Лабораторная работа №11

Модель системы массового обслуживания M/M/1/oo

Кадров Виктор Максимович

Содержание

# 1 Цель работы

Реализовать модель в *CPN tools*[1].

# 2 Задание

* Реализовать в CPN Tools модель системы массового обслуживания .
* Настроить мониторинг параметров моделируемой системы и нарисовать графики изменения задержки в очереди[2].

# 3 Выполнение лабораторной работы

## 3.1 Постановка задачи

В систему поступает поток заявок двух типов, распределённый по пуассоновскому закону. Заявки поступают в очередь сервера на обработку. Дисциплина очереди - FIFO. Если сервер находится в режиме ожидания (нет заявок на сервере), то заявка поступает на обработку сервером.

## 3.2 Построение модели с помощью CPNTools

Будем использовать три отдельных листа: на первом листе опишем граф системы (рис. 1), на втором — генератор заявок (рис. 2), на третьем — сервер обработки заявок (рис. 3).

Сеть имеет 2 позиции (очередь — Queue, обслуженные заявки — Complited) и два перехода (генерировать заявку — Arrivals, передать заявку на обработку серверу — Server). Переходы имеют сложную иерархическую структуру, задаваемую на отдельных листах модели (с помощью соответствующего инструмента меню — Hierarchy).

Между переходом Arrivals и позицией Queue, а также между позицией Queue и переходом Server установлена дуплексная связь. Между переходом Server и позицией Complited — односторонняя связь.

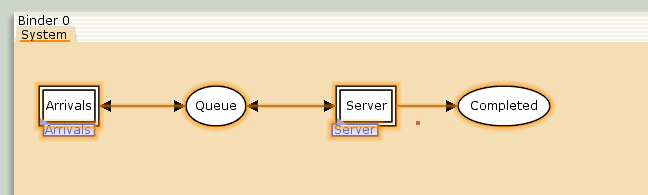


Рис. 1: Граф сети системы обработки заявок в очереди

Граф генератора заявок имеет 3 позиции (текущая заявка — Init, следующая заявка — Next, очередь — Queue из листа System) и 2 перехода (Init — определяет распределение поступления заявок по экспоненциальному закону с интенсивностью 100 заявок в единицу времени, Arrive — определяет поступление заявок в очередь).

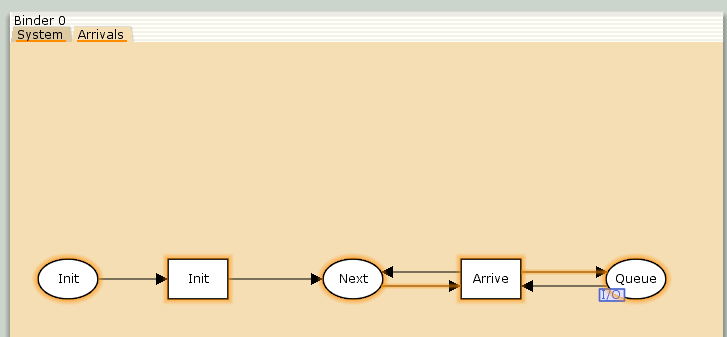


Рис. 2: Граф генератора заявок системы

Граф процесса обработки заявок на сервере имеет 4 позиции (Busy — сервер занят, Idle — сервер в режиме ожидания, Queue и Complited из листа System) и 2 перехода (Start — начать обработку заявки, Stop — закончить обработку заявки).

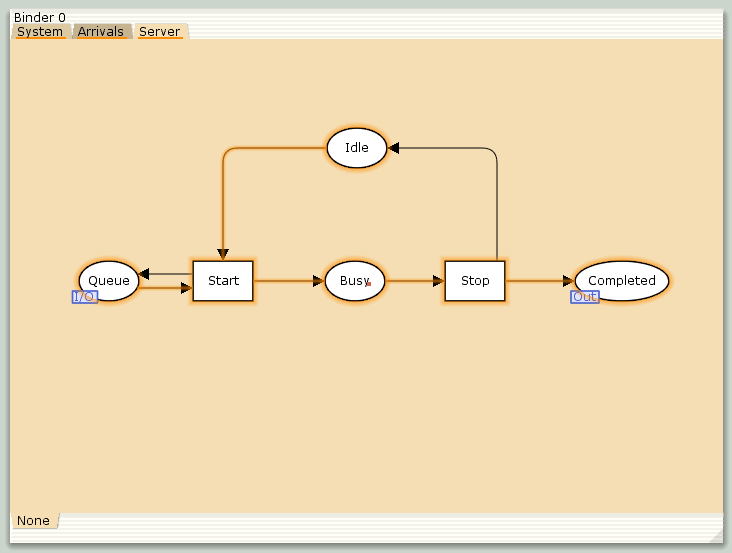


Рис. 3: Граф процесса обработки заявок на сервере системы

Зададим декларации системы (рис. 4).

Определим множества цветов системы (colorset):

* фишки типа UNIT определяют моменты времени;
* фишки типа INT определяют моменты поступления заявок в систему.
* фишки типа JobType определяют 2 типа заявок — A и B;
* кортеж Job имеет 2 поля: jobType определяет тип работы (соответственно имеет тип JobType, поле AT имеет тип INT и используется для хранения времени нахождения заявки в системе);
* фишки Jobs — список заявок;
* фишки типа ServerxJob — определяют состояние сервера, занятого обработкой заявок.

Переменные модели:

* proctime — определяет время обработки заявки;
* job — определяет тип заявки;
* jobs — определяет поступление заявок в очередь.

Определим функции системы:

* функция expTime описывает генерацию целочисленных значений через интервалы времени, распределённые по экспоненциальному закону;
* функция intTime преобразует текущее модельное время в целое число;
* функция newJob возвращает значение из набора Job — случайный выбор типа заявки (A или B).

