

Лабораторная работа №4

Задание для самостоятельного выполнения

Ендонова Арюна Валерьевна

Содержание

Цель работы	4
Задание	5
Выполнение лабораторной работы	6
Выводы	20

Список иллюстраций

1	Схема моделируемой сети при $N=30$	11
2	Изменение размера окна ТСР на линке 1-го источника при $N=30$	12
3	Изменение размера окна ТСР на всех источниках при $N=30$	13
4	Изменение размера длины очереди на линке (R1–R2) при $N=30$	14
5	Изменение размера средней длины очереди на линке (R1–R2) при $N=30$.	14
6	Изменение размера окна ТСР на линке 1-го источника при $N=30$	17
7	Изменение размера окна ТСР на всех источниках при $N=30$	18
8	Изменение размера длины очереди на линке (R1–R2) при $N=30$	18
9	Изменение размера средней длины очереди на линке (R1–R2) при $N=30$.	19

Цель работы

Выполнить задание для самостоятельного выполнения.

Задание

1. Для приведённой схемы разработать имитационную модель в пакете NS-2;
2. Построить график изменения размера окна TCP (в Xgraph и в GNUPlot);
3. Построить график изменения длины очереди и средней длины очереди на первом маршрутизаторе;
4. Оформить отчёт о выполненной работе.

Выполнение лабораторной работы

Описание моделируемой сети:

- сеть состоит из N ТСП-источников, N ТСП-приёмников, двух маршрутизаторов R1 и R2 между источниками и приёмниками (N — не менее 20);
- между ТСП-источниками и первым маршрутизатором установлены дуплексные соединения с пропускной способностью 100 Мбит/с и задержкой 20 мс очередью типа DropTail;
- между ТСП-приёмниками и вторым маршрутизатором установлены дуплексные соединения с пропускной способностью 100 Мбит/с и задержкой 20 мс очередью типа DropTail;
- между маршрутизаторами установлено симплексное соединение (R1–R2) с пропускной способностью 20 Мбит/с и задержкой 15 мс очередью типа RED, размером буфера 300 пакетов; в обратную сторону — симплексное соединение (R2–R1) с пропускной способностью 15 Мбит/с и задержкой 20 мс очередью типа DropTail;
- данные передаются по протоколу FTP поверх TCP Reno;
- параметры алгоритма RED: $q_{min} = 75$, $q_{max} = 150$, $q_w = 0,002$, $p_{max} = 0.1$;
- максимальный размер ТСП-окна 32; размер передаваемого пакета 500 байт; время моделирования — не менее 20 единиц модельного времени.

Откроем файл .tcl на редактирование, в нем построим сеть. Зададим $N = 30$ ТСП-источников, $N = 30$ ТСП-приёмников, два маршрутизатора r1 и r2 между источниками и приёмниками. Между ТСП-источниками и первым маршрутизатором установим дуплексные соединения с пропускной способностью 100 Мбит/с и задержкой 20 мс очередью типа DropTail; между ТСП-приёмниками и вторым маршрутизатором установлены

дуплексные соединения с пропускной способностью 100 Мбит/с и задержкой 20 мс очередью типа DropTail; между маршрутизаторами установлено симплексное соединение (R1–R2) с пропускной способностью 20 Мбит/с и задержкой 15 мс очередью типа RED, размером буфера 300 пакетов; в обратную сторону - симплексное соединение (R2–R1) с пропускной способностью 15 Мбит/с и задержкой 20 мс очередью типа DropTail. Данные передаются по протоколу FTP поверх TCP Reno. Зададим также параметры алгоритма RED: $q_{min} = 75$, $q_{max} = 150$, $q_w = 0,002$, $p_{max} = 0.1$. Также нам нужно выполнить мониторинг окна TCP и мониторинг очереди. Листинг такой программы выглядит следующим образом:

```
# создание объекта Simulator
set ns [new Simulator]

# открытие на запись файла out.nam для визуализатора nam
set nf [open out.nam w]

# все результаты моделирования будут записаны в переменную nf
$ns namtrace-all $nf

# открытие на запись файла трассировки out.tr
# для регистрации всех событий
set f [open out.tr w]
# все регистрируемые события будут записаны в переменную f
$ns trace-all $f

Agent/TCP set window_ 32
Agent/TCP set pktSize_ 500

# процедура finish
proc finish {} {
```

```

global tchan_
# подключение кода AWK:
set awkCode {
{
    if ($1 == "Q" && NF>2) {
        print $2, $3 >> "temp.q";
        set end $2
    }
    else if ($1 == "a" && NF>2)
        print $2, $3 >> "temp.a";
    }
}
}

