

# Лабораторная работа № 5

## Модель эпидемии

---

Демидова Е. А.

3 мая 2024

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

## Вводная часть

---

Исследование модели эпидемии (SIR) с помощью xcos и OpenModelica.

- Реализовать классическую модель SIR с помощью `xcos`(в том числе с помощью блока Modelica) и OpenModelica.
- Реализовать модель SIR с учетом демографических признаков с помощью `xcos`(в том числе с помощью блока Modelica) и OpenModelica.
- Исследовать модель SIR с учетом демографических признаков, изменяя параметры.

## Выполнение лабораторной работы

---

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\frac{\beta IS}{N}, \\ \frac{dI}{dt} = \frac{\beta IS}{N} - \gamma I, \\ \frac{dR}{dt} = \gamma I, \end{cases}$$

где  $S$  – численность восприимчивой популяции,  $I$  – численность инфицированных,  $R$  – численность удаленной популяции (в результате смерти или выздоровления), и  $N$  – это сумма этих трёх, а  $\beta$  и  $\gamma$  – это коэффициенты заболеваемости и выздоровления соответственно

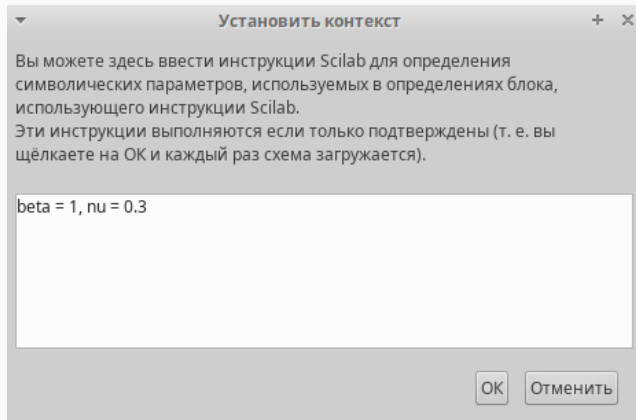
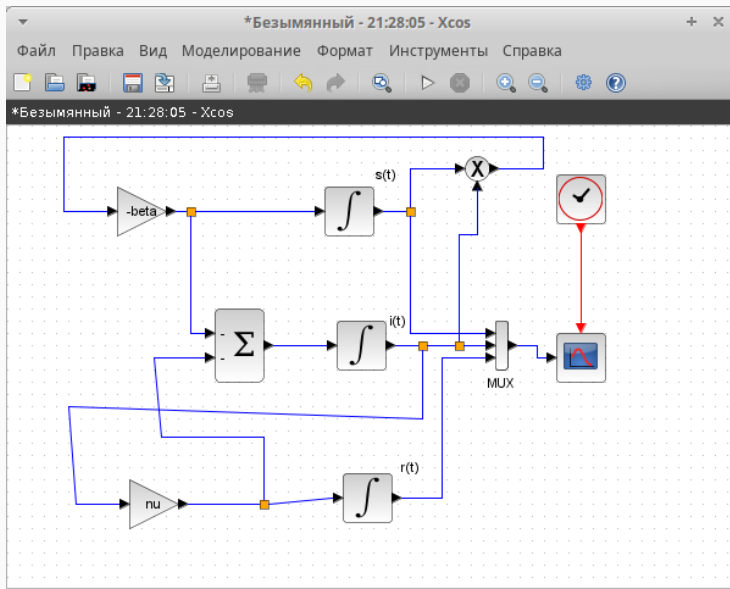


