

Презентация по лабораторной работе №8

Модель *TCP/AQM*

Ибатулина Д.Э.

25 марта 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Информация

- Ибатулина Дарья Эдуардовна
- студентка группы НФИбд-01-22
- Российский университет дружбы народов
- 1132226434@rudn.ru
- <https://deibatulina.github.io>



Вводная часть

Тема моделирования различных процессов, происходящих в мире, актуальна, поскольку позволяет найти решения для их оптимизации.

- Модель *TCP/AQM*
- Программное обеспечение для моделирования (xcos), OpenModelica

Цель: Реализовать модель *TCP/AQM* в *xcos* и *OpenModelica*.

Задачи:

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*.

Основная часть

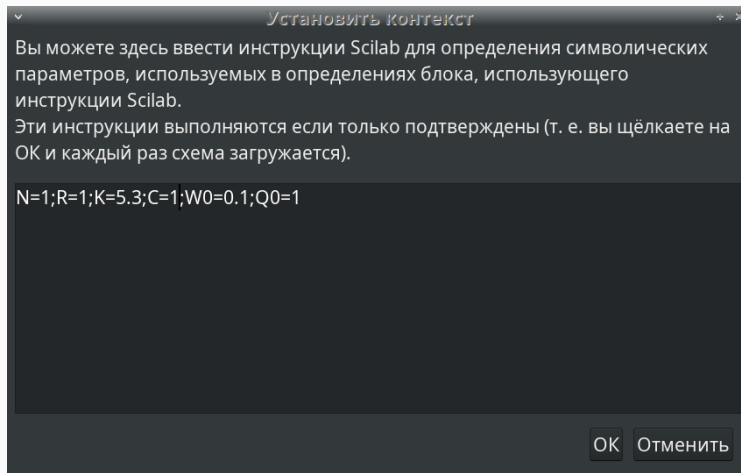
Система ДУ для описания модели *TCP/AQM*:

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

{#eq:eq:W}

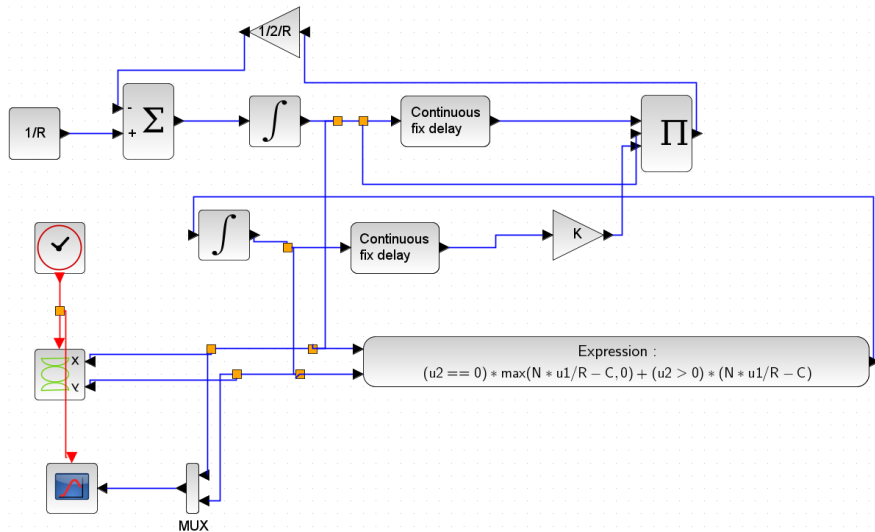
$$\dot{Q}(t) = \begin{cases} \frac{NW(t)}{R} - C, & Q(t) > 0, \\ \max\left(\frac{NW(t)}{R} - C, 0\right), & Q(t) = 0. \end{cases}$$