```

```

exec rm -f temp.q temp.a
exec touch temp.a temp.q

```

```

set f [open temp.q w]
puts $f "0.Color: Purple"
close $f

```

```

set f [open temp.a w]
puts $f "0.Color: Purple"
close $f

```

```

exec awk $awkCode all.q

```

```

# Запуск xgraph с графиками окна TCP и очереди:

```

```

exec xgraph -fg pink -bg purple -bb -tk -x time -t "TCPRenoCWND" WindowVsTimeRenoOne &

```



```

exec xgraph -fg pink -bg purple -bb -tk -x time -t "TCPRenoCWND" WindowVsTimeRenoAll &
exec xgraph -bb -tk -x time -y queue temp.q &
exec xgraph -bb -tk -x time -y queue temp.a &
exec nam out.nam &
exit 0
}

```

Формирование файла с данными о размере окна TCP:

```

proc plotWindow {tcpSource file} {
    global ns
    set time 0.01
    set now [$ns now]
    set cwnd [$tcpSource set cwnd_]
    puts $file "$now $cwnd"
    $ns at [expr $now+$time] "plotWindow $tcpSource $file"
}

```

```

set r1 [$ns node]

```

```

set r2 [$ns node]

```

```

$ns simplex-link $r1 $r2 20Mb 15ms RED

```

```

$ns simplex-link $r2 $r1 15Mb 20ms DropTail

```

```

$ns queue-limit $r1 $r2 300

```

```

set N 30

```

```

for {set i 0} {$i < $N} {incr i} {

```

```

    set n1($i) [$ns node]

```

```

    $ns duplex-link $n1($i) $r1 100Mb 20ms DropTail

```

```

    set n2($i) [$ns node]
}

```

```

$ns duplex-link $n2($i) $r2 100Mb 20ms DropTail

set tcp($i) [$ns create-connection TCP/Reno $n1($i) TCPSink $n2($i) $i]
set ftp($i) [$tcp($i) attach-source FTP]
}

```

Мониторинг размера окна TCP:

```

set windowVsTimeOne [open WindowVsTimeRenoOne w]
puts $windowVsTimeOne "0.Color: White"
set windowVsTimeAll [open WindowVsTimeRenoAll w]
puts $windowVsTimeAll "0.Color: White"

```

```

set qmon [$ns monitor-queue $r1 $r2 [open qm.out w] 0.1];
[$ns link $r1 $r2] queue-sample-timeout;

```

Мониторинг очереди:

```

set redq [[$ns link $r1 $r2] queue]
$redq set thresh_ 75
$redq set maxthresh_ 150
$redq set q_weight_ 0.002
$redq set linterm_ 10

```

```

set tchan_ [open all.q w]
$redq trace curq_
$redq trace ave_
$redq attach $tchan_

```

```

for {set i 0} {$i < $N} {incr i} {
    $ns at 0.0 "$ftp($i) start"
}

```

```

$ns at 0.0 "plotWindow $tcp($i) $windowVsTimeAll"
}

$ns at 0.0 "plotWindow $tcp(1) $windowVsTimeOne"

# at-событие для планировщика событий, которое запускает
# процедуру finish через 20s после начала моделирования
$ns at 20.0 "finish"

# запуск модели
$ns run

```

Запустив созданную программу на выполнение получим nam файл со схемой моделируемой сети (рис. [-@fig:001]).