Рис. 1: Задать переменные окружения в xcos

## Реализация модели в xcos





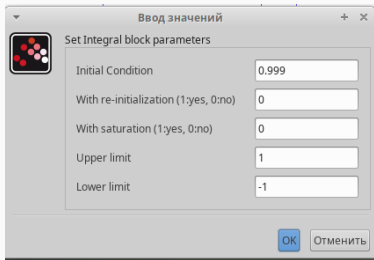


Рис. 3: Задать начальное значение в блоке интегрирования для S

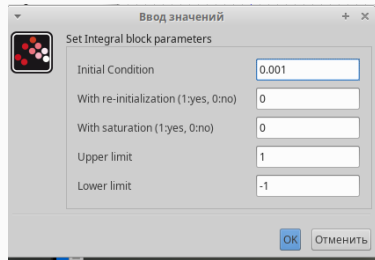


Рис. 4: Задать начальное значение в блоке интегрирования для I

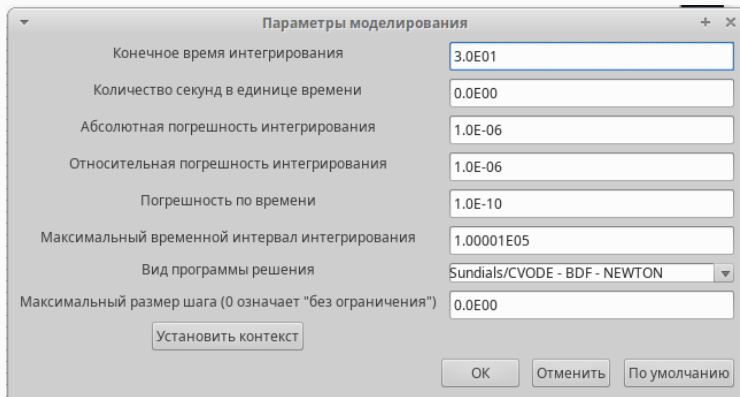


Рис. 5: Задать конечное время интегрирования в xcos

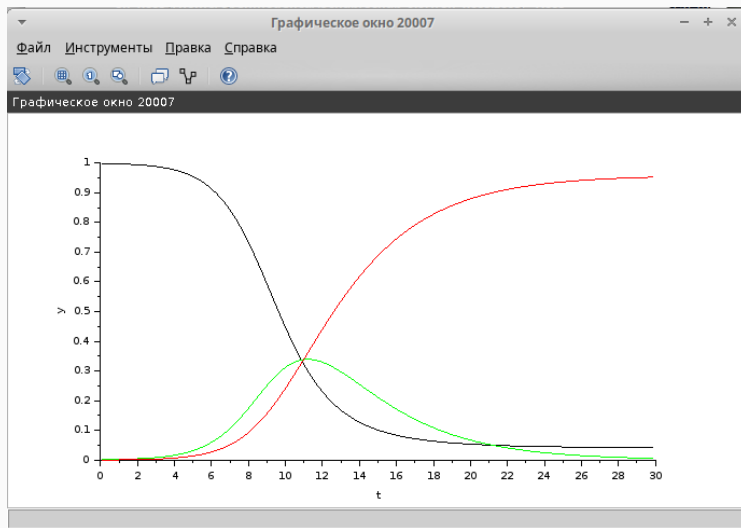


Рис. 6: График решения модели SIR при  $\beta = 1, \nu = 0.3$

## Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos

