

Лабораторная работа №8

Модель TCP/AQM

Кадров Виктор Максимович

29 марта 2025

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия

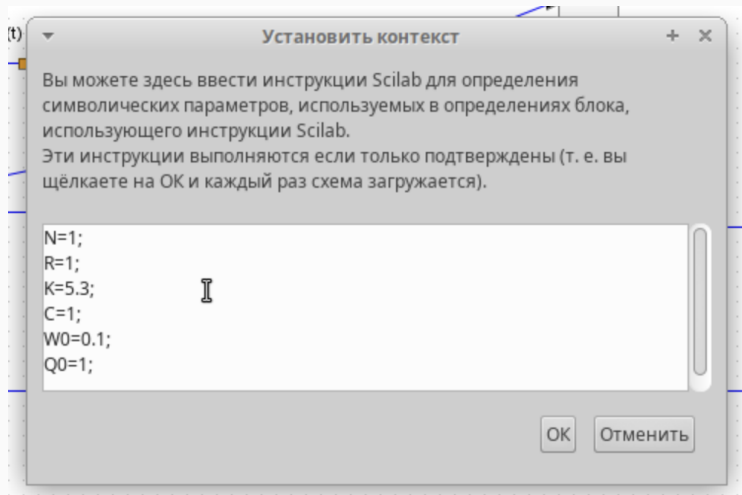
Исследовать модель TCP/AQM с помощью программы xcos и OpenModelica.

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

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

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

В меню Моделирование, Задать переменные окружения зададим значения переменных.



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

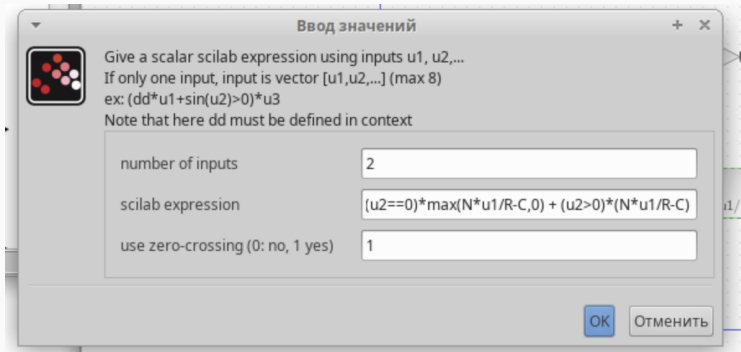
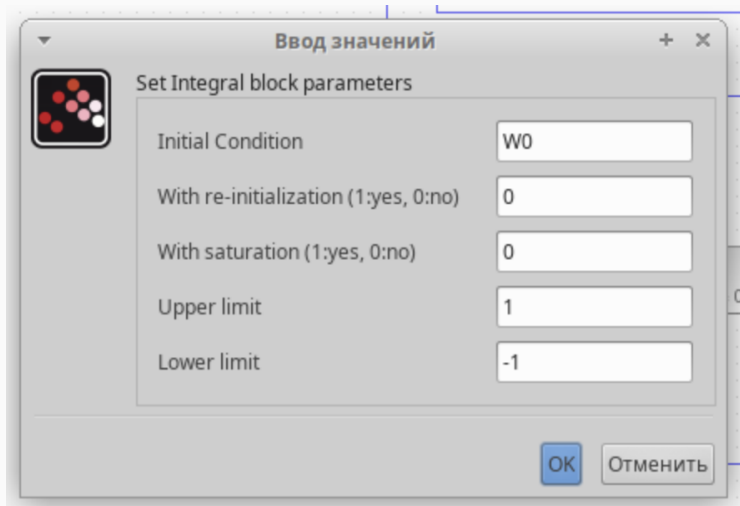


Рис. 2: Изменение параметров блока “Expression”

Установим начальные значения в блоках интегрирования.



