

# **Лабораторная работа №8**

**Модель ТСП/АQM**

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	Теоретическая часть . . . . .	6
3.2	Реализация модели в xcoss . . . . .	7
3.3	Реализация модели в OpenModelica . . . . .	14
<b>4</b>	<b>Выводы</b>	<b>18</b>
	<b>Список литературы</b>	<b>19</b>

# Список иллюстраций

3.1	Ввод переменных окружения . . . . .	7
3.2	Изменение параметров блока “Expression” . . . . .	7
3.3	Изменение параметров блоков интегрирования . . . . .	8
3.4	Изменение параметров блоков интегрирования . . . . .	8
3.5	Изменение параметров блока “Continuous fix delay” . . . . .	9
3.6	Параметры моделирования . . . . .	9
3.7	Параметры блока “CSCOPE” . . . . .	10
3.8	Параметры блока “CSCOPXY” . . . . .	11
3.9	Модель TCP/AQM в xcos . . . . .	11
3.10	Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ (красная) и размера очереди $Q(t)$ (черная) в xcos. $C = 1$ . . . . .	12
3.11	Фазовый портрет $(W, Q)$ в xcos. $C = 1$ . . . . .	12
3.12	Измененные переменные окружения . . . . .	13
3.13	Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ (красная) и размера очереди $Q(t)$ (черная) в xcos. $C = 0.9$ . . . . .	13
3.14	Фазовый портрет $(W, Q)$ в xcos. $C = 0.9$ . . . . .	14
3.15	Реализация модели TCP/AQM в OpenModelica . . . . .	14
3.16	Параметры симуляции в OpenModelica . . . . .	15
3.17	Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ (красная) и размера очереди $Q(t)$ (синия) в OpenModelica. $C = 1$ . . . . .	15
3.18	Фазовый портрет $(W, Q)$ в OpenModelica. $C = 1$ . . . . .	16
3.19	Измененные параметры симуляции в OpenModelica. $C = 0.9$ . . . . .	16
3.20	Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ (красная) и размера очереди $Q(t)$ (синия) в OpenModelica. $C = 0.9$ . . . . .	17
3.21	Фазовый портрет $(W, Q)$ в OpenModelica. $C = 0.9$ . . . . .	17

# 1 Цель работы

Исследовать модель TCP/AQM с помощью программы *xcos* и OpenModelica[1].

## 2 Задание

- реализовать модель TCP/AQM в xcos[2];
- реализовать модель TCP/AQM в OpenModelica;
- построить графики динамики изменения размера TCP окна и размера очереди;
- построить фазовые портреты.

## 3 Выполнение лабораторной работы

### 3.1 Теоретическая часть

Рассмотрим упрощённую модель поведения ТСП-подобного трафика с регулируемой некоторым AQM алгоритмом динамической интенсивностью потока.

$W(t)$  – средний размер ТСП-окна (в пакетах, функция положительна),

$Q(t)$  – средний размер очереди (в пакетах, функция положительна),

$R(t)$  – время двойного оборота (Round Trip Time, сек.)

$C$  – скорость обработки пакетов в очереди (пакетов в секунду)

$N(t)$  – число ТСП-сессий

$p(t - R(t))$  – вероятностная функция сброса (отметки на сброс) пакета, значения которой лежат на интервале  $[0, 1]$ .

Примем  $N(t) \equiv N$ ,  $R(t) \equiv R$ , т. е. указанные величины положим постоянными, не изменяющимися во времени. Также положим  $p(t - R(t)) = KQ(t)$ , т.е. функция сброса пакетов пропорциональна длине очереди  $Q(t)$ .

Тогда получим систему:

$$\dot{W}(t) = \frac{1}{R} - \frac{W(t)W(t-R)}{2R} KQ(t-R)$$

$$\dot{Q}(t) = \begin{cases} \frac{NW(t)}{R} - C, & Q(t) > 0, \\ \max\left(\frac{NW(t)}{R} - C, 0\right), & Q(t) = 0. \end{cases}$$

## 3.2 Реализация модели в xcos

В меню Моделирование, Задать переменные окружения зададим значения переменных (рис. 3.1).