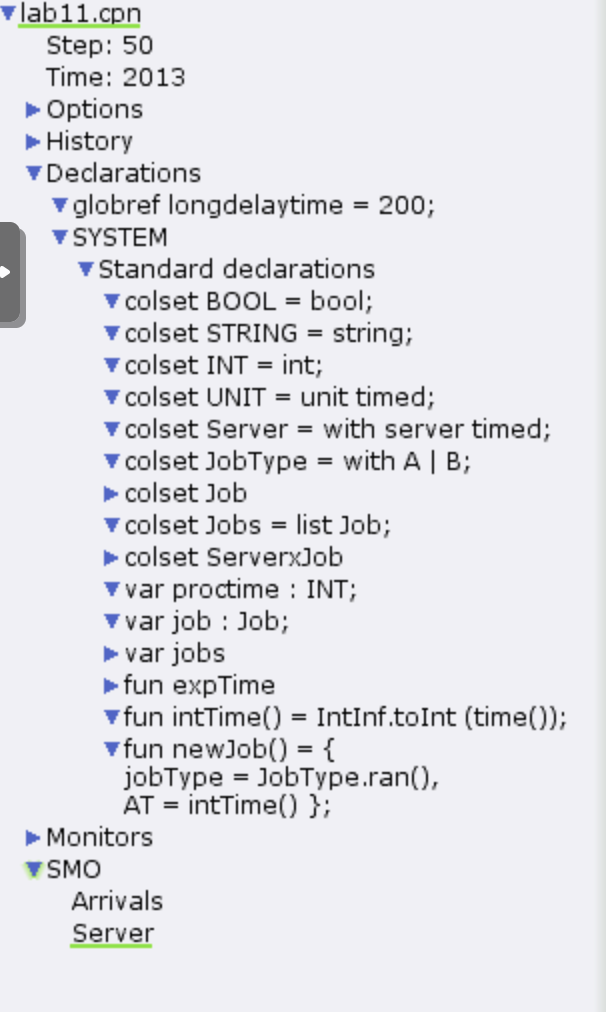


Рис. 4: Заданная декларация системы

Зададим параметры модели на графах сети.

На листе System (рис. 5):

* у позиции Queue множество цветов фишек — Jobs; начальная маркировка 1[] определяет, что изначально очередь пуста.
* у позиции Completed множество цветов фишек — Job.

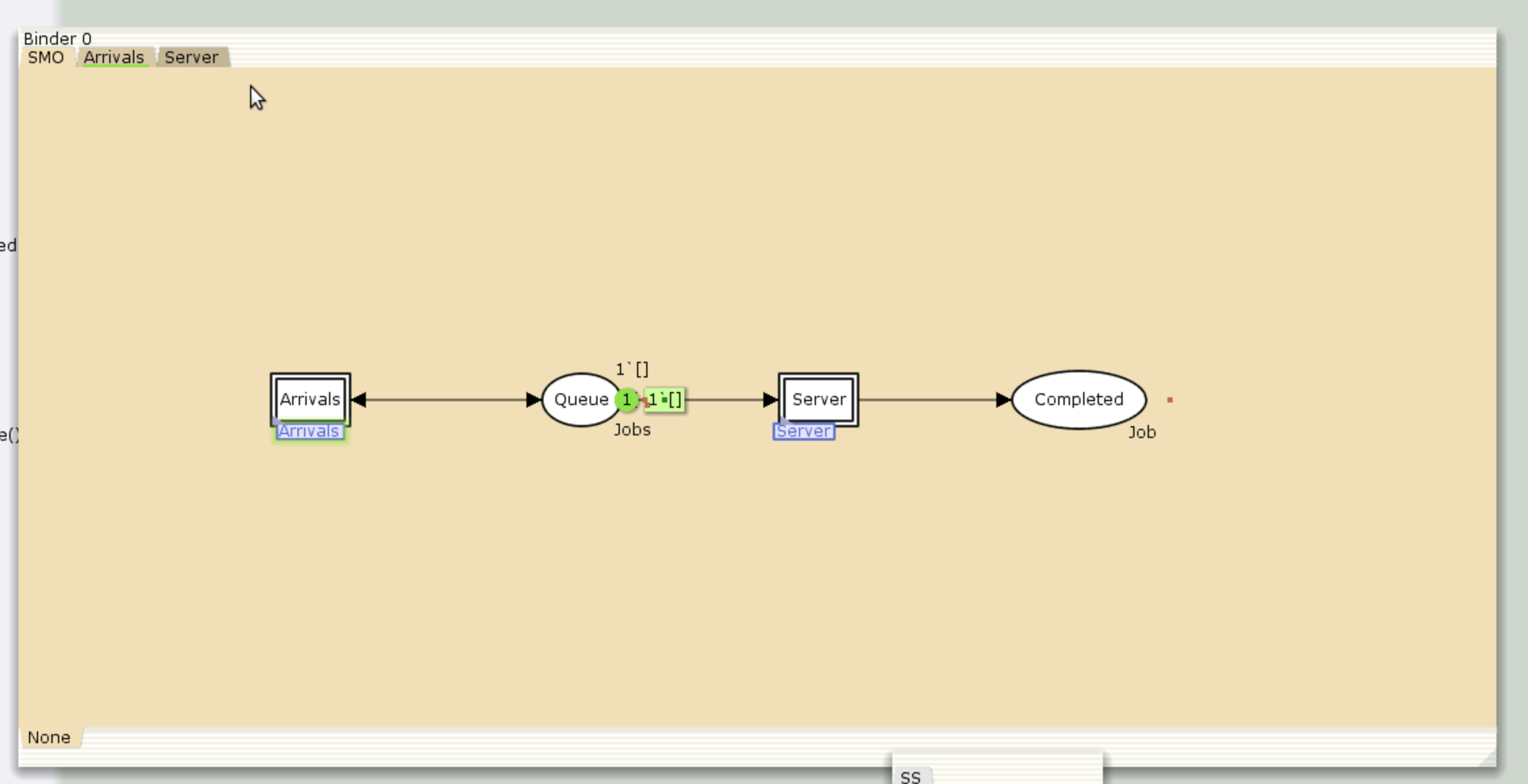


Рис. 5: Параметры элементов основного графа системы обработки заявок в очереди

На листе Arrivals (рис. 6):

* у позиции Init: множество цветов фишек — UNIT; начальная маркировка 1``()@0 определяет, что поступление заявок в систему начинается с нулевого момента времени;
* у позиции Next: множество цветов фишек — UNIT;
* на дуге от позиции Init к переходу Init выражение () задаёт генерацию заявок;
* на дуге от переходов Init и Arrive к позиции Next выражение ()@+expTime(100) задаёт экспоненциальное распределение времени между поступлениями заявок;
* на дуге от позиции Next к переходу Arrive выражение () задаёт перемещение фишки;
* на дуге от перехода Arrive к позиции Queue выражение jobs^^[job] задает поступление заявки в очередь;
* на дуге от позиции Queue к переходу Arrive выражение jobs задаёт обратную связь.