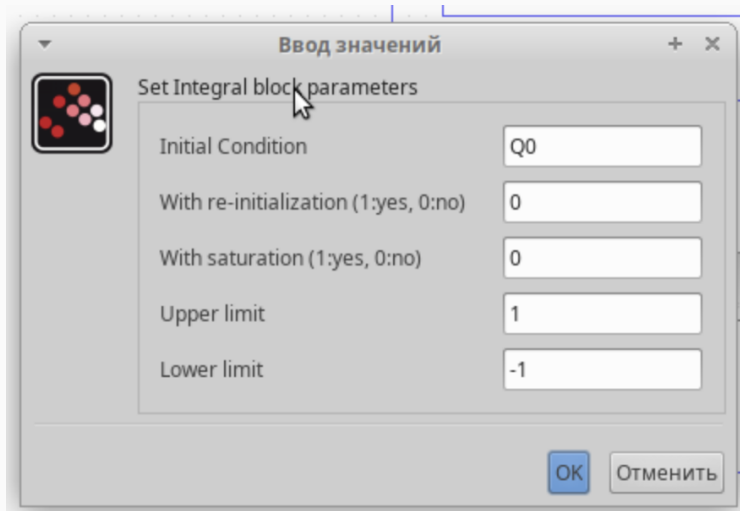


Рис. 4: Изменение параметров блоков интегрирования

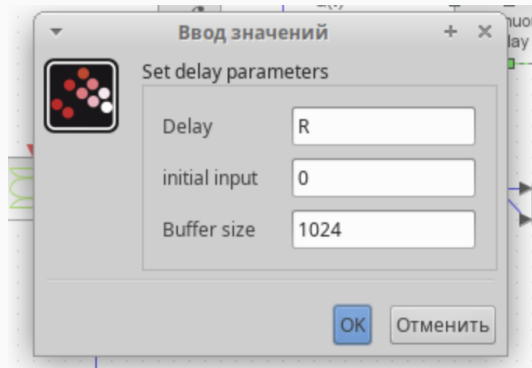


Рис. 5: Изменение параметров блока "Continuous fix delay"

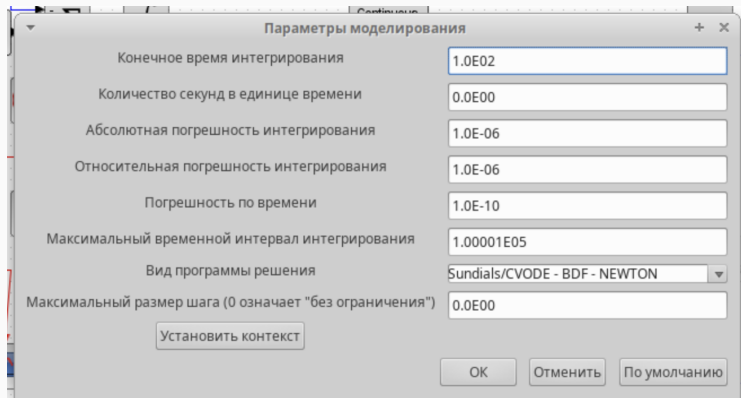


Рис. 6: Параметры моделирования

Изменим параметры генерирующих устройств, изменим цвет графиков, масштаб. Так же у блока CSCOPE ставим параметр **refresh period** = 100.

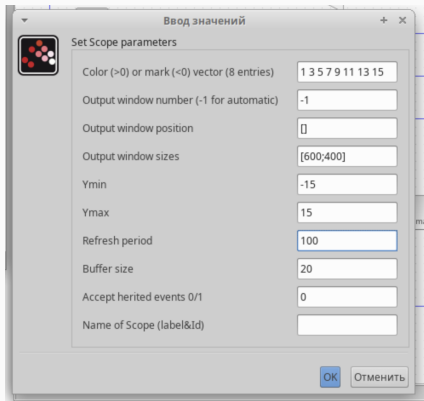


Рис. 7: Параметры блока "CSCOPE"