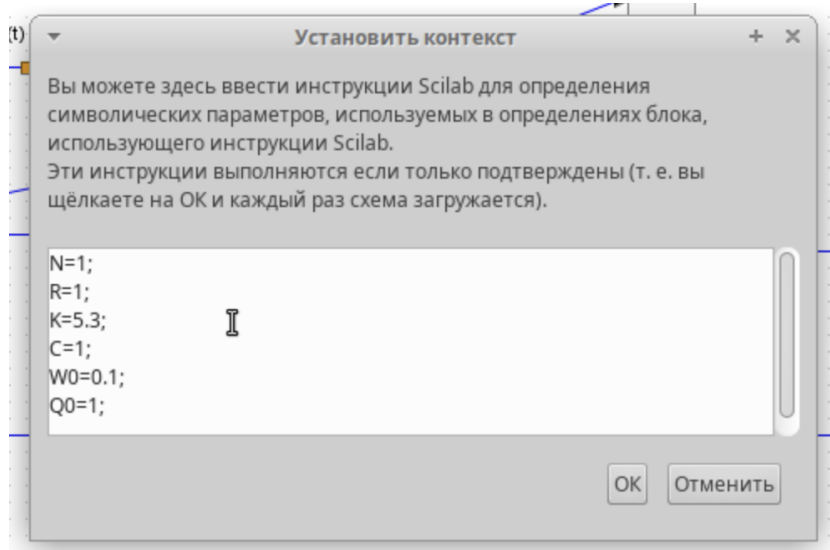


Рис. 3.1: Ввод переменных окружения

Для реализации введем выражение, определяющее  $\dot{Q}(t)$ , в блок Expression (рис. 3.2).

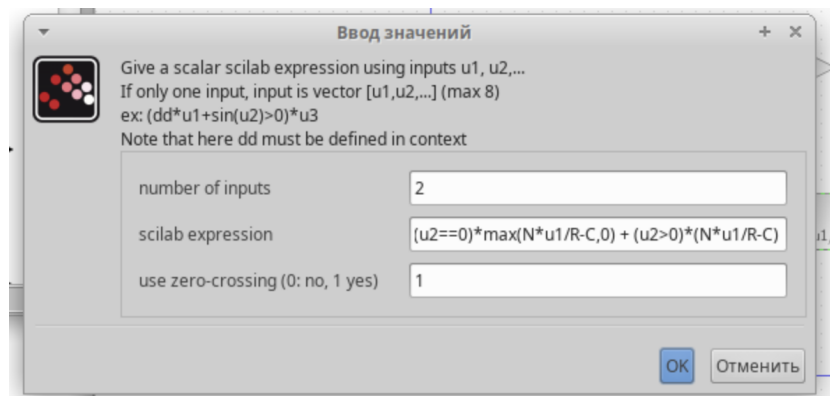


Рис. 3.2: Изменение параметров блока “Expression”

Установим начальные значения в блоках интегрирования (рис. 3.3, 3.4).