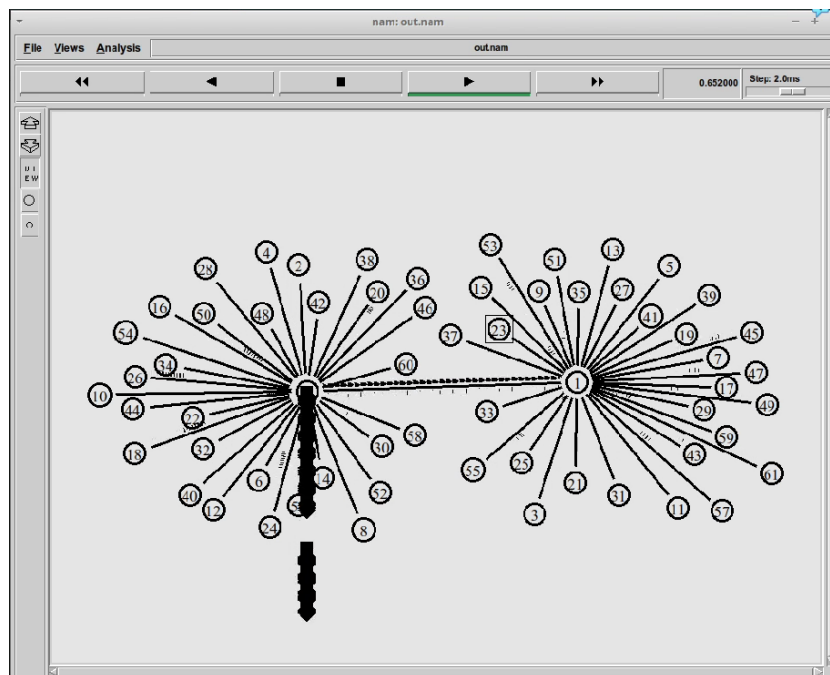


Рис. 1: Схема моделируемой сети при N=30

Также получим графики изменения размера окна TCP на линке 1-го источника (рис. [-@fig:002]) и на всех источниках (рис. [-@fig:003]). Графики построены с помощью

xgraph.