Задание переменных окружения в хcos для модели

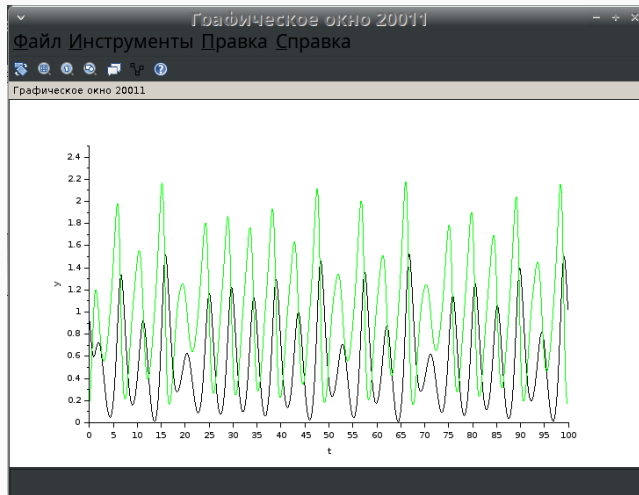


Задание времени моделирования

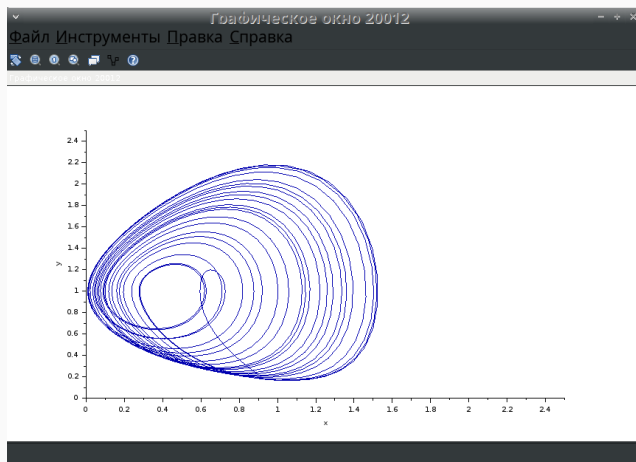
Параметры моделирования	
Конечное время интегрирования	1.0E02
Количество секунд в единице времени	0.0E00
Абсолютная погрешность интегрирования	1.0E-06
Относительная погрешность интегрирования	1.0E-06
Погрешность по времени	1.0E-10
Максимальный временной интервал интегрирования	1.00001E05
Вид программы решения	Sundials/CVODE - BDF - NEWT
Максимальный размер шага (0 означает "без ограничения")	0.0E00



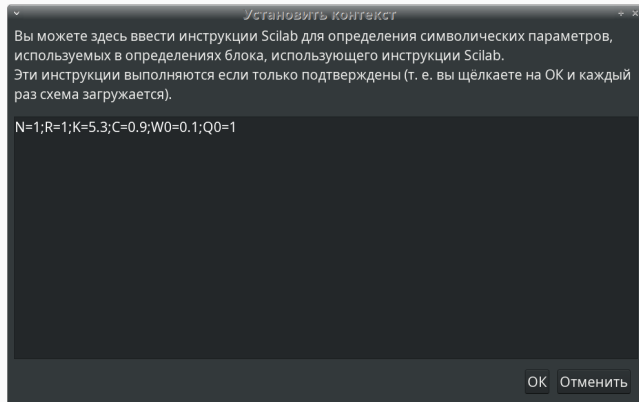
Динамика изменения размера ТСП окна $W(t)$ и размера очереди $Q(t)$



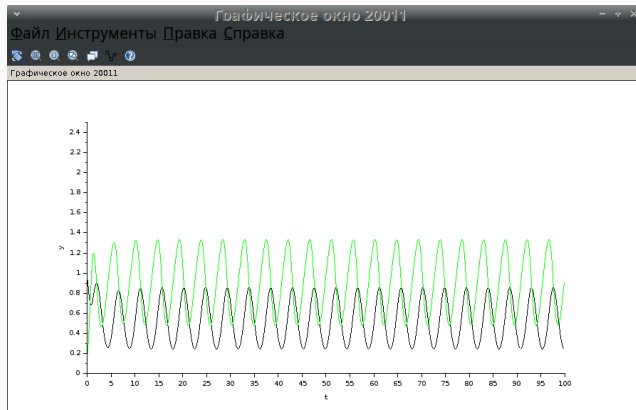
Фазовый портрет (W, Q)