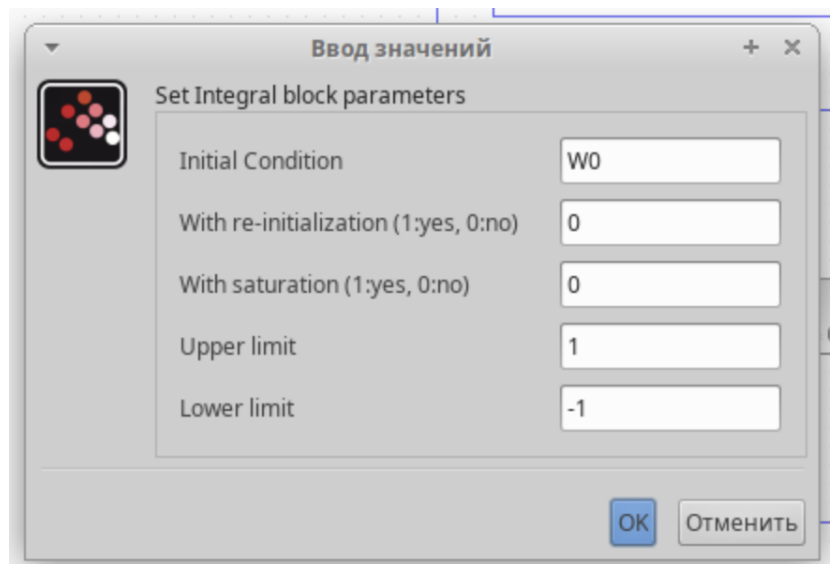


Рис. 3.3: Изменение параметров блоков интегрирования

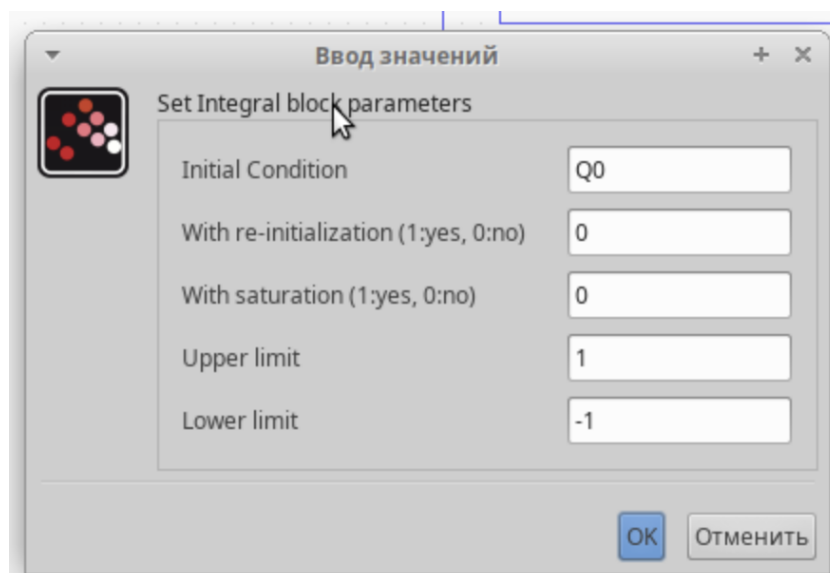


Рис. 3.4: Изменение параметров блоков интегрирования

Установим значение задержки блоков “Continuous fix delay” (рис. 3.5).



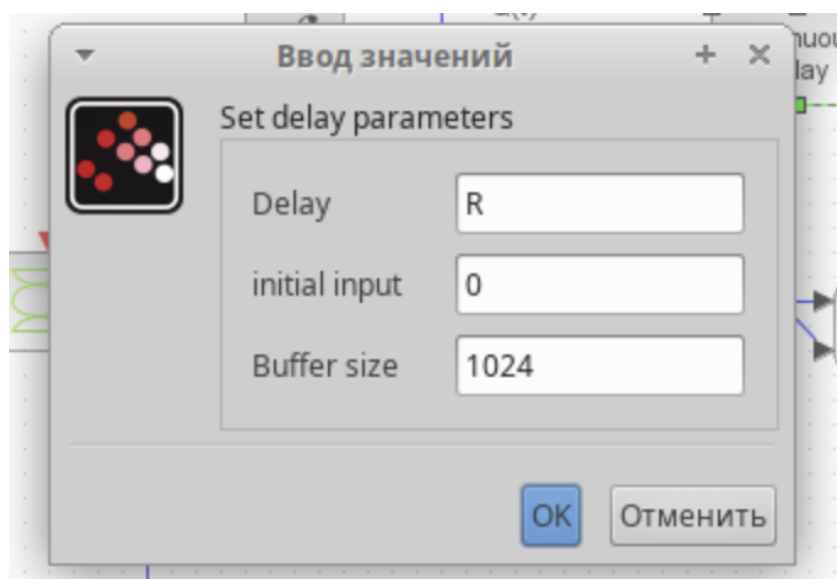


Рис. 3.5: Изменение параметров блока “Continuous fix delay”

Укажем параметры моделирования, зададим конечное время интегрирования.  
(рис. 3.6).

