

# **Лабораторная работа №8**

**Модель TCP/AQM**

Ендонова Арюна Валерьевна

# Содержание

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Цель работы</b>                         | <b>4</b>  |
| <b>Задание</b>                             | <b>5</b>  |
| <b>Выполнение лабораторной работы</b>      | <b>6</b>  |
| Реализация в xcos . . . . .                | 6         |
| Реализация модели в OpenModelica . . . . . | 9         |
| <b>Выводы</b>                              | <b>11</b> |
| <b>Список литературы</b>                   | <b>12</b> |

## Список иллюстраций

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Установка контекста . . . . .   | 6  |
| 2 | Модель TCP/AQM в xcos . . . . .   | 7  |
| 3 | Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ и размера очереди $Q(t)$ . .                         | 7  |
| 4 | Фазовый портрет $(W, Q)$ . . . . .  | 8  |
| 5 | Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ и размера очереди $Q(t)$ при $C = 0.9$ . . . . .     | 8  |
| 6 | Фазовый портрет $(W, Q)$ при $C = 0.9$ . . . . .  | 9  |
| 7 | Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ и размера очереди $Q(t)$ .<br>OpenModelica . . . . . | 10 |
| 8 | Фазовый портрет $(W, Q)$ . OpenModelica . . . . .   | 10 |

## Цель работы

Реализовать модель TCP/AQM в xcos и OpenModelica.

## Задание

1. Построить модель TCP/AQM в xcos;
2. Построить графики динамики изменения размера TCP окна  $W(t)$  и размера очереди  $Q(t)$ ;
3. Построить модель TCP/AQM в OpenModelica;

# Выполнение лабораторной работы

## Реализация в хcos

Построим схему хcos, моделирующую нашу систему, с начальными значениями параметров  $N = 1, R = 1, K = 5.3, C = 1, W(0) = 0.1, Q(0) = 1$ . Для этого сначала зададим переменные окружения (рис. [-@fig:001]).

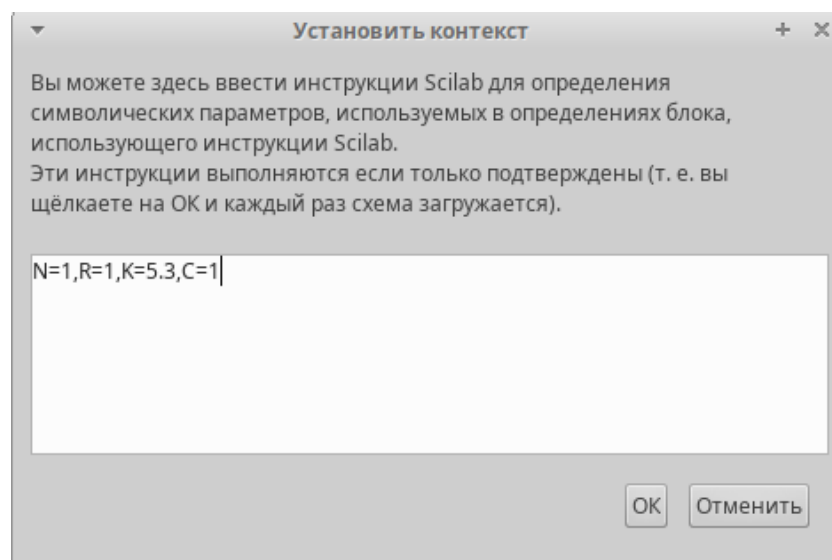


Рис. 1: Установка контекста

Затем реализуем модель TCP/AQM, разместив блоки интегрирования, суммирования, произведения, констант, а также регистрирующие устройства (рис. [-@fig:002]):