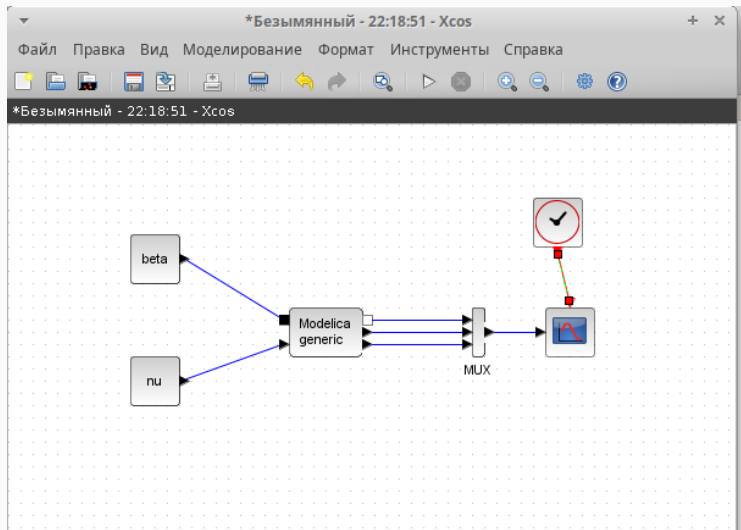


Рис. 7: Модель SIR в xcos с применением блока Modelica

## Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos

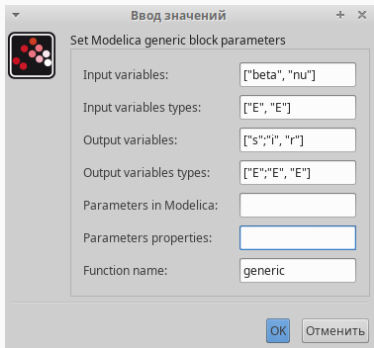


Рис. 8: Ввод значений входных параметров блока Modelica для модели

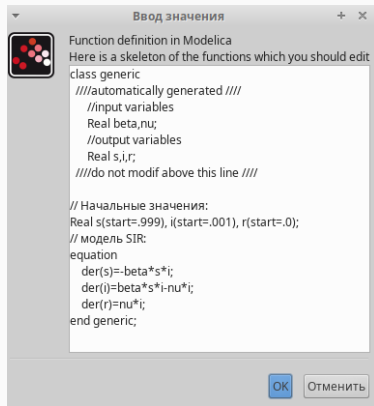


Рис. 9: Ввод функции блока Modelica для модели

## Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos

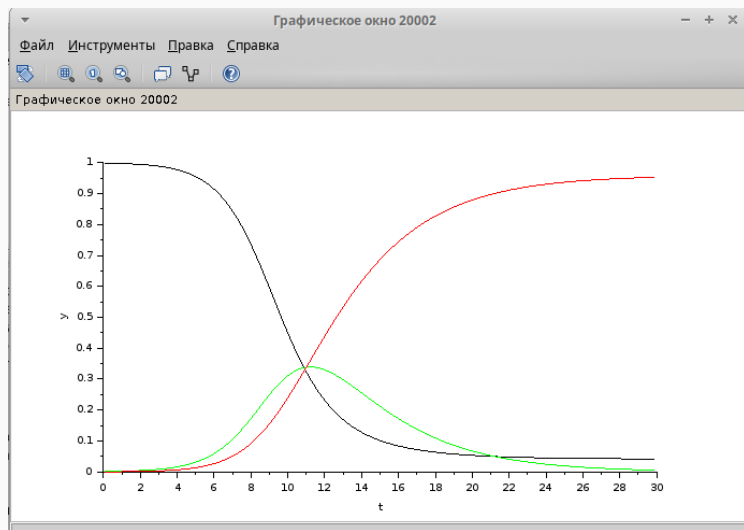
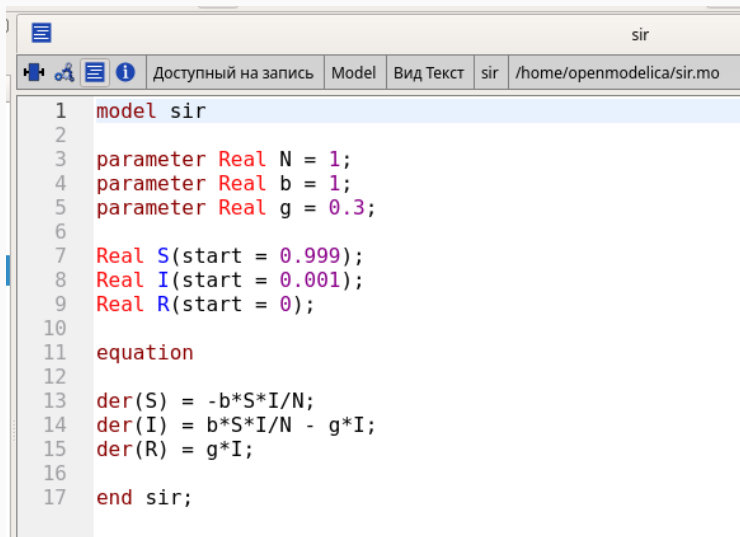


Рис. 10: График решения модели SIR при  $\beta = 1$ ,  $\nu = 0.3$ . Блок Modelica