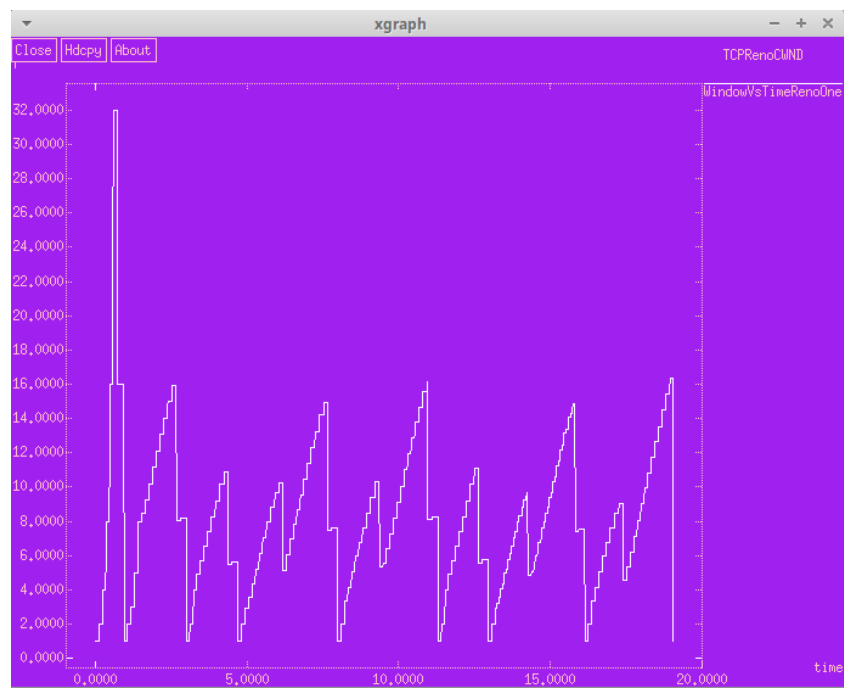


Рис. 2: Изменение размера окна TCP на линке 1-го источника при N=30

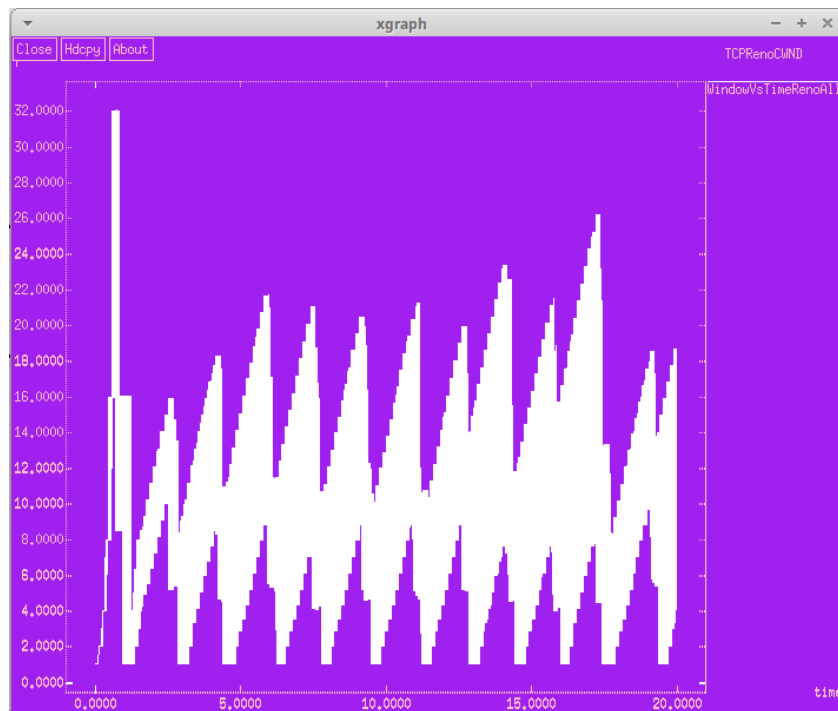


Рис. 3: Изменение размера окна TCP на всех источниках при $N=30$

Еще получим графики изменения размера длины очереди (рис. [-@fig:004]) и размера средней длины очереди (рис. [-@fig:005]). Графики построены с помощью xgraph.