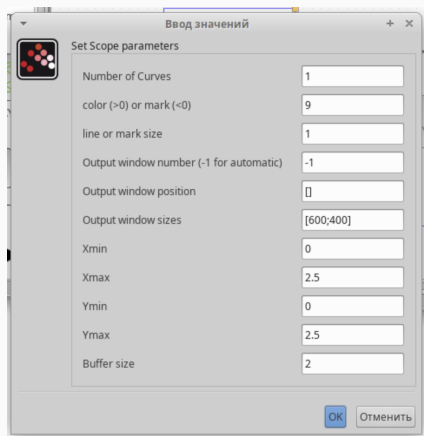


Рис. 8: Параметры блока "CSCOPXY"

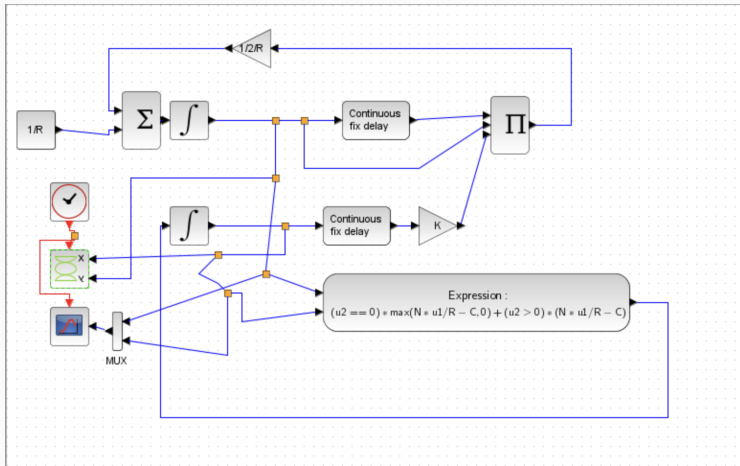


Рис. 9: Модель TCP/AQM в xcos

Результаты моделирования в хcos при $C = 1$

Запустим моделирование и получим следующие графики.

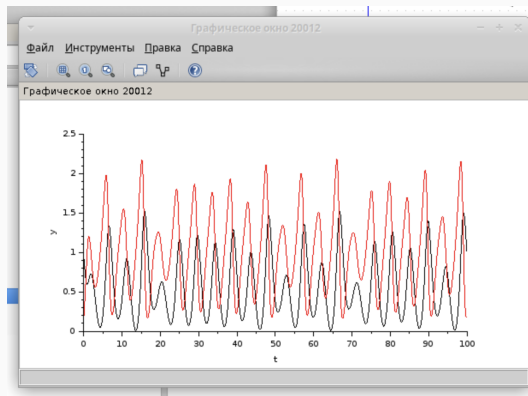


Рис. 10: Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ (красная) и размера очереди $Q(t)$ (черная) в хcos. $C = 1$

Результаты моделирования в xcos при $C = 1$

Фазовый портрет показывает наличие автоколебаний параметров системы — фазовая траектория осциллирует вокруг своей стационарной точки.