## Реализация модели в OpenModelica



The screenshot shows the OpenModelica IDE interface. The title bar at the top reads "sir". Below it is a toolbar with icons for file operations, a menu, and an information icon. The main menu bar contains the following items: "Доступный на запись" (Available for writing), "Model", "Вид Текст" (Text View), "sir", and the file path "/home/openmodelica/sir.mo". The main editing area displays the following code:

```
1  model sir
2
3  parameter Real N = 1;
4  parameter Real b = 1;
5  parameter Real g = 0.3;
6
7  Real S(start = 0.999);
8  Real I(start = 0.001);
9  Real R(start = 0);
10
11  equation
12
13  der(S) = -b*S*I/N;
14  der(I) = b*S*I/N - g*I;
15  der(R) = g*I;
16
17  end sir;
```

Рис. 11: Модель в OpenModelica

# Реализация модели в OpenModelica

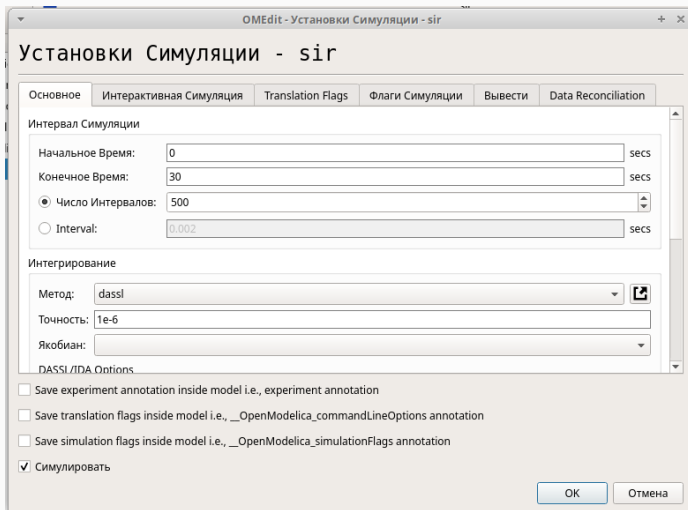


Рис. 12: Параметры модели в OpenModelica



# Реализация модели в OpenModelica

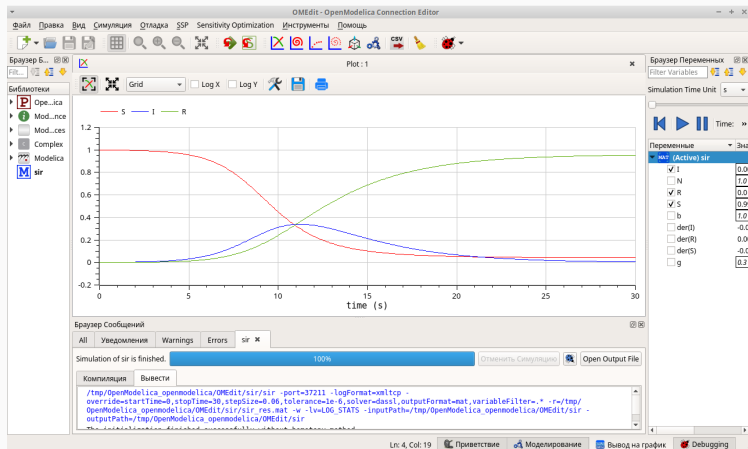


Рис. 13: График решения модели SIR при  $\beta = 1, \nu = 0.3$ . OpenModelica

## Задание для самостоятельного выполнения

---

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\beta IS + \mu(N - S), \\ \frac{dI}{dt} = \beta IS - \gamma I - \mu I, \\ \frac{dR}{dt} = \gamma I - \mu R, \end{cases}$$

где  $\nu$  – константа, которая равна коэффициенту смертности и рождаемости.