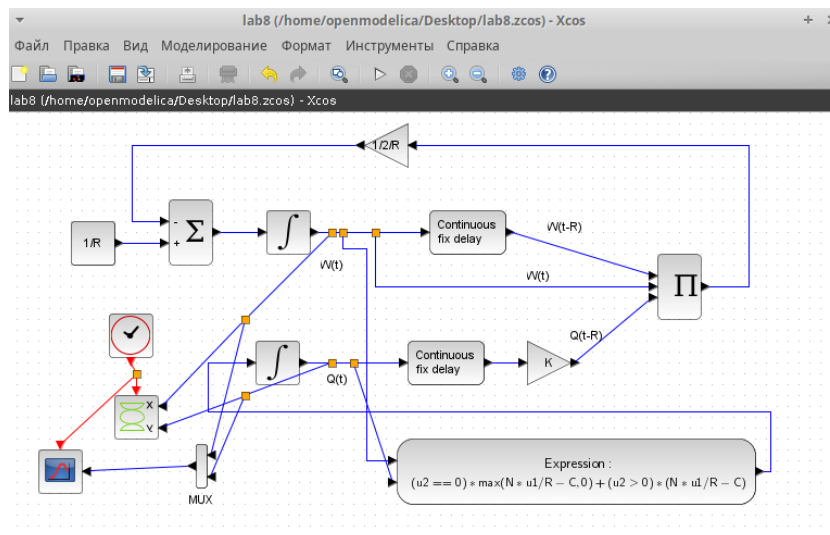


Рис. 2: Модель TCP/AQM в xcos

В результате получим динамику изменения размера TCP окна  $W(t)$  (зеленая линия) и размера очереди  $Q(t)$  (черная линия), а также фазовый портрет, который показывает наличие автоколебаний параметров системы — фазовая траектория осциллирует вокруг своей стационарной точки (рис. [-@fig:003], [-@fig:004]):