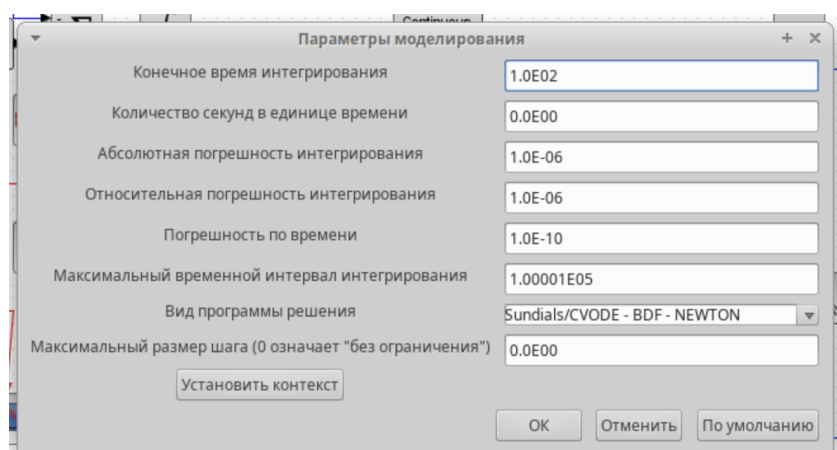


Рис. 3.6: Параметры моделирования

Изменим параметры генерирующих устройств, изменим цвет графиков, масштаб. Так же у блока CSCOPE ставим параметр refresh period = 100(рис. 3.7, 3.8).

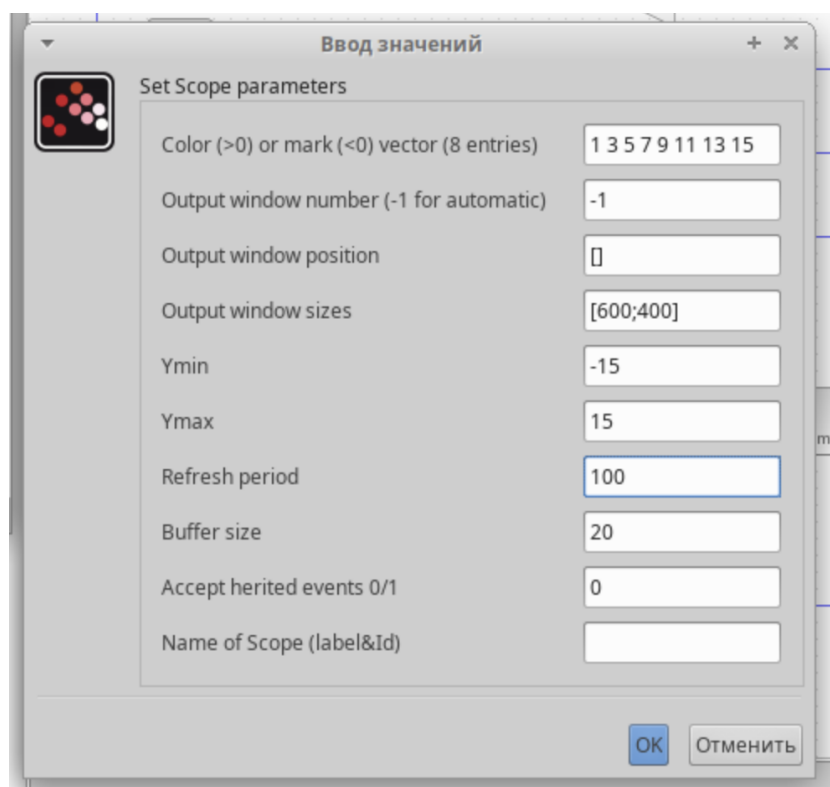


Рис. 3.7: Параметры блока "CSCOPE"



Запустим моделирование и получим следующие графики(рис. 3.10, 3.11). Фазовый портрет показывает наличие автоколебаний параметров системы — фазовая траектория осциллирует вокруг своей стационарной точки.