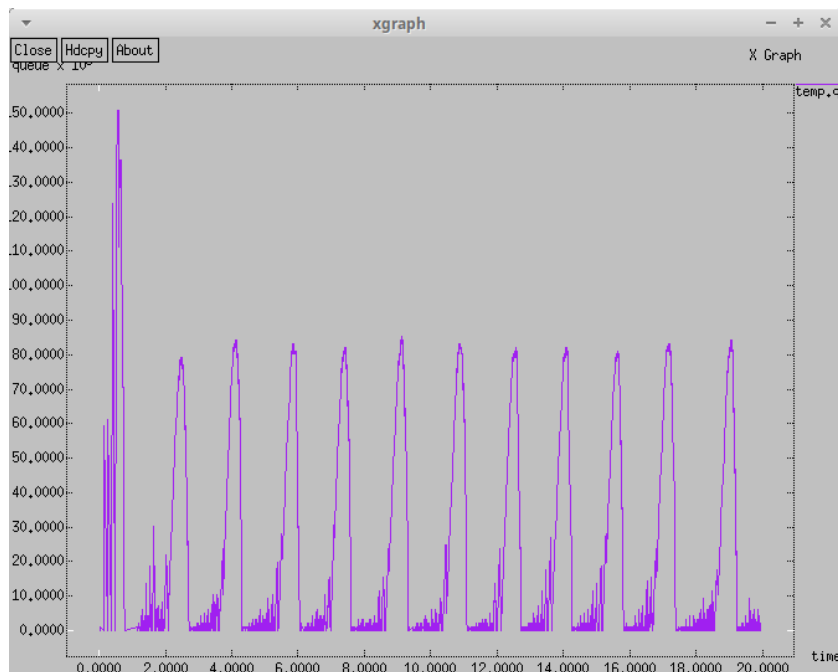


Рис. 4: Изменение размера длины очереди на линке (R1–R2) при N=30

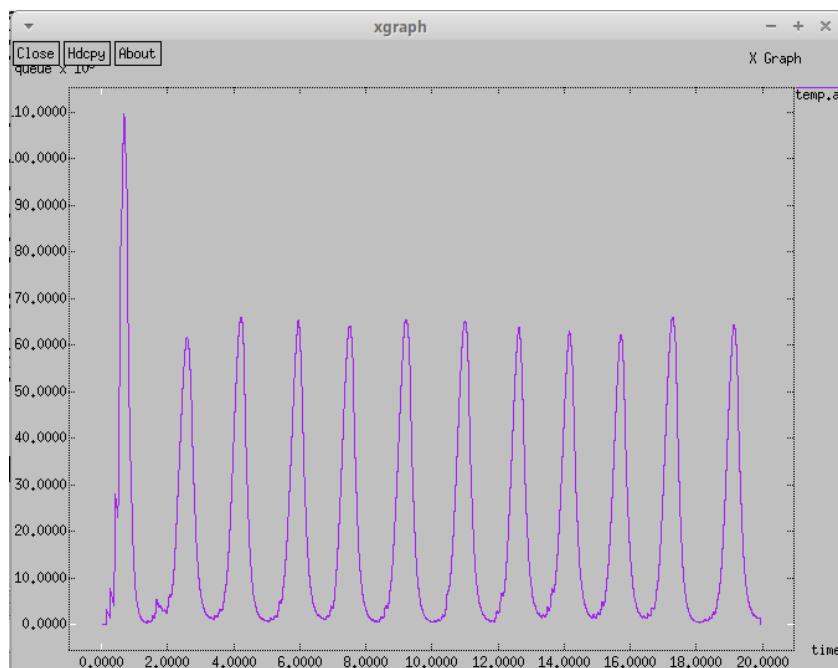


Рис. 5: Изменение размера средней длины очереди на линке (R1–R2) при N=30

Напишем программу для построения графиков в GNUPlot:

```

#!/usr/bin/gnuplot -persist

# задаём текстовую кодировку,
# тип терминала, тип и размер шрифта

set encoding utf8
set term pngcairo font "Helvetica,9"

# задаём выходной файл графика
set out 'window_1.png'

# задаём название графика
set title "Изменение размера окна TCP на линке 1-го источника при N=30"

# подписи осей графика
set xlabel "t[s]" font "Helvetica, 10"
set ylabel "CWND [pkt]" font "Helvetica, 10"

# построение графика, используя значения
# 1-го и 2-го столбцов файла WindowVsTimeRenoOne
plot "WindowVsTimeRenoOne" using ($1):($2) with lines title "Размер окна TCP"

# задаём выходной файл графика
set out 'window_2.png'

# задаём название графика
set title "Изменение размера окна TCP на всех N источниках при N=30"

# построение графика, используя значения
# 1-го и 2-го столбцов файла WindowVsTimeRenoAll

```

```
plot "WindowVsTimeRenoAll" using ($1):($2) with lines title "Размер окна TCP"
```

```
# задаём выходной файл графика
```

```
set out 'queue.png'
```

```
# задаём название графика
```

```
set title "Изменение размера длины очереди на линке (R1 – R2)"
```

```
# подписи осей графика
```

```
set xlabel "t[s]" font "Helvetica, 10"
```

```
set ylabel "Queue Length [pkt]" font "Helvetica, 10"
```

```
# построение графика, используя значения
```

```
# 1-го и 2-го столбцов файла temp.q
```

```
plot "temp.q" using ($1):($2) with lines title "Текущая длина очереди"
```

```
# задаём выходной файл графика
```

```
set out 'av_queue.png'
```

```
# задаём название графика
```

```
set title "Изменение размера средней длины очереди на линке (R1 – R2)"
```

```
# подписи осей графика
```

```
set xlabel "t[s]" font "Helvetica, 10"
```

```
set ylabel "Queue Avg Length [pkt]" font "Helvetica, 10"
```

```
# построение графика, используя значения
```

```
# 1-го и 2-го столбцов файла temp.a
```

```
plot "temp.a" using ($1):($2) with lines title "Средняя длина очереди"
```


Сделаем исполняемым и запустим его. Получим 4 графика.

Графики изменения размера окна TCP на линке 1-го источника (рис. [-@fig:006]) и на всех источниках (рис. [-@fig:007]).