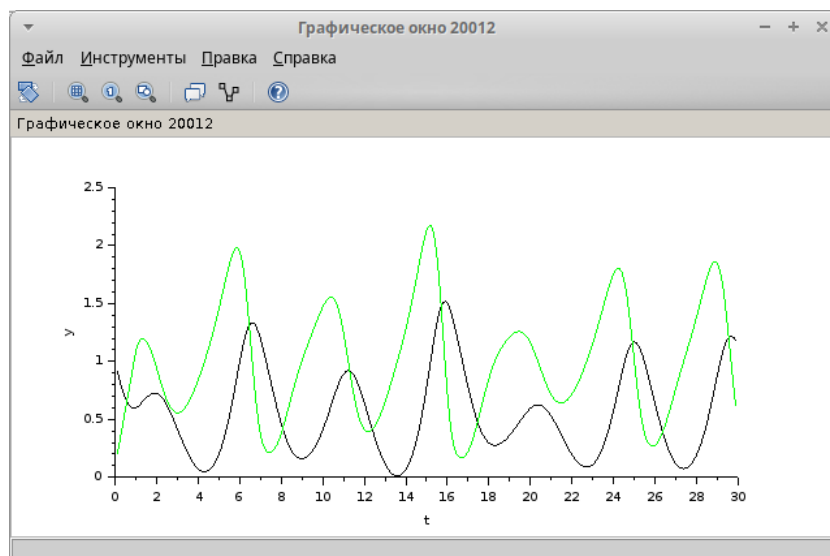


Рис. 3: Динамика изменения размера TCP окна  $W(t)$  и размера очереди  $Q(t)$

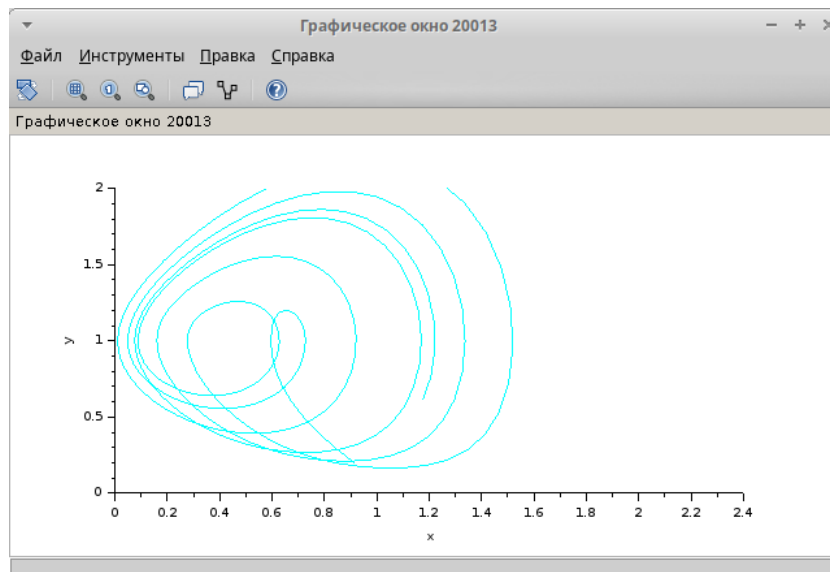


Рис. 4: Фазовый портрет (W, Q)

Уменьшив скорость обработки пакетов  $C$  до 0.9 увидим, что автоколебания стали более выраженными (рис. [-@fig:005], [-@fig:006]).

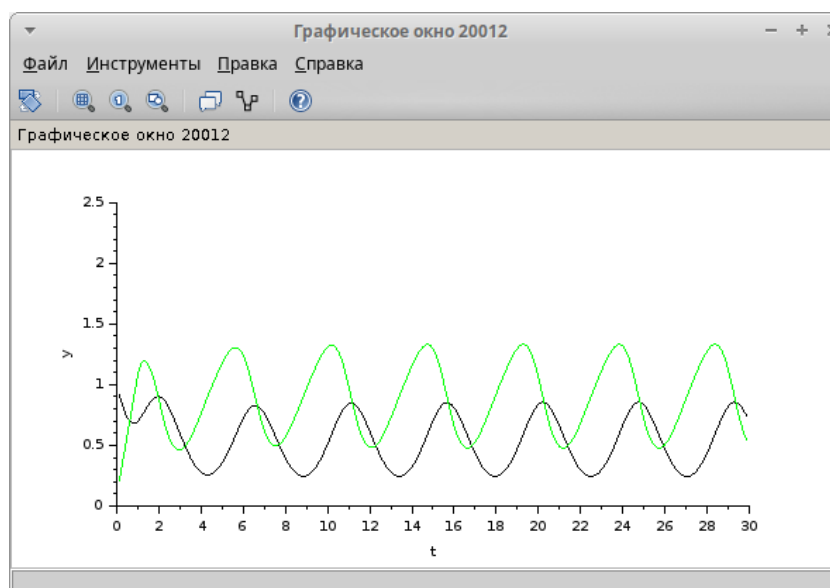


Рис. 5: Динамика изменения размера TCP окна  $W(t)$  и размера очереди  $Q(t)$  при  $C = 0.9$