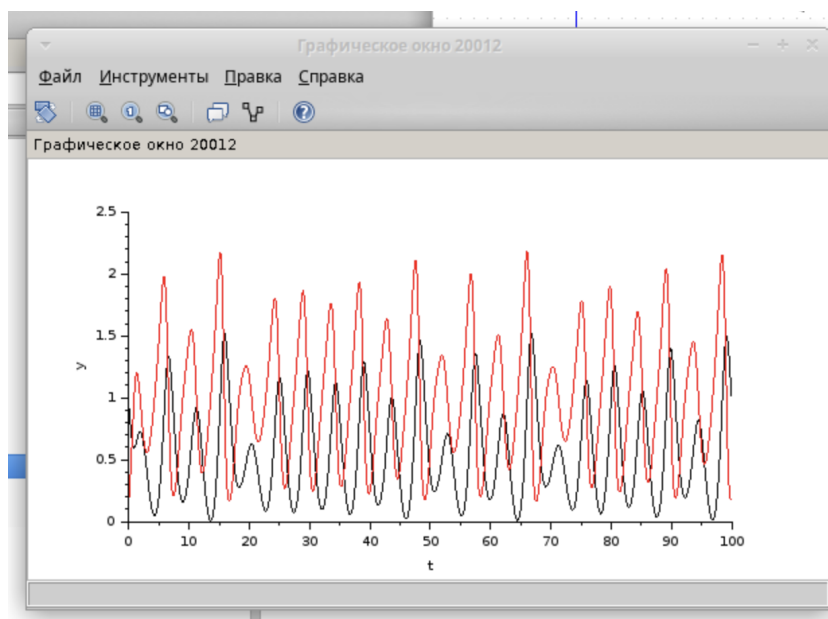


Рис. 3.10: Динамика изменения размера TCP окна  $W(t)$ (красная) и размера очереди  $Q(t)$ (черная) в  $x_{\text{cos}}$ .  $C = 1$

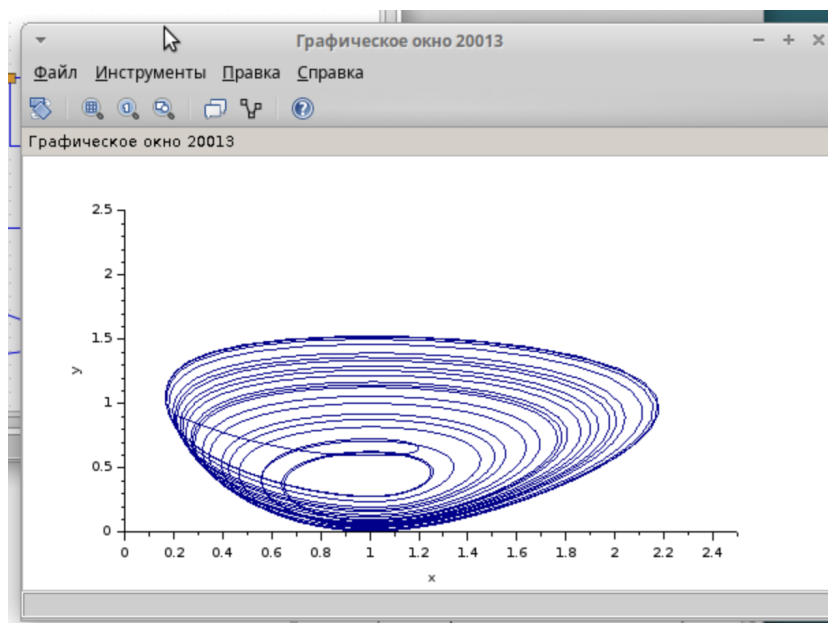


Рис. 3.11: Фазовый портрет  $(W, Q)$  в  $x_{\text{cos}}$ .  $C = 1$

Изменим переменные окружения. Параметр  $C = 0.9$ . (рис. 3.12).

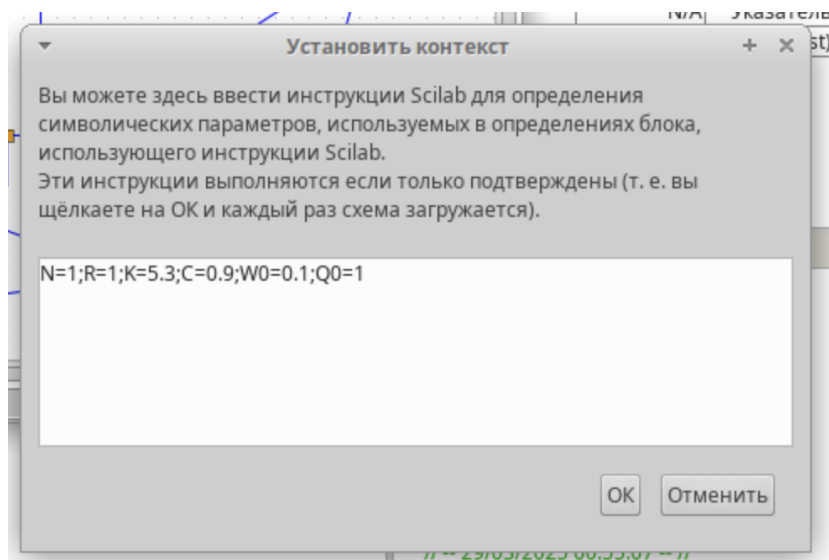


Рис. 3.12: Измененные переменные окружения

Запустим моделирование и получим следующие графики при  $C = 0.9$  (рис. 3.13, 3.14).