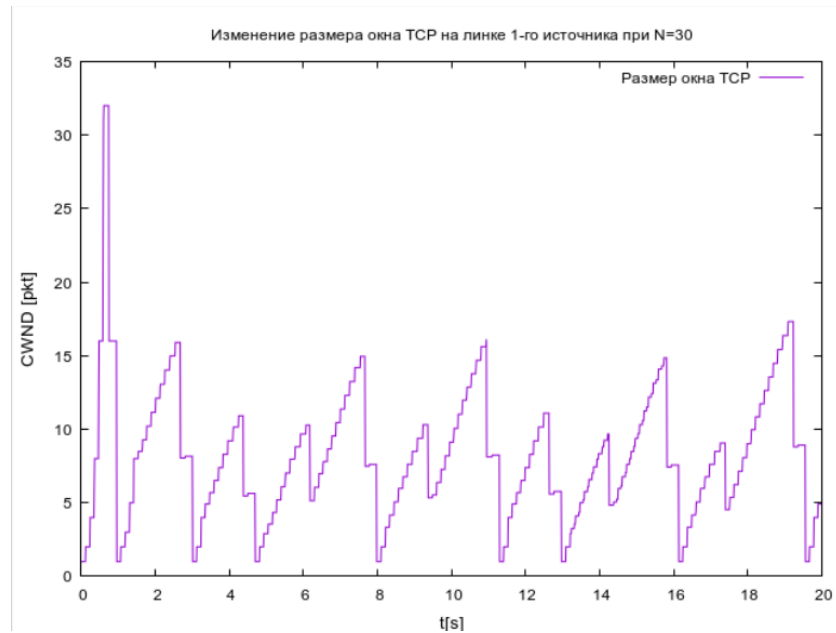


Рис. 6: Изменение размера окна TCP на линке 1-го источника при N=30

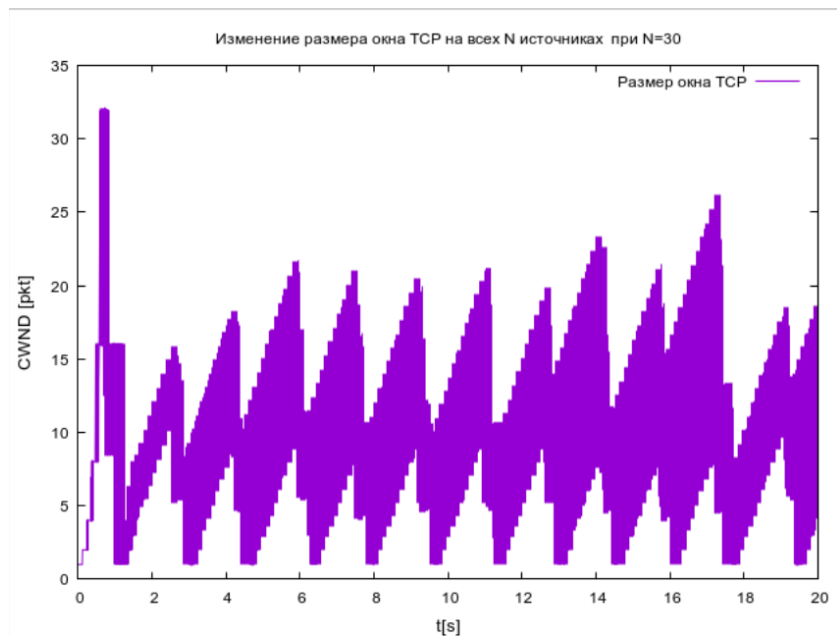


Рис. 7: Изменение размера окна TCP на всех источниках при N=30

Графики изменения размера длины очереди (рис. [-@fig:008]) и размера средней длины очереди (рис. [-@fig:009]).