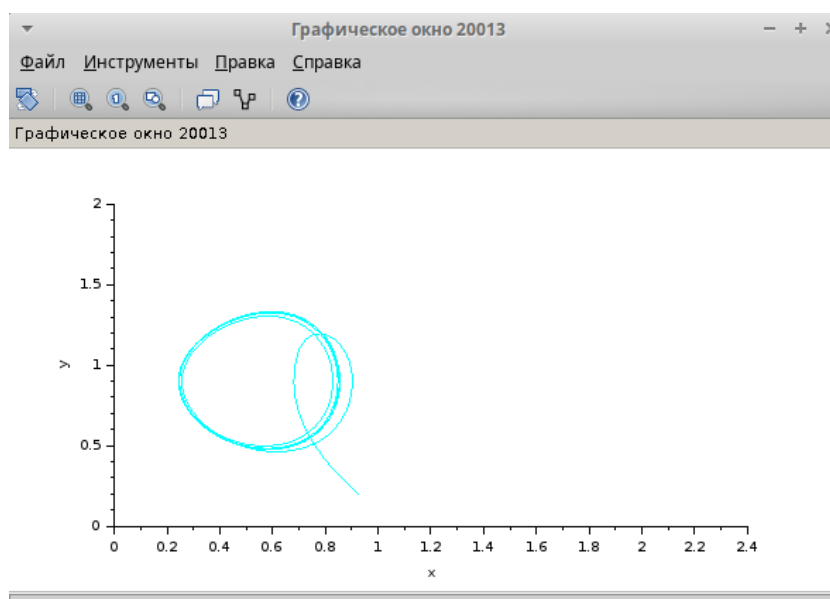


Рис. 6: Фазовый портрет (W, Q) при  $C = 0.9$

## Реализация модели в OpenModelica

Перейдем к реализации модели в OpenModelica. Зададим параметры, начальные значения и систему уравнений.

```
parameter Real N=1;
```

```
parameter Real R=1;
```

```
parameter Real K=5.3;
```

```
parameter Real C=1;
```

```
Real W(start=0.1);
```

```
Real Q(start=1);
```

```
equation
```

```
der(W)= 1/R - W*delay(W, R)/(2*R)*K*delay(Q, R);
```

```
der(Q)= if (Q==0) then max(N*W/R-C,0) else (N*W/R-C);
```

Выполнив симуляцию, получим динамику изменения размера TCP окна  $W(t)$  (зеленая линия) и размера очереди  $Q(t)$  (черная линия), а также фазовый портрет, который показывает наличие автоколебаний параметров системы — фазовая траектория осциллирует вокруг своей стационарной точки (рис. [-@fig:007], [-@fig:008]).

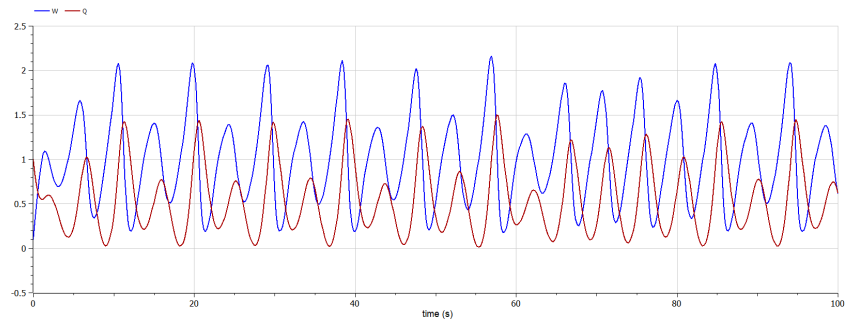


Рис. 7: Динамика изменения размера TCP окна  $W(t)$  и размера очереди  $Q(t)$ .  
OpenModelica

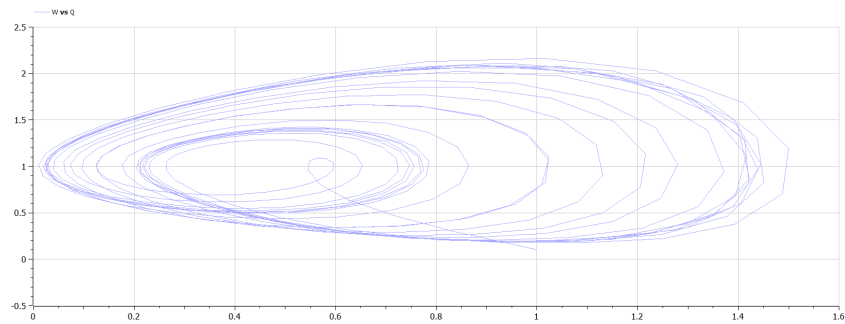


Рис. 8: Фазовый портрет  $(W, Q)$ . OpenModelica

## **Выводы**

В процессе выполнения данной лабораторной работы я реализовала модель TCP/AQM в xcos и OpenModelica.

## Список литературы

1. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Руководство к лабораторной работе №8. Модель TCP/AQM. – Москва, 2025. – 82 с.
2. Васенин В.А., Симонова Г.И. Математические модели управления трафиком в интернет: новые подходы на основе схем TCP/AQM // Автоматика и телемеханика. 2005. № 8. С. 94–107; Autom. Remote Control. 66:8 (2005). С. 1274–1286.
3. Батыр С.С., Хорхордин А.В. Построение модели сети передачи данных для исследования технологии AQM.
4. Approximation models for the evaluation of TCP/AQM networks // Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences. 2022. Vol. 70(4). Article number: e141986.
5. Hotchi R. Active Queue Management Supporting TCP Flows Using Disturbance Observer and Smith Predictor. January 2020.