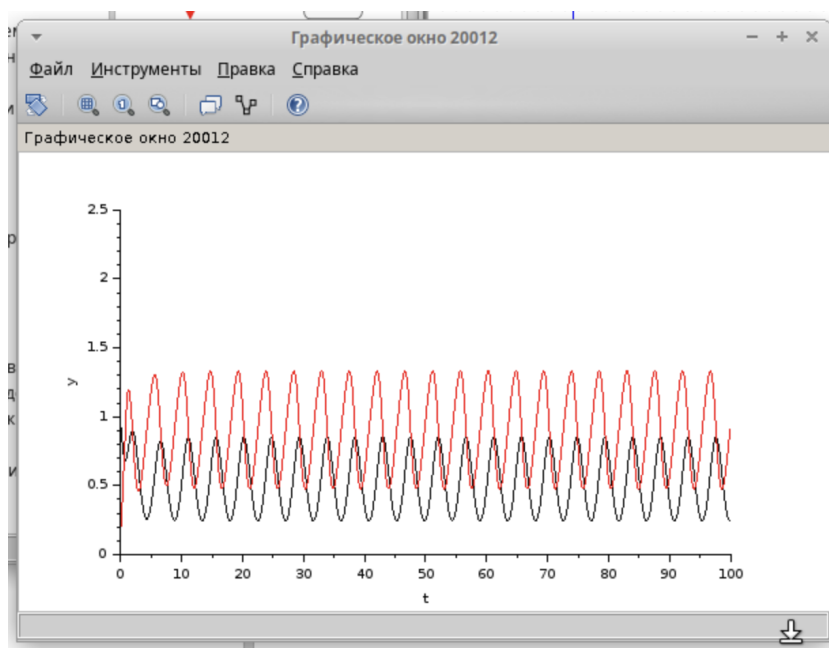


Рис. 3.13: Динамика изменения размера TCP окна  $W(t)$  (красная) и размера очереди  $Q(t)$  (черная) в хсос.  $C = 0.9$

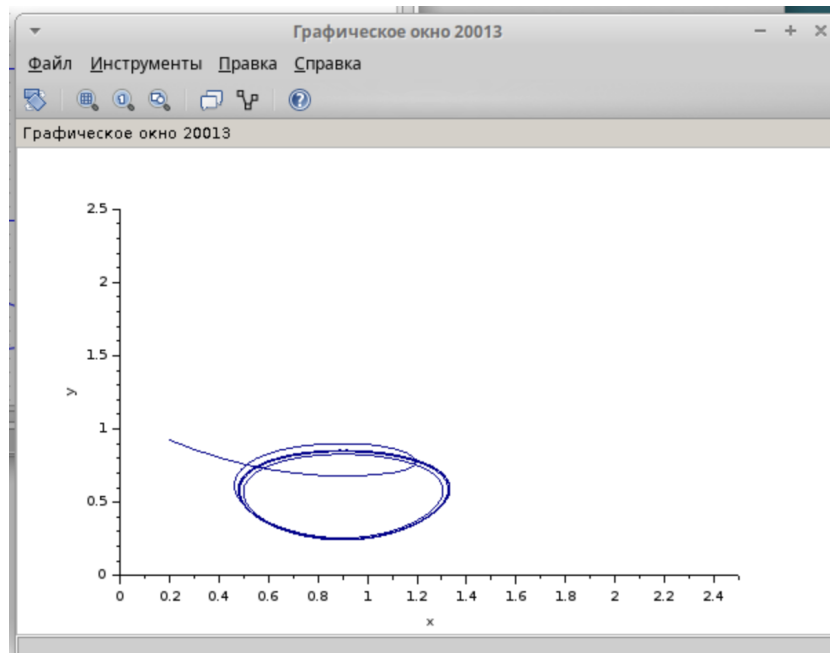


Рис. 3.14: Фазовый портрет (W, Q) в xcos.  $C = 0.9$

### 3.3 Реализация модели в OpenModelica

Перейдем к реализации модели в OpenModelica. Зададим параметры, начальные значения и систему дифференциальных уравнений (рис. 3.15).

```

1  model tcp_aqm
2
3  parameter Real N=1;
4  parameter Real R=1;
5  parameter Real K=5.3;
6  parameter Real C=1;
7  parameter Real W0=0.1;
8  parameter Real Q0=1;
9
10 Real W(start=W0);
11 Real Q(start=Q0);
12
13 equation
14
15 der(W)=1/R-W*delay(W,R)*K*delay(Q,R)/(2*R);
16 der(Q)=if Q > 0 then N*W/R-C else max(N*W/R-C, 0);
17
18 end tcp_aqm;

```

Рис. 3.15: Реализация модели TCP/AQM в OpenModelica

Установим параметры симуляции. (рис. 3.16).