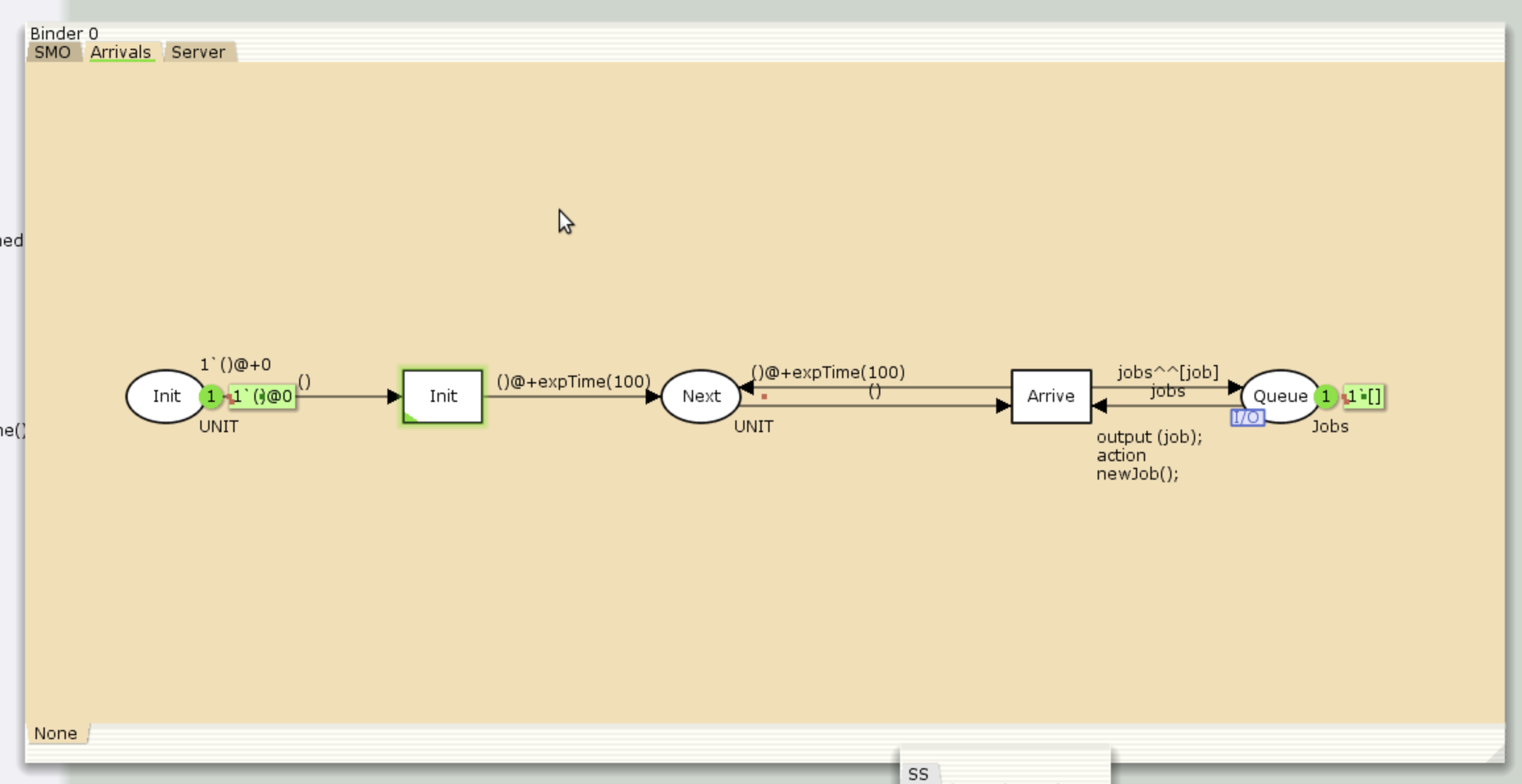


Рис. 6: Параметры элементов генератора заявок системы

На листе Server (рис. 7):

* у позиции Busy: множество цветов фишек — Server, начальное значение маркировки — 1``server@0 определяет, что изначально на сервере нет заявок на обслуживание;
* у позиции Idle: множество цветов фишек — ServerxJob;
* переход Start имеет сегмент кода output (proctime); action expTime(90); определяющий, что время обслуживания заявки распределено по экспоненциальному закону со средним временем обработки в 90 единиц времени;
* на дуге от позиции Queue к переходу Start выражение job::jobs определяет, что сервер может начать обработку заявки, если в очереди есть хотя бы одна заявка;
* на дуге от перехода Start к позиции Busy выражение (server,job)@+proctime запускает функцию расчёта времени обработки заявки на сервере;
* на дуге от позиции Busy к переходу Stop выражение (server,job) говорит о завершении обработки заявки на сервере;
* на дуге от перехода Stop к позиции Completed выражение job показывает, что заявка считается обслуженной;
* выражение server на дугах от и к позиции Idle определяет изменение состояние сервера (обрабатывает заявки или ожидает);
* на дуге от перехода Start к позиции Queue выражение jobs задаёт обратную связь.