- реализовать модель SIR с учётом процесса рождения гибели особей в xcos (в том числе и с использованием блока Modelica), а также в OpenModelica;
- построить графики эпидемического порога при различных значениях параметров модели (в частности изменяя параметр  $\mu$ );
- сделать анализ полученных графиков в зависимости от выбранных значений параметров модели

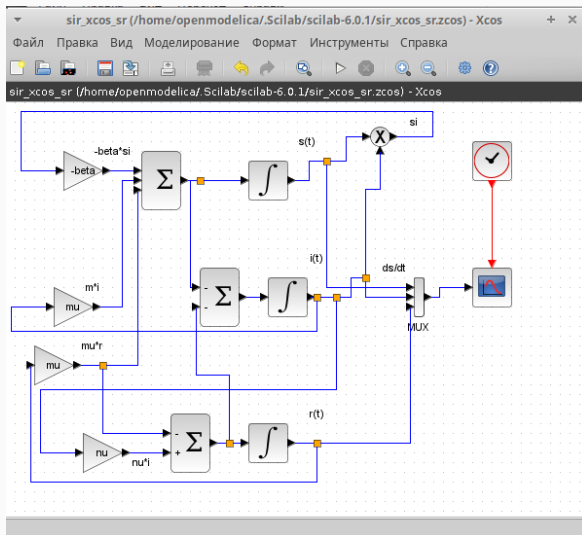


Рис. 14: Задать переменные окружения в xcos

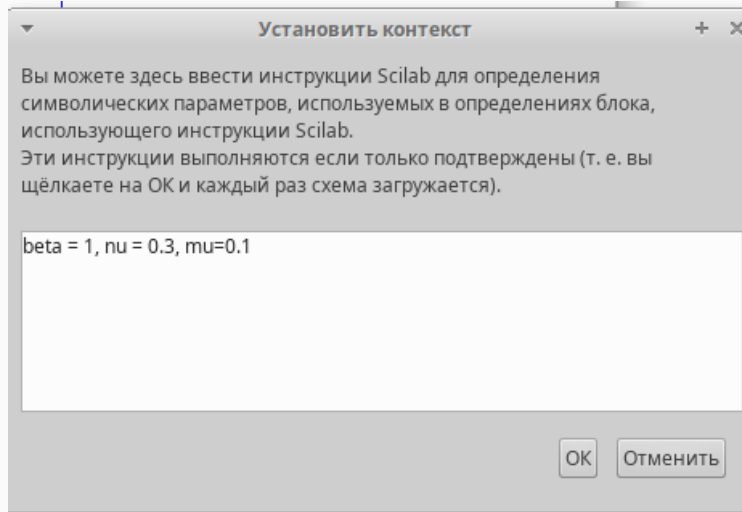


Рис. 15: Модель SIR с учетом демографии в xcos

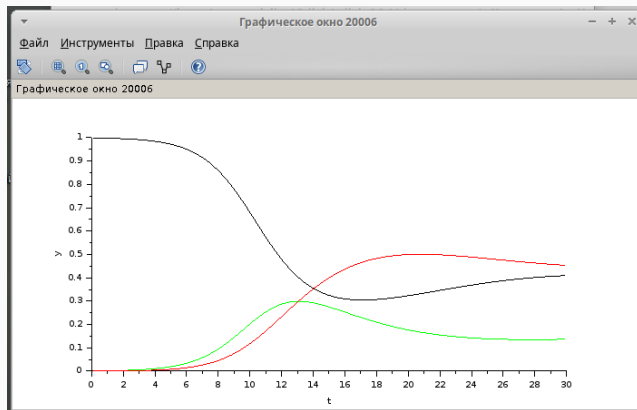


Рис. 16: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 1$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\mu = 0.1$

## Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos

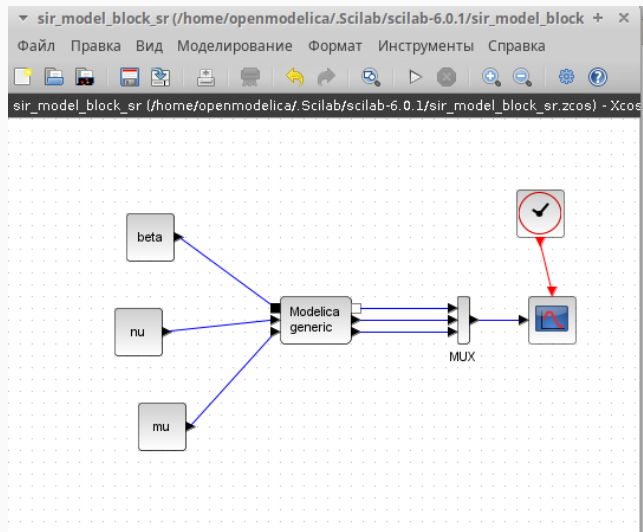


Рис. 17: Модель SIR с учетом демографии в xcos с применением блока Modelica



## Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos

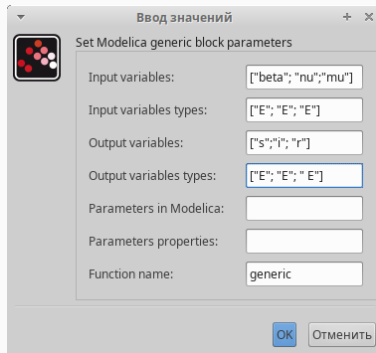


Рис. 18: Ввод значений входных параметров блока Modelica для модели

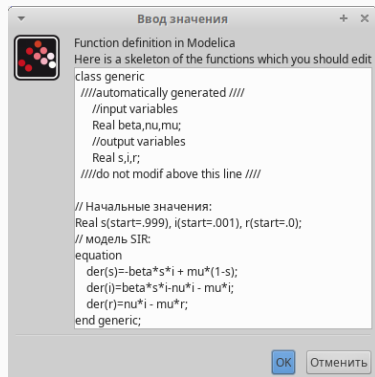


Рис. 19: Ввод функции блока Modelica для модели

## Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos

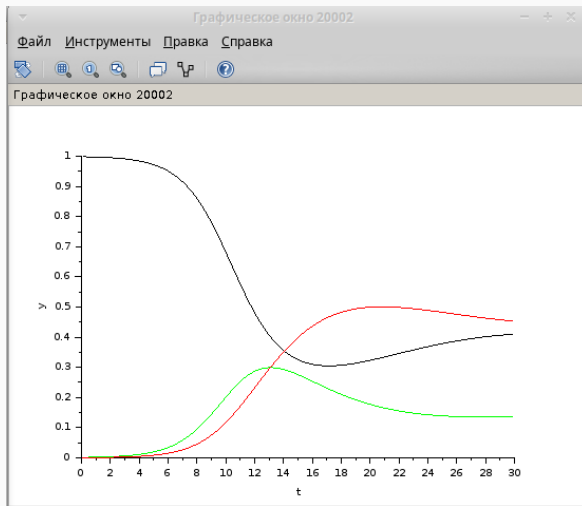
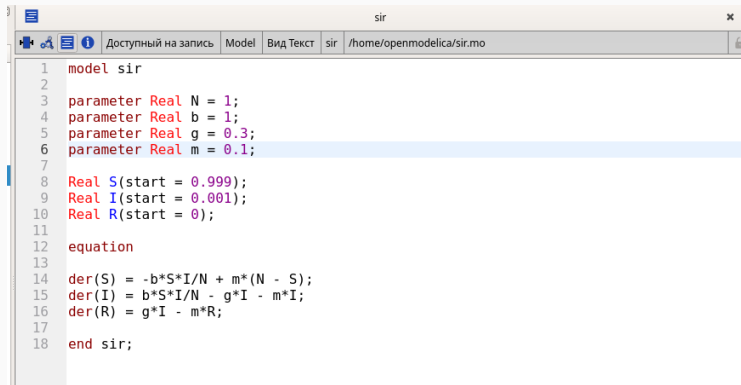


Рис. 20: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 1$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\mu = 0.1$ . Блок Modelica

# Реализация модели в OpenModelica



The screenshot shows the OpenModelica IDE with a file named 'sir.mo' open. The code defines a model 'sir' with parameters N, b, g, and m, and state variables S, I, and R. The equations describe the dynamics of the SIR model with demographic factors.

```
1 model sir
2
3   parameter Real N = 1;
4   parameter Real b = 1;
5   parameter Real g = 0.3;
6   parameter Real m = 0.1;
7
8   Real S(start = 0.999);
9   Real I(start = 0.001);
10  Real R(start = 0);
11
12  equation
13
14  der(S) = -b*S*I/N + m*(N - S);
15  der(I) = b*S*I/N - g*I - m*I;
16  der(R) = g*I - m*R;
17
18 end sir;
```