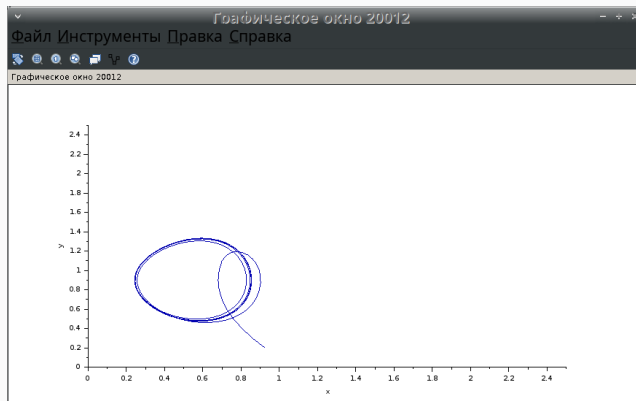
Изменение параметра $C = 0.9$



Динамика изменения размера ТСП окна $W(t)$ и размера очереди $Q(t)$



Фазовый портрет (W, Q)



```
model lab8
parameter Real N=1;
parameter Real R=1;
parameter Real K=5.3;
parameter Real C=1;
parameter Real W0=0.1;
parameter Real Q0=1;
Real W(start=W0);
Real Q(start=Q0);
equation
der(W) = 1 / R - W * delay(W, R) * K * delay(Q,R) / (2 * R);
der(Q) = if (Q > 0) then (N * W / R - C) else max(N * W / R - C, 0);
end lab8;
```

Задание времени моделирования

Установки Симуляции - lab8

Основное Интерактивная Симуляция Translation Flags Флаги Симуляции Вывести Data Reconciliation

Интервал Симуляции

Начальное Время: 0 secs

Конечное Время: 100 secs

☒ Число Интервалов: 1000

☐ Interval: 0.002 secs

Интегрирование

Метод: irksco

Точность: 1e-6

Язык:

☐ Save experiment annotation inside model i.e., experiment annotation

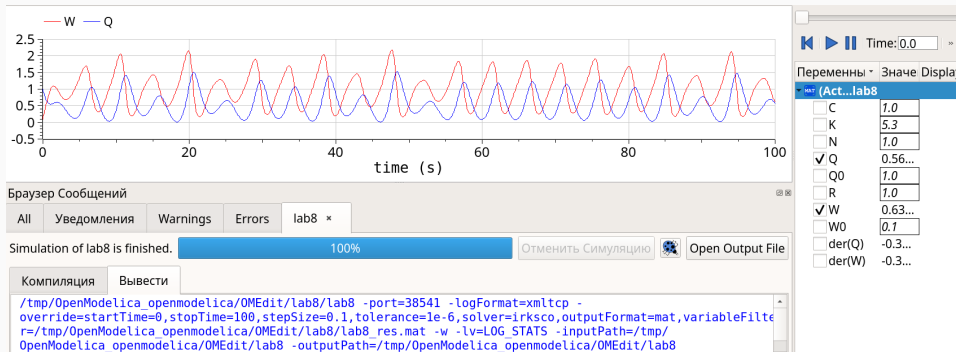
☐ Save translation flags inside model i.e., __OpenModelica_commandLineOptions annotation

☐ Save simulation flags inside model i.e., __OpenModelica_simulationFlags annotation