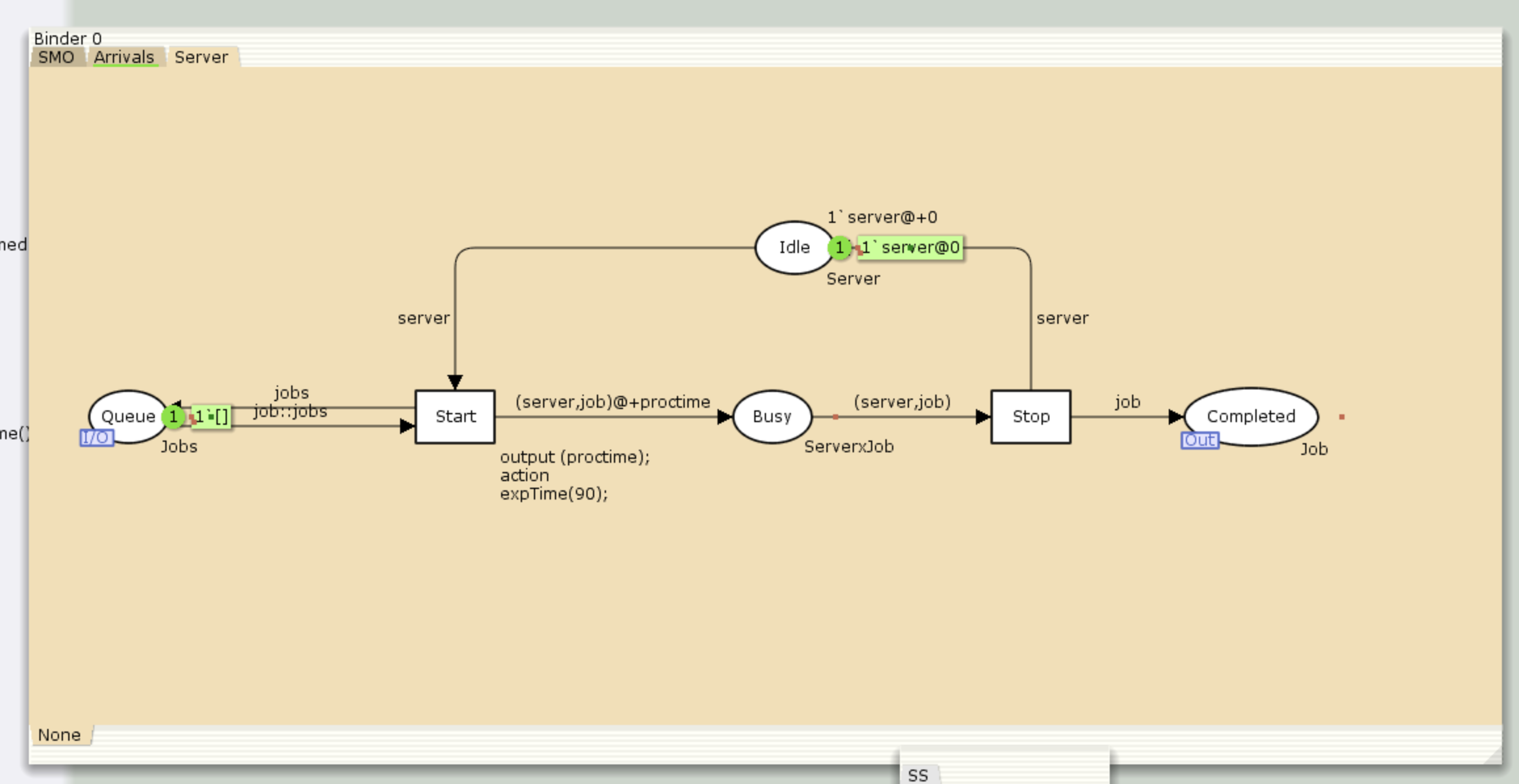


Рис. 7: Параметры элементов обработчика заявок системы

## 3.3 Мониторинг параметров моделируемой системы

Потребуется палитра Monitoring. Выбираем Break Point (точка останова) и устанавливаем её на переход Start. После этого в разделе меню Monitor появится новый подраздел, который назовём Ostanovka. В этом подразделе необходимо внести изменения в функцию Predicate, которая будет выполняться при запуске монитора. Изначально, когда функция начинает работать, она возвращает значение true, в противном случае — false. В теле функции вызывается процедура predBindElem, которую определяем в предварительных декларациях. Зададим число шагов, через которое будем останавливать мониторинг. Для этого true заменим на Queue\_Delay.count()=200.

В результате функция примет вид (рис. 8):

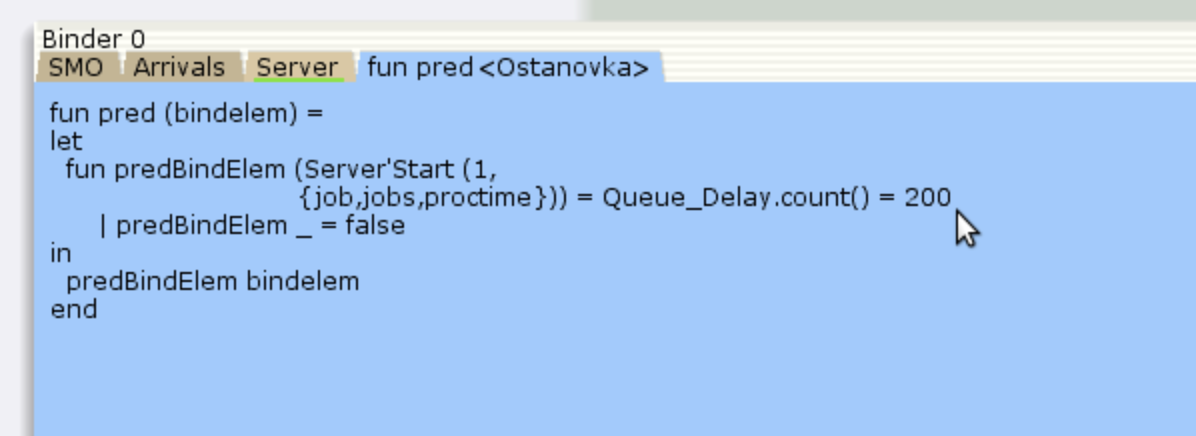


Рис. 8: Функция Predicate монитора Ostanovka

Необходимо определить конструкцию Queue\_Delay.count(). С помощью палитры Monitoring выбираем Data Call и устанавливаем на переходе Start. Появившийся в меню монитор называем Queue Delay (без подчеркивания). Функция Observer выполняется тогда, когда функция предикатора выдаёт значение true. По умолчанию функция выдаёт 0 или унарный минус (~1), подчёркивание обозначает произвольный аргумент. Изменим её так, чтобы получить значение задержки в очереди. Для этого необходимо из текущего времени intTime() вычесть временную метку AT , означающую приход заявки в очередь.