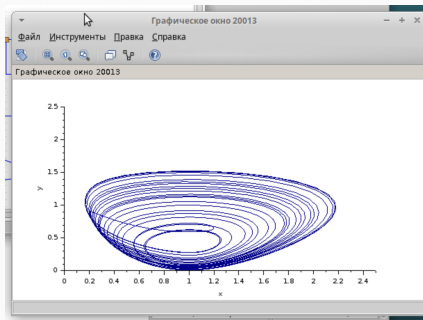


Рис. 11: Фазовый портрет (W , Q) в xcos. $C = 1$

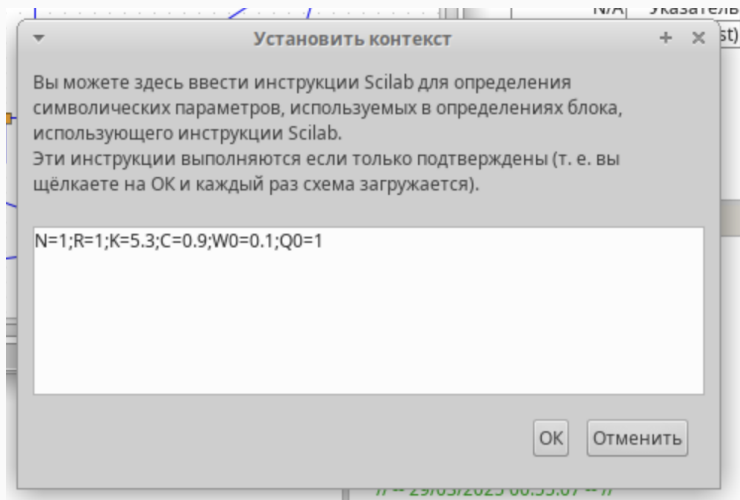


Рис. 12: Измененные переменные окружения

Результаты моделирования в xcos при $C = 0.9$

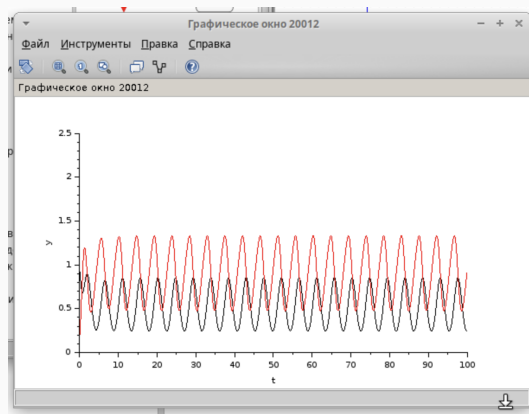


Рис. 13: Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ (красная) и размера очереди $Q(t)$ (черная) в xcos. $C = 0.9$

Результаты моделирования в xcos при $C = 0.9$

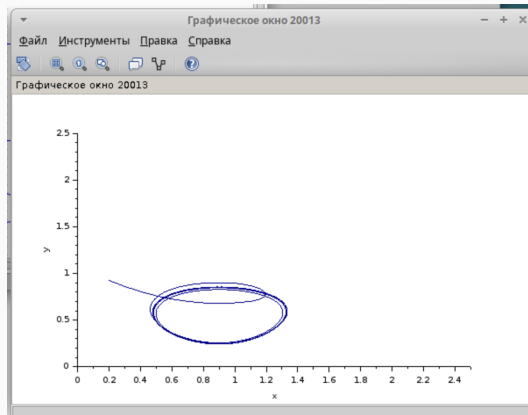
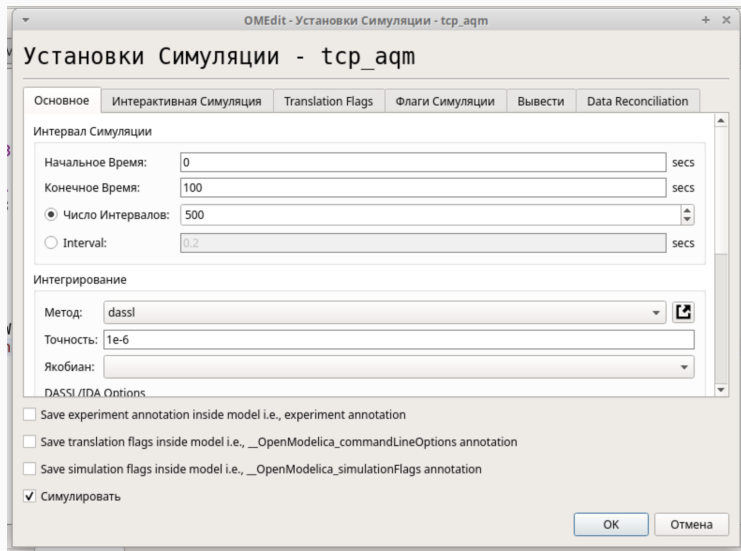