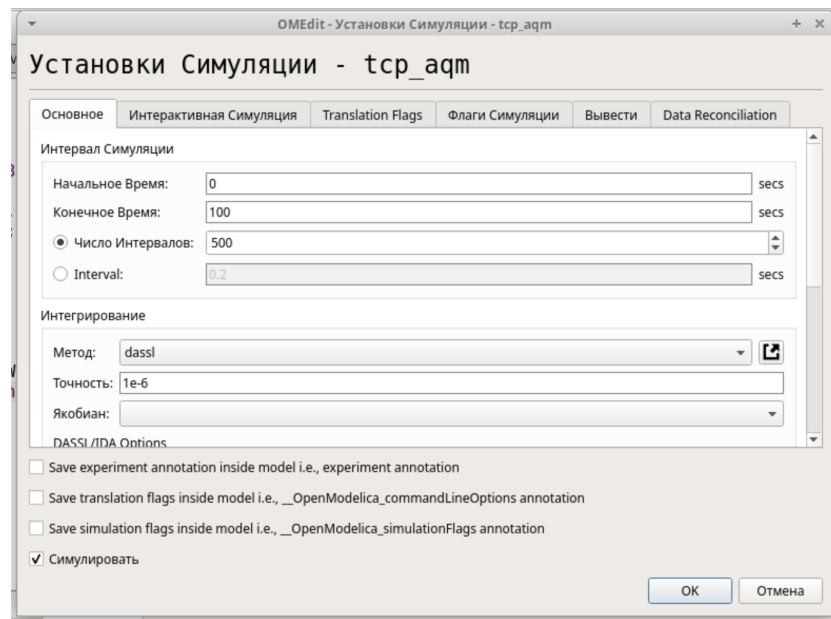


Рис. 3.16: Параметры симуляции в OpenModelica

Результаты моделирования в OpenModelica при  $C = 1$ .

Запустим моделирование и получим следующие графики в OpenModelica при  $C = 1$ . (рис. 3.17, 3.18).

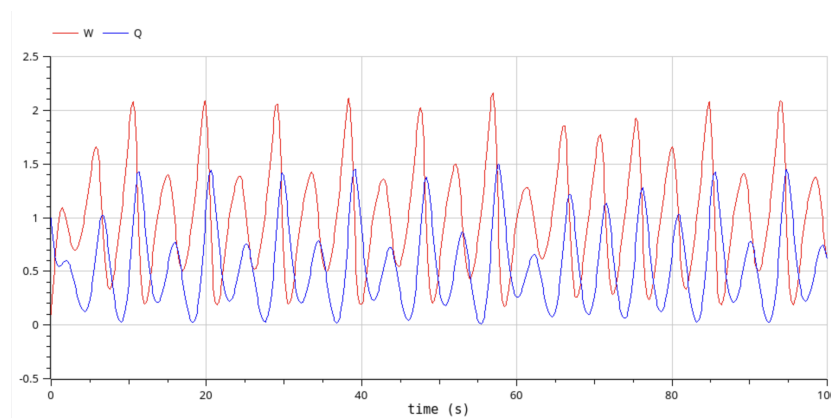


Рис. 3.17: Динамика изменения размера TCP окна  $W(t)$  (красная) и размера очереди  $Q(t)$  (синяя) в OpenModelica.  $C = 1$