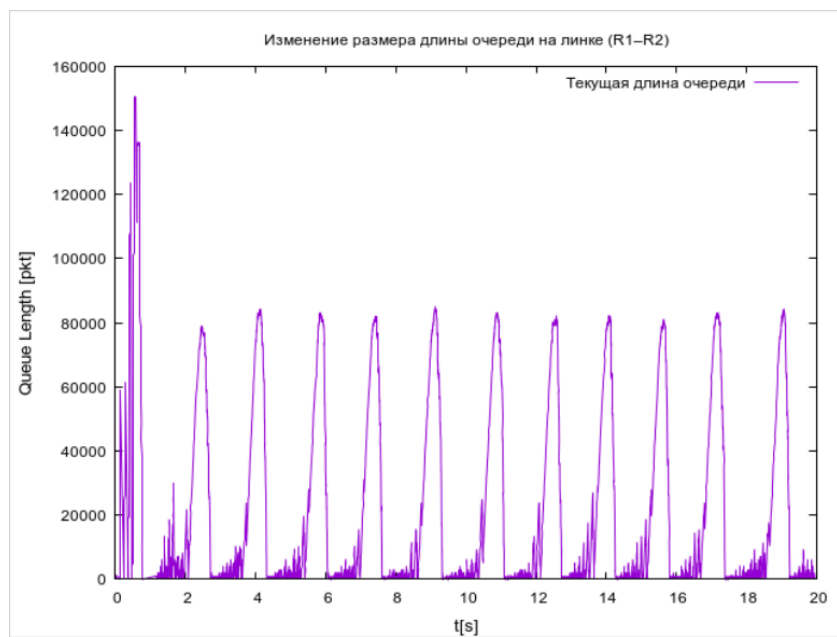


Рис. 8: Изменение размера длины очереди на линке (R1-R2) при N=30

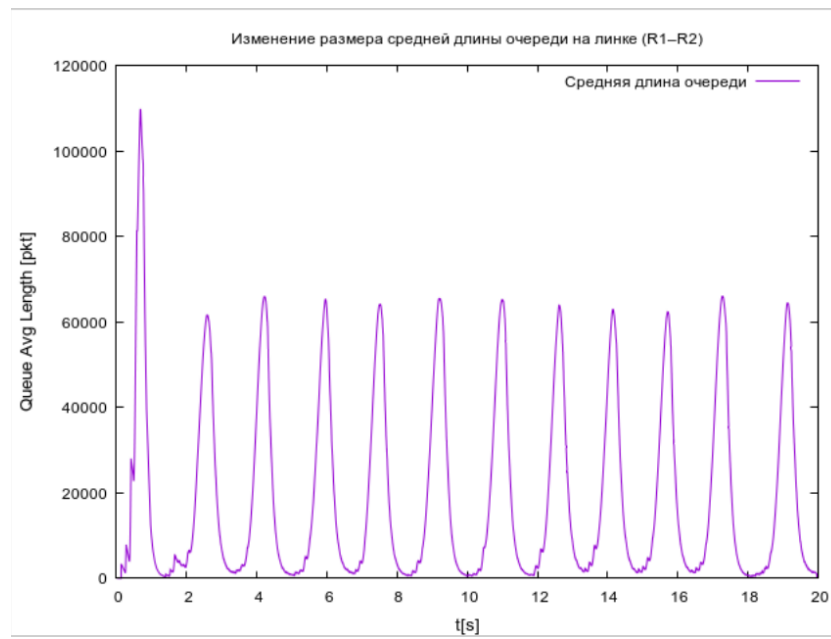


Рис. 9: Изменение размера средней длины очереди на линке (R1-R2) при N=30

Выводы

В результате выполнения данной лабораторной работы была разработана имитационная модель в пакете NS-2, построены графики изменения размера окна TCP, изменения длины очереди и средней длины очереди. # Список литературы {.unnumbered}

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Руководство к лабораторной работе №3. Моделирование стохастических процессов. – 2025. – 47 с.
2. Овсянников А.В., Козел В.М. Формирование и моделирование стохастических процессов с заданными свойствами траекторий // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2016. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-i-modelirovanie-stohasticheskikh-protsessov-s-zadannymi-svoystvami-traektoriy>
3. Моделирование стохастических систем. – Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева, 2016. – URL: <https://studfile.net/preview/5553697/page:9/>
4. Модели реализации протокола TCP и его перспективы Семенов Ю.А. (ИТЭФ-МФТИ) <http://book.itep.ru/4/44/tcp.htm>
5. Модель управления очередями на маршрутизаторах <https://cyberleninka.ru/article/n/model-upravleniya-ocheredyami-na-marshrutizatorah?ysclid=m9ctz9fh22471690163>