Рис. 21: Модель SIR с учетом демографии в OpenModelica

## Анализ графиков при разных параметрах модели

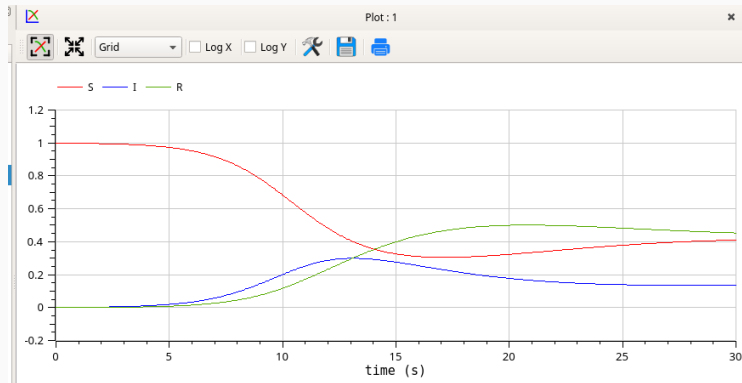


Рис. 22: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 1$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\mu = 0.1$ .  
OpenModelica

## Анализ графиков при разных параметрах модели

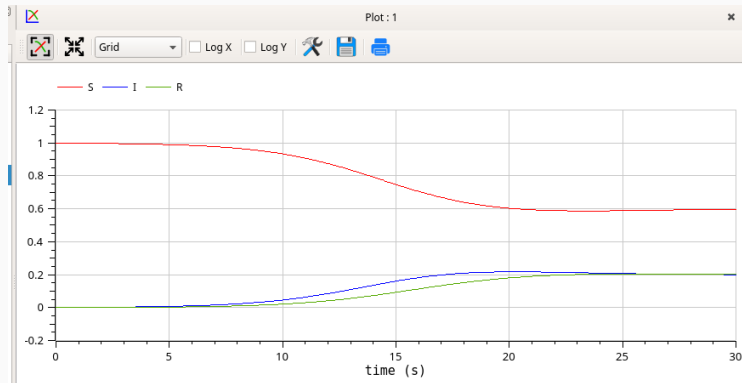


Рис. 23: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 1$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\mu = 0.3$ .  
OpenModelica

## Анализ графиков при разных параметрах модели

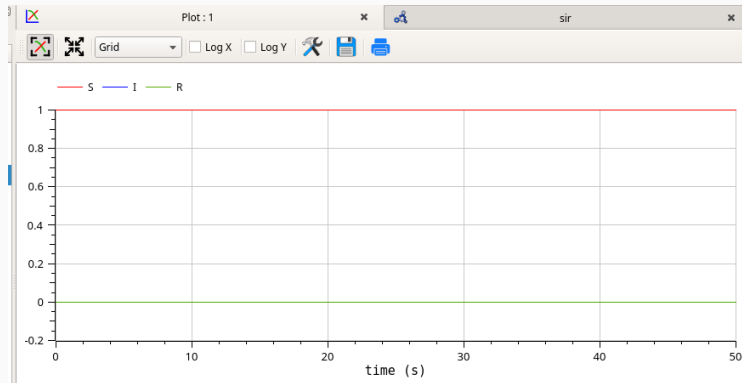


Рис. 24: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 1, \nu = 0.3, \mu = 0.7$ .  
OpenModelica

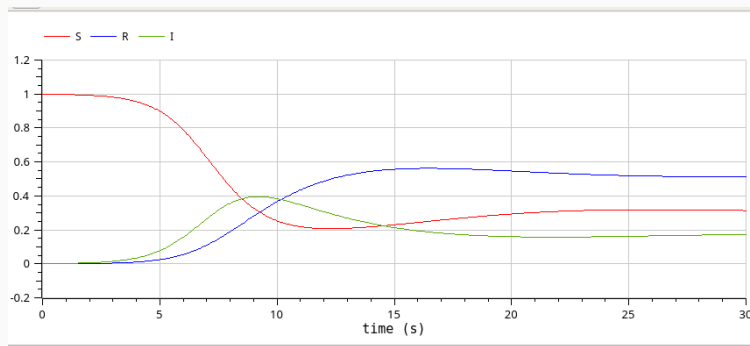


Рис. 25: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 1.5$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\mu = 0.1$ .  
OpenModelica