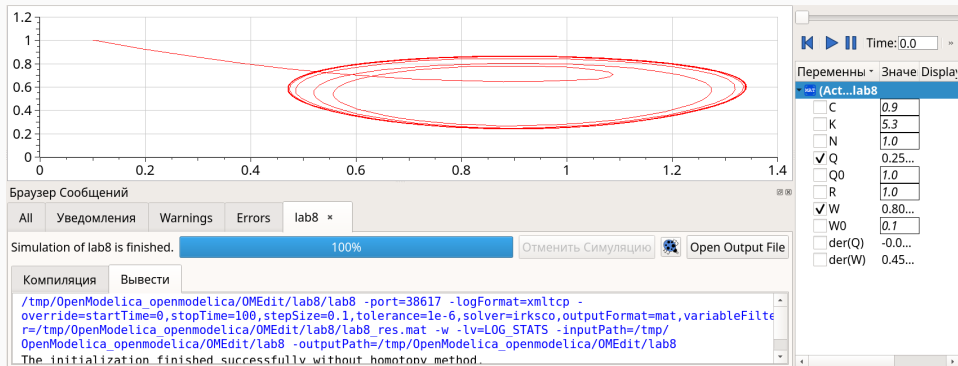
☒ Симулировать

OK Отмена

Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ и размера очереди $Q(t)$

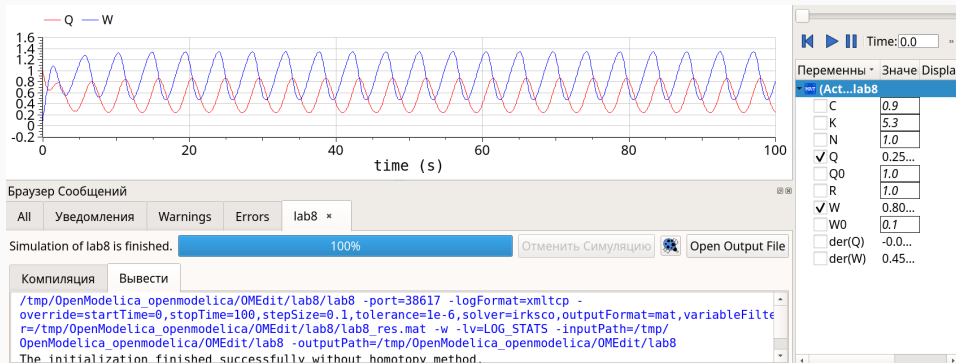


Фазовый портрет (W, Q)

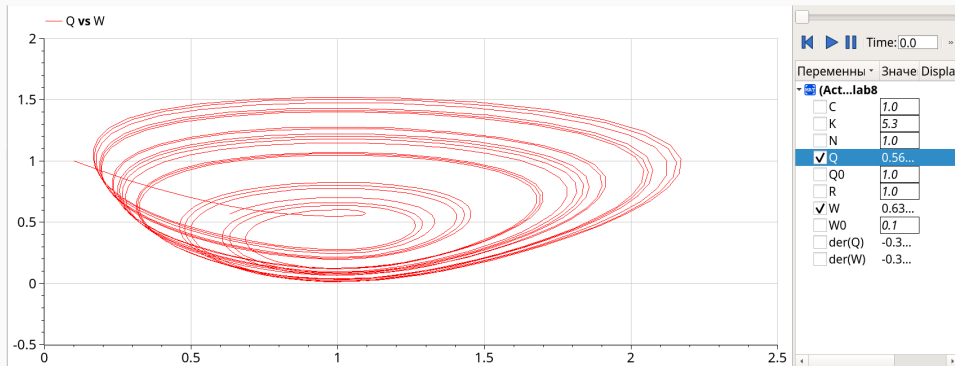


```
model lab8
parameter Real N=1;
parameter Real R=1;
parameter Real K=5.3;
parameter Real C=0.9;
parameter Real W0=0.1;
parameter Real Q0=1;
Real W(start=W0);
Real Q(start=Q0);
equation
der(W) = 1 / R - W * delay(W, R) * K * delay(Q,R) / (2 * R);
der(Q) = if (Q > 0) then (N * W / R - C) else max(N * W / R - C, 0);
end lab8;
```

Динамика изменения размера TCP окна $W(t)$ и размера очереди $Q(t)$



Фазовый портрет (W, Q)



Различия в графиках с различными
значениями параметра C

1. График длины очереди (Q)

При $C = 1$:

- Более высокая скорость уменьшения очереди ($N \cdot W / R - C$ будет меньше при равных W).
- Быстрее достигается состояние $Q=0$.
- Меньшие пиковые значения при перегрузках.

При $C = 0.9$:

- Уменьшенная пропускная способность вызывает:
- Более медленное опустошение очереди.
- Большую среднюю длину очереди.
- Возможность накопления пакетов при тех же значениях W .

2. График размера окна (W)

При $C = 1$:

- Более стабильное поведение с меньшими колебаниями.
- Быстрее достигается равновесие.

При $C = 0.9$:

- Более агрессивное снижение скорости передачи (W) из-за роста Q.
- Увеличенная амплитуда колебаний.
- Задержки в реакции системы из-за $\text{delay}(Q, R)$.

3. Фазовый портрет (Q vs W)

При $C = 1$:

- Меньшая область притяжения.
- Быстрее достигается стационарная точка.
- Узкие предельные циклы.

При $C = 0.9$:

- Расширенная фазовая плоскость.
- Возможно появление бифуркаций.
- Увеличенный гистерезис при переходных процессах.

Различие следует из уравнения для $der(Q)$ (Q'):

$der(Q) = if(Q > 0)then(N * W/R - C)elsemax(N * W/R - C, 0)$ При $C = 0.9$ порог срабатывания условия $N * W/R - C > 0$ достигается при меньших значениях W , что приводит к более раннему началу роста очереди.

Итог

При $C = 1$ система демонстрирует устойчивое равновесие с малыми колебаниями.

При $C = 0.9$ наблюдается тенденция к нелинейным колебаниям и увеличению амплитуды.

Различие особенно заметно при моделировании переходных процессов.

Заключительная часть

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