В результате функция примет вид (рис. 9):

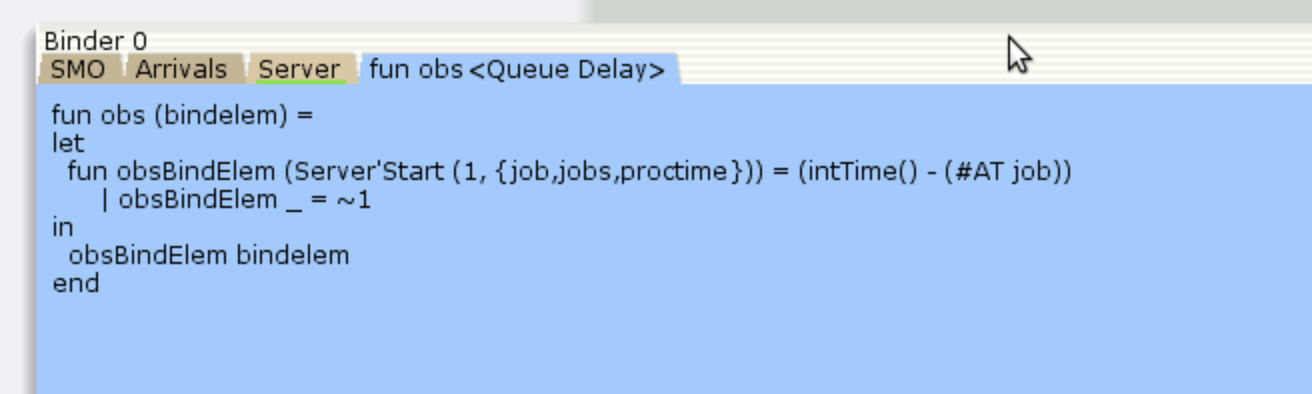


Рис. 9: Функция Observer монитора Queue Delay

После запуска программы на выполнение в каталоге с кодом программы появится файл Queue\_Delay.log (рис. 10), содержащий в первой колонке — значение задержки очереди, во второй — счётчик, в третьей — шаг, в четвёртой — время.

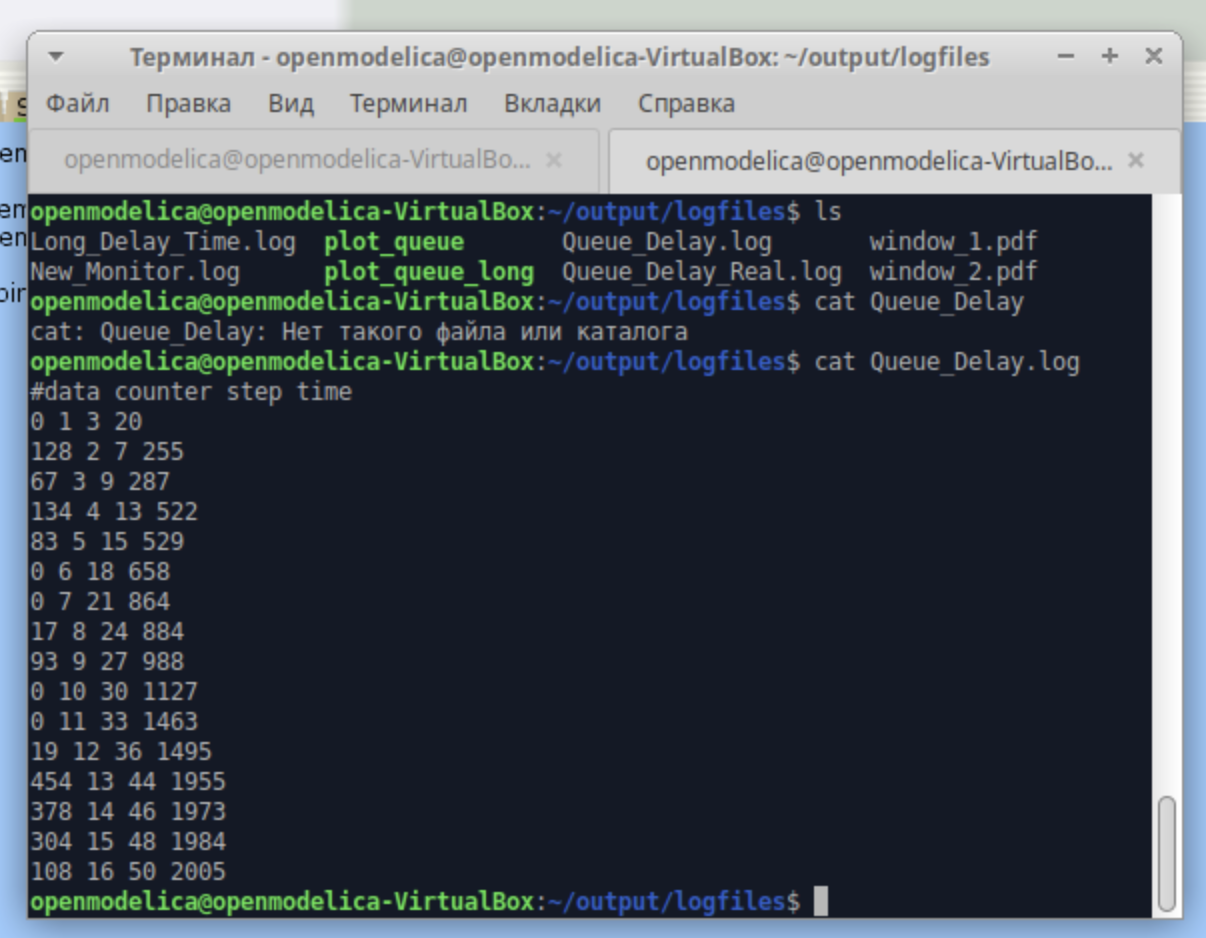


Рис. 10: Файл Queue\_Delay.log

С помощью gnuplot можно построить график значений задержки в очереди (рис. 11), выбрав по оси x время, а по оси y — значения задержки:

#!/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 'window\_1.pdf'  
plot "Queue\_Delay.log" using ($4):($1) with lines