Рис. 14: Фазовый портрет (W, Q) в xcos. $C = 0.9$

```
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. 15: Реализация модели TCP/AQM в OpenModelica

Реализация модели в OpenModelica



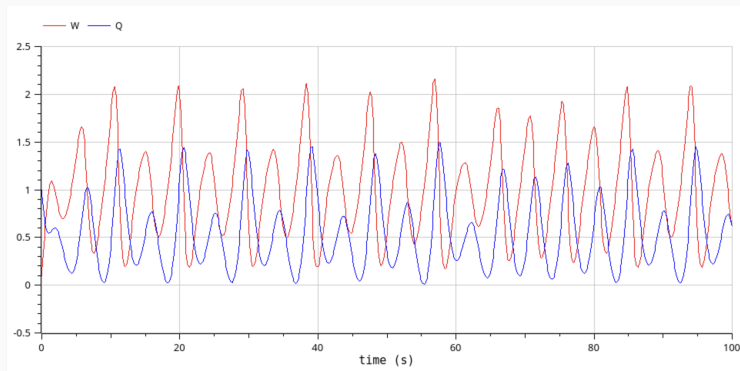


Рис. 17: Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ (синяя) и размера очереди $Q(t)$ (красная) в OpenModelica. $C = 1$

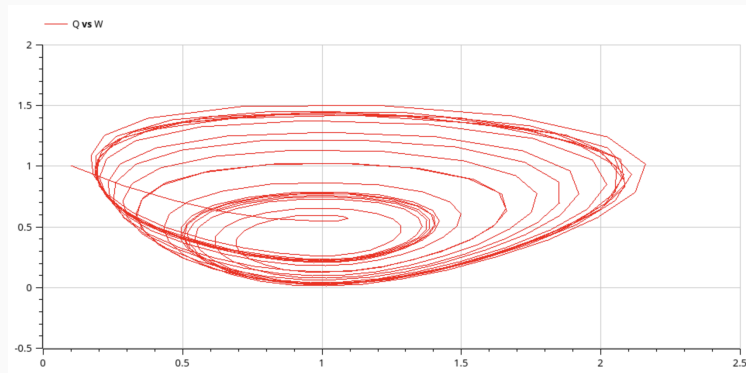


Рис. 18: Фазовый портрет (W, Q) в OpenModelica. $C = 1$

```
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. 19: Измененные параметры симуляции в OpenModelica. $C = 0.9$

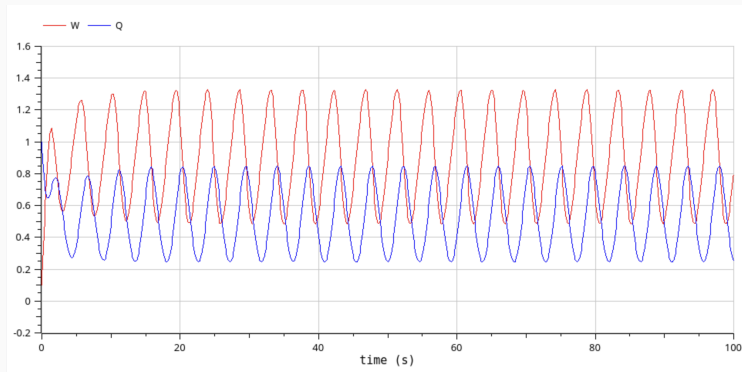


Рис. 20: Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ (синяя) и размера очереди $Q(t)$ (красная) в OpenModelica. $C = 0.9$

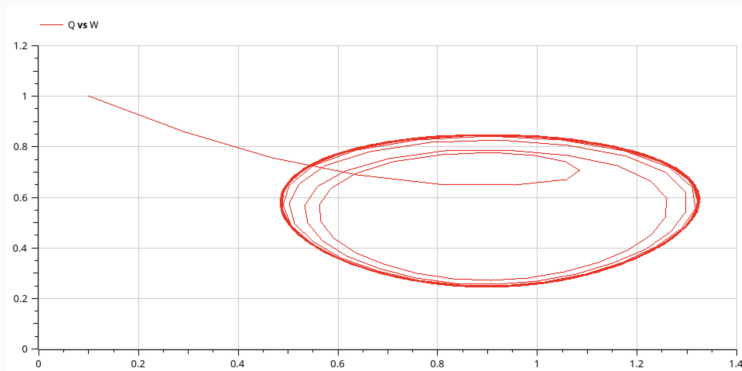


Рис. 21: Фазовый портрет (W, Q) в OpenModelica. $C = 0.9$

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