.gpi
(gedit:3236): Gtk-WARNING **: 21:18:30.424: Calling org.xfce.Session.Manager.Inhibit failed: GDBus.Error:org.freedesktop.DBus.Error
r.UnknownMethod: Method "Inhibit" with signature "susu" on interface "org.xfce.Session.Manager" doesn't exist
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ chmod +x graph_plot.gpi
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ./graph_plot.gpi
title "Размер очереди (в пакетах)", "qm.out" using ($1):($5) smooth csplines
"/graph_plot.gpi", line 25: invalid command
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ chmod +x graph_plot.gpi
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ./graph_plot.gpi
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ chmod +x graph_plot.gpi
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$ ./graph_plot.gpi
openmodelica@openmodelica-VirtualBox:~/mip/lab-ns$
```

Рис. 4.7: График №1

Цветовая гамма отличалась от примера (а-к-а желаемого результата), соответственно, я внесла изменения в код (рис. 4.8).

```

* /home/openmodelica/mip/lab-ns/graph_plot.gpi - Mousepad
Файл  Правка  Поиск  Вид  Документ  Справка
e#!/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)" lc "red",\
      "qm.out" using ($1):($5) smooth csplines title "Приближение сплайном" lc "green",\
      "qm.out" using ($1):($5) smooth bezier title "Приближение Безье" lc "blue"

```

Рис. 4.8: Изменение цвета

Далее, при повторном запуске программы, цвета совпали с цветами графика на примере, данном в лабораторной работе (рис. 4.9).

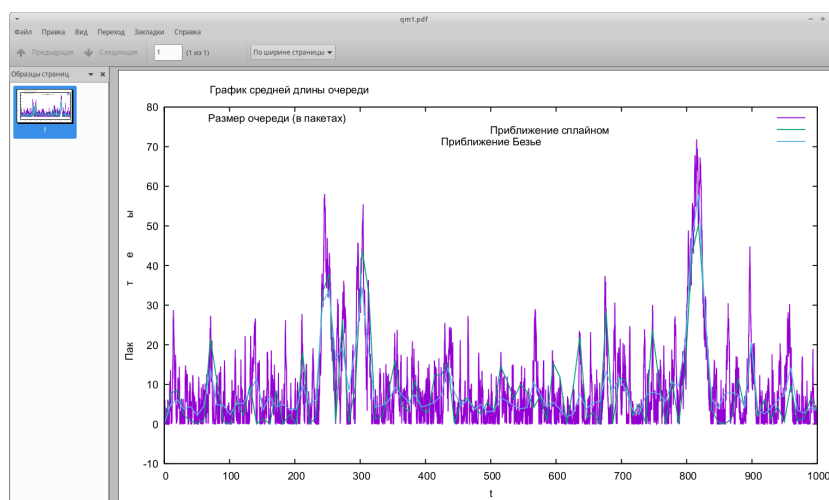


Рис. 4.9: График №2

Но и сейчас, визуально, тяжело проанализировать из-за достаточно тусклого зеленого цвета приближения сплайном. Было принято решение для более удобного анализа проведенной работы поменять цвета отрисовки (рис. 4.10).

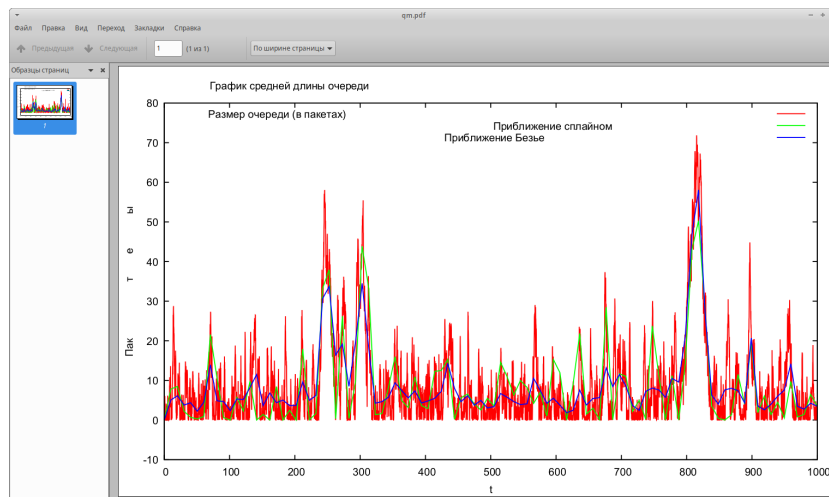


Рис. 4.10: Повторное изменение цвета

После этого, приближения стали видны сильно чётче на фоне быстро изменяющихся и вечно скачущих данных. (рис. 4.11).

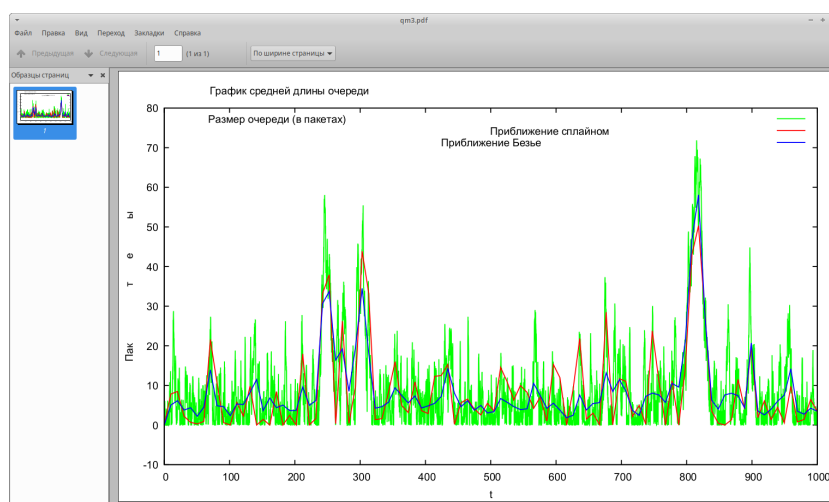


Рис. 4.11: График №3

Мы видим, что приближение Безье “сглаживает” кривую сильнее, чем приближение сплайном. В данном случае, приближение сплайном мне кажется более точным, однако надо смотреть не только на график (потому что график бывает обманчив), но и на численные показатели точности аппроксимации.

## 5 Выводы

В ходе лабораторной работы мы смоделировали поведение однолинейной СМО  $M|M|1$  с накопителем бесконечной ёмкости, а также аппроксимировали результаты с помощью сплайнов и кривых Безье, приобрели навыки работы с GNUplot.

## **Список литературы**