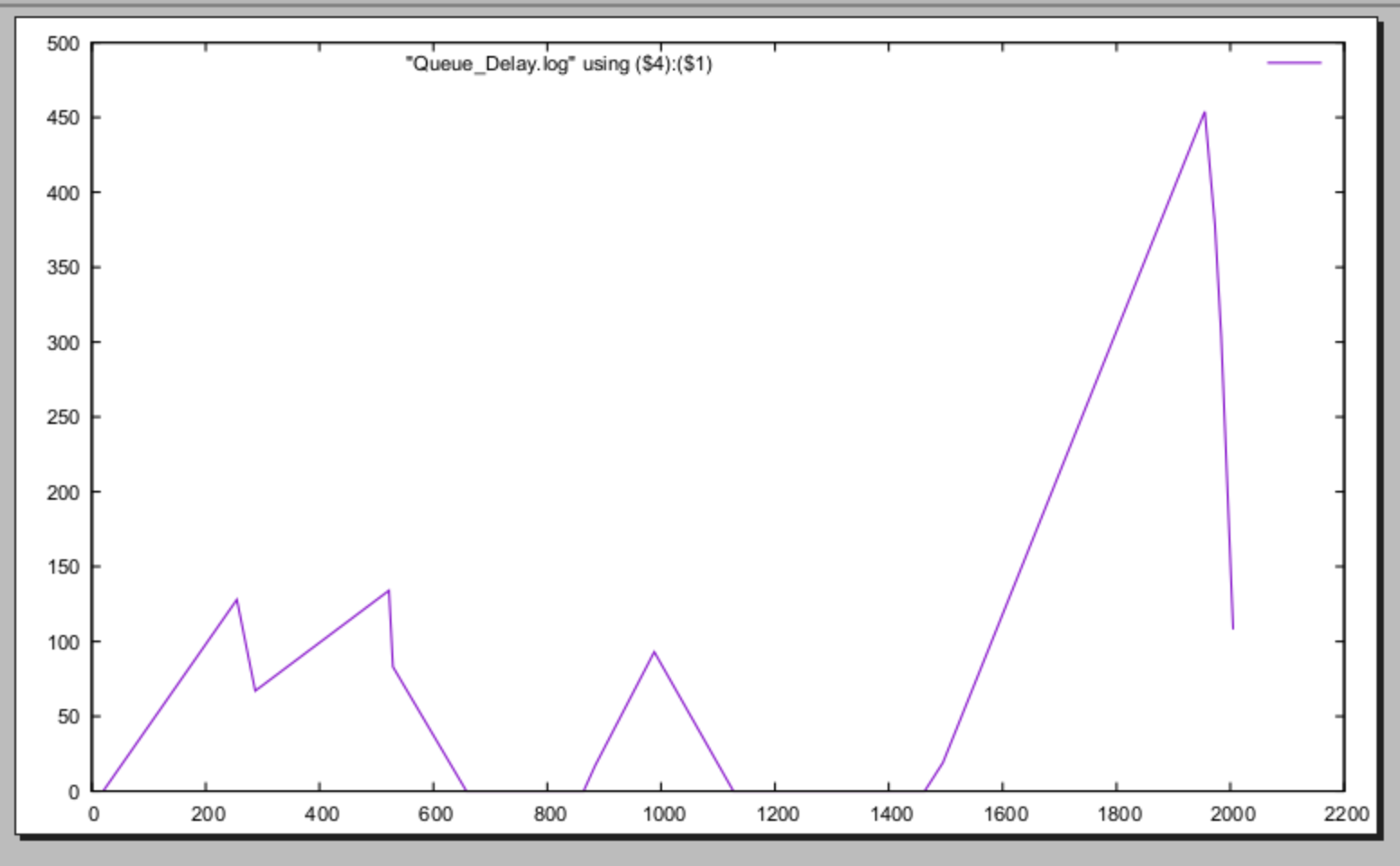


Рис. 11: График изменения задержки в очереди

Посчитаем задержку в действительных значениях. С помощью палитры Monitoring выбираем Data Call и устанавливаем на переходе Start. Появившийся в меню монитор называем Queue Delay Real. Функцию Observer изменим следующим образом(рис. 12):

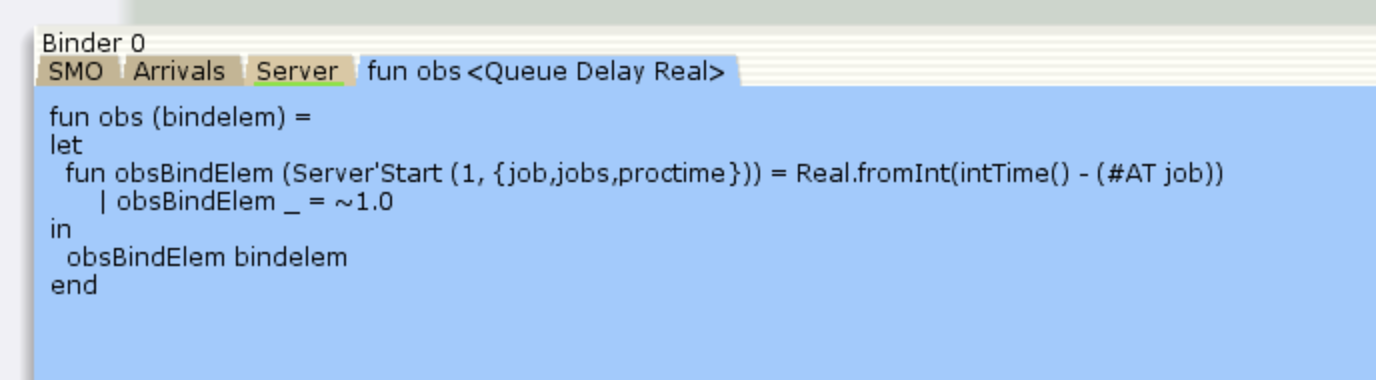


Рис. 12: Функция Observer монитора Queue Delay Real

По сравнению с предыдущим описанием функции добавлено преобразование значения функции из целого в действительное, при этом obsBindElem \_ принимает значение ~1.0. После запуска программы на выполнение в каталоге с кодом программы появится файл Queue\_Delay\_Real.log с содержимым, аналогичным содержимому файла Queue\_Delay.log, но значения задержки имеют действительный тип (рис. 13):