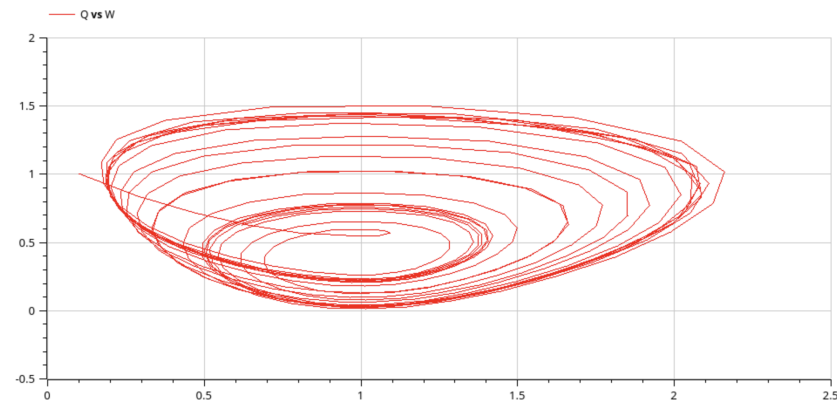


Рис. 3.18: Фазовый портрет (W, Q) в OpenModelica.  $C = 1$

Изменим параметры в OpenModelica. Параметр  $C = 0.9$ . (рис. 3.19).

```

1  model tcp_aqm
2
3  parameter Real N=1;
4  parameter Real R=1;
5  parameter Real K=5.3;
6  parameter Real C=0.9;
7  parameter Real W0=0.1;
8  parameter Real Q0=1;
9
10 Real W(start=W0);
11 Real Q(start=Q0);
12
13 equation
14
15 der(W)=1/R-W*delay(W,R)*K*delay(Q,R)/(2*R);
16 der(Q)=if Q > 0 then N*W/R-C else max(N*W/R-C, 0);
17
18 end tcp_aqm;

```

Рис. 3.19: Измененные параметры симуляции в OpenModelica.  $C = 0.9$

И получим следующие графики. (рис. 3.20, 3.21).



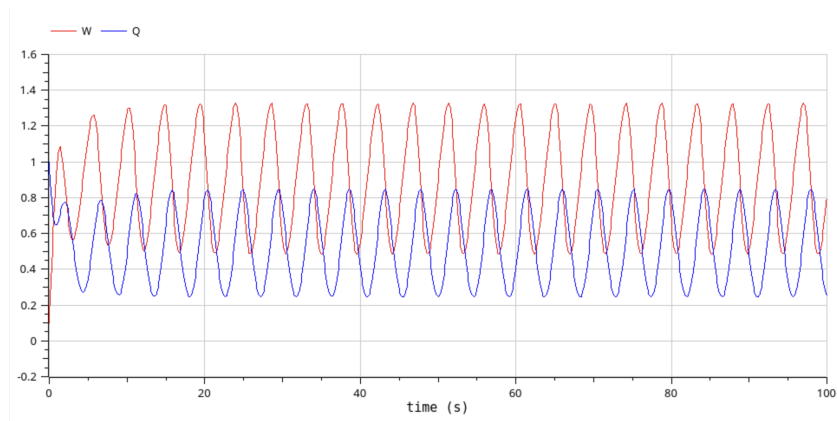


Рис. 3.20: Динамика изменения размера TCP окна  $W(t)$ (красная) и размера очереди  $Q(t)$ (синия) в OpenModelica.  $C = 0.9$

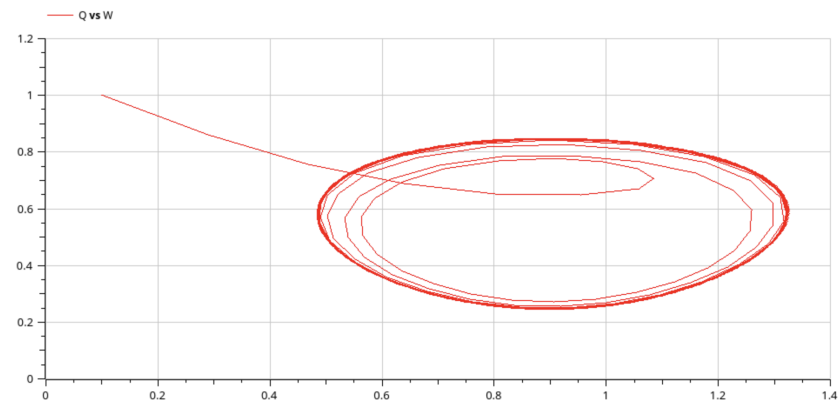


Рис. 3.21: Фазовый портрет  $(W, Q)$  в OpenModelica.  $C = 0.9$

## 4 Выводы

Мы исследовали модель TCP/AQM с помощью программы *xcos* и OpenModelica.

## Список литературы

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Лабораторная работа №8. Модель TCP/AQM [Электронный ресурс].
2. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Компонентное моделирование. Scilab, подсистема xcos [Электронный ресурс].