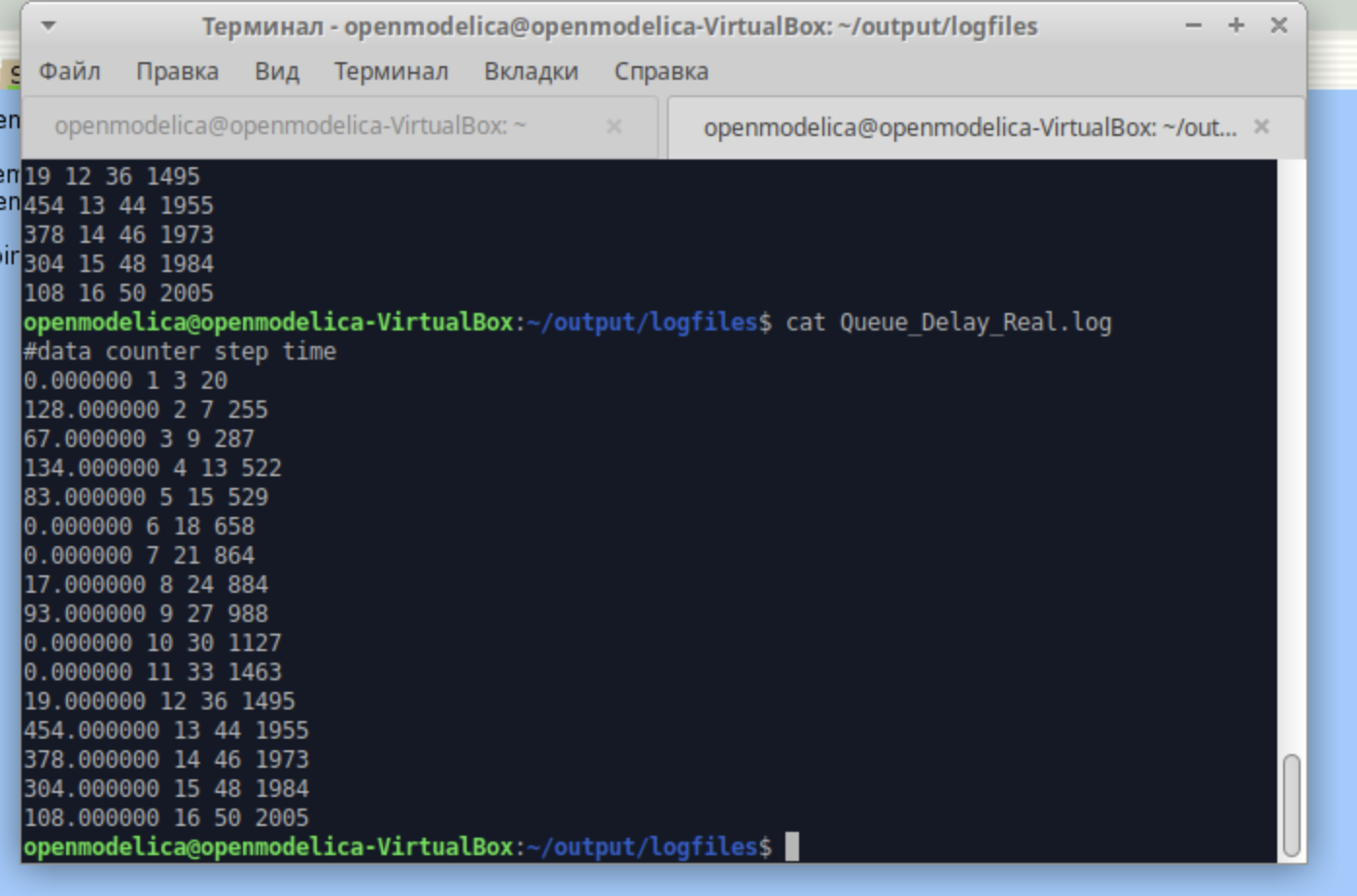


Рис. 13: Содержимое Queue\_Delay\_Real.log

Посчитаем, сколько раз задержка превысила заданное значение. С помощью палитры Monitoring выбираем Data Call и устанавливаем на переходе Start. Монитор называем Long Delay Time. Функцию Observer изменим следующим образом (рис. 14):

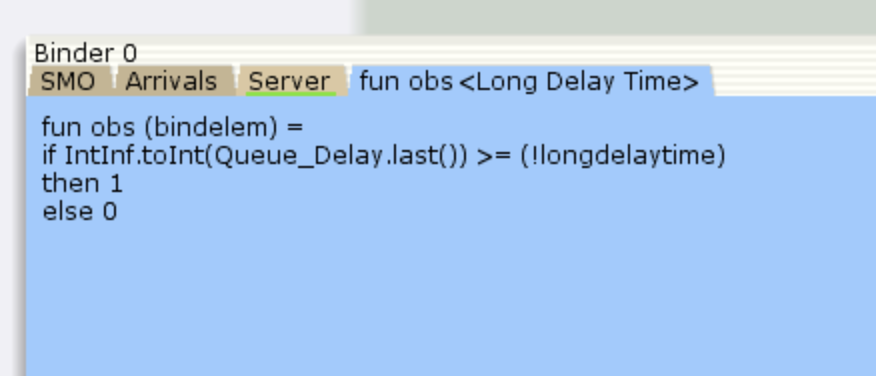


Рис. 14: Функция Observer монитора Long Delay Time

Если значение монитора Queue Delay превысит некоторое заданное значение, то функция выдаст 1, в противном случае — 0. Восклицательный знак означает разыменование ссылки.

При этом необходимо в декларациях задать глобальную переменную (в форме ссылки на число 200) (рис. 15).

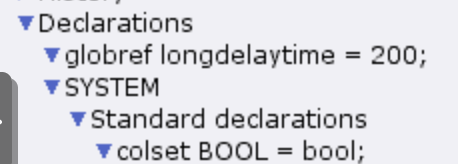


Рис. 15: Определение longdelaytime в декларациях

После запуска программы на выполнение в каталоге с кодом программы появится файл Long\_Delay\_Time.log (рис. 16)

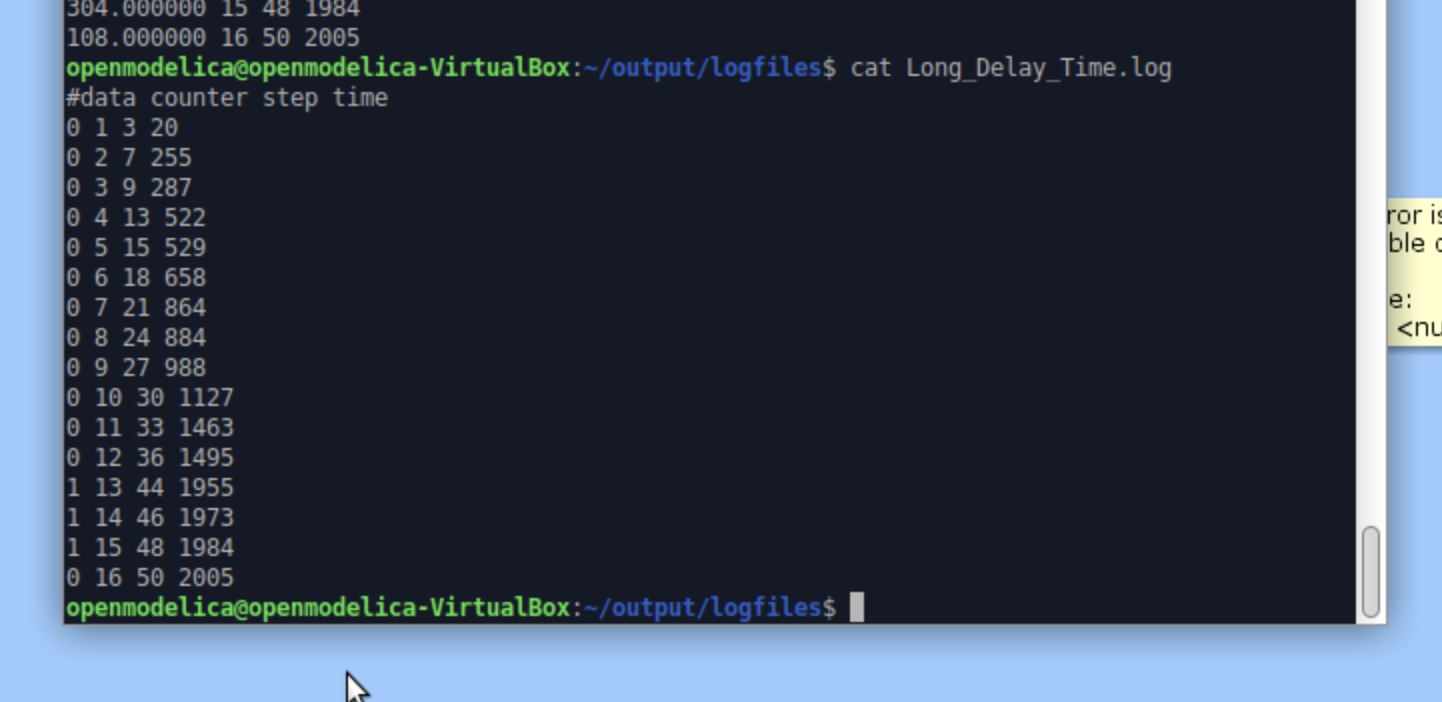


Рис. 16: Содержимое Long\_Delay\_Time.log

С помощью gnuplot можно построить график (рис. 17), демонстрирующий, в какие периоды времени значения задержки в очереди превышали заданное значение 200.

#!/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 'window\_2.pdf'  
plot [0:][0:1.2] "Long\_Delay\_Time.log" using ($4):($1) with lines

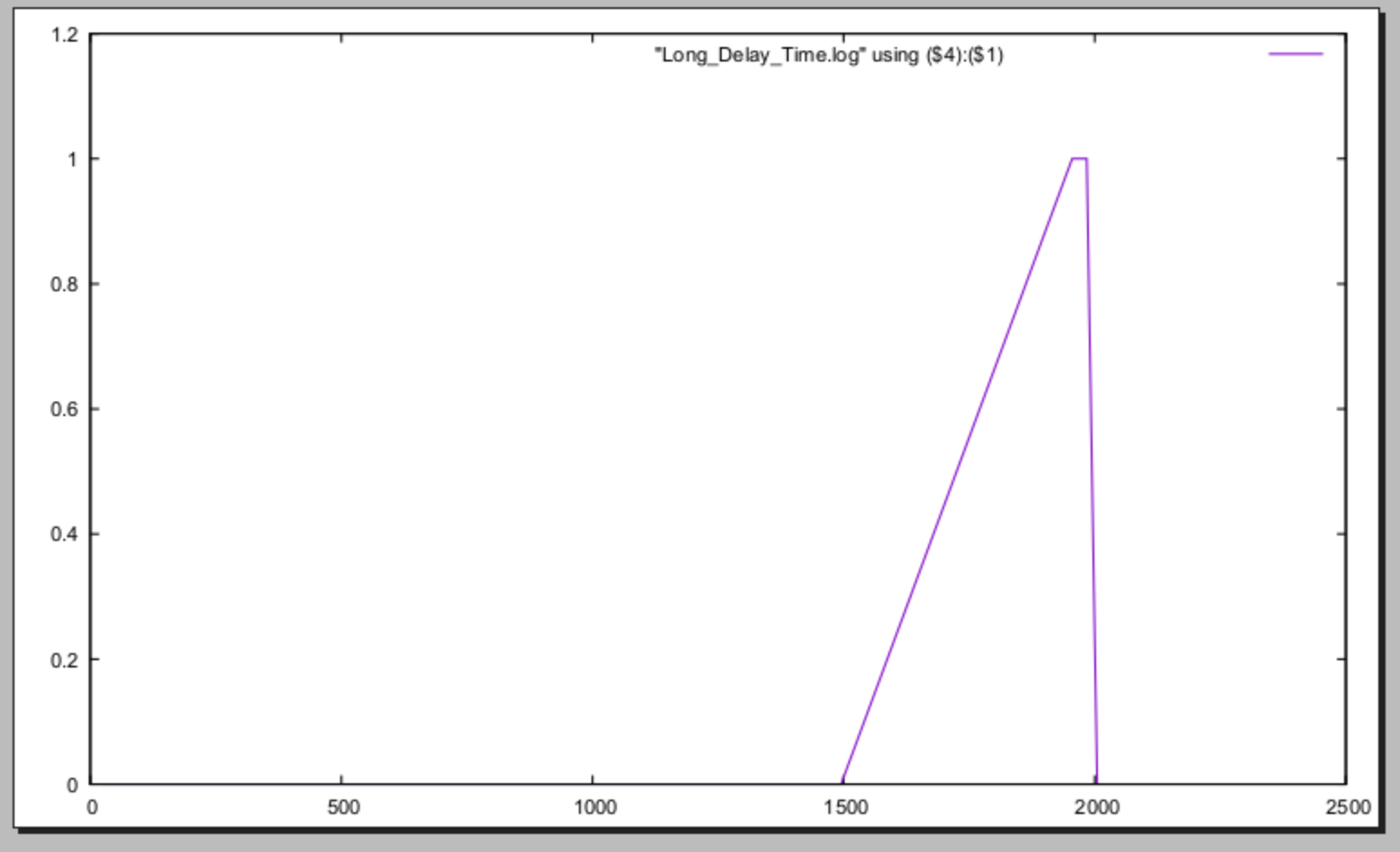


Рис. 17: Периоды времени, когда значения задержки в очереди превышали заданное значение

# 4 Выводы

Мы реализовали модель в *CPN tools*.

# Список литературы

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Лабораторная работа 11. Модель системы массового обслуживания M/M/1/ [Электронный ресурс].

2. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Сети Петри. Моделирование в CPN Tools [Электронный ресурс].