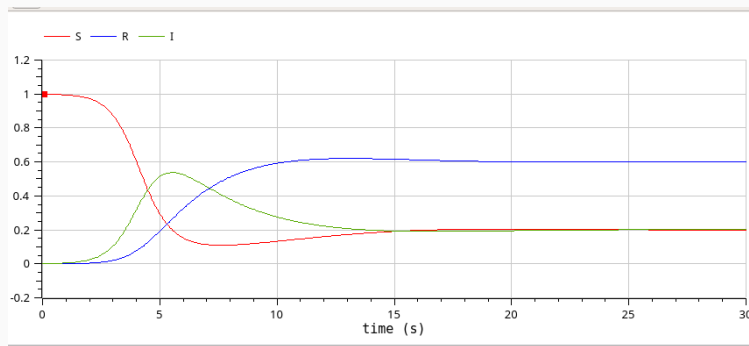


Рис. 26: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 2$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\mu = 0.1$ .  
OpenModelica



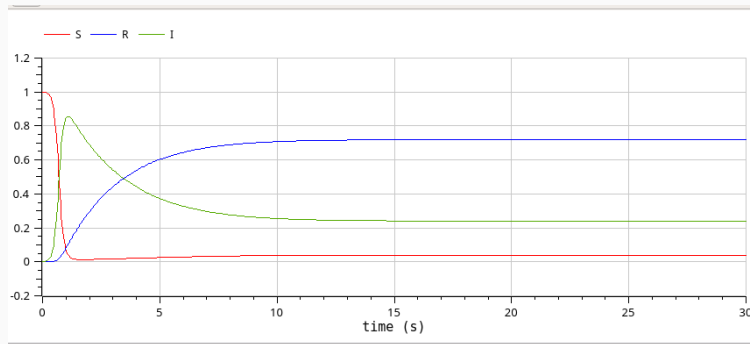


Рис. 27: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 10$ ,  $\nu = 0.3$ ,  $\mu = 0.1$ .  
OpenModelica

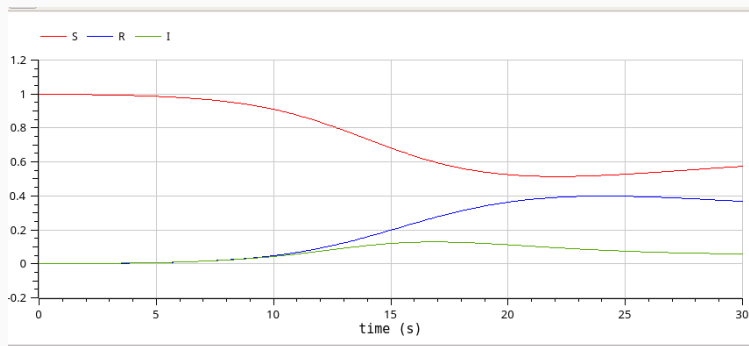


Рис. 28: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 1$ ,  $\nu = 0.5$ ,  $\mu = 0.1$ .  
OpenModelica

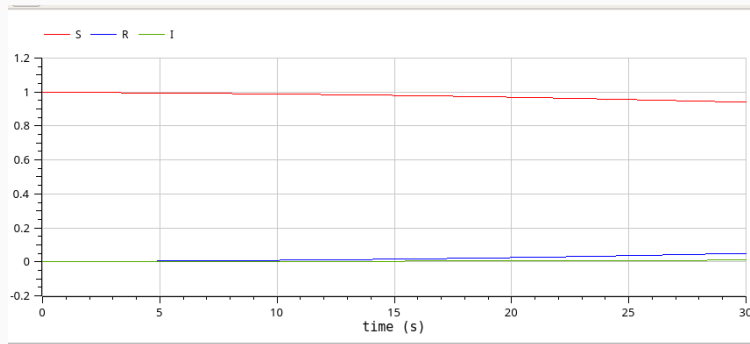


Рис. 29: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 1$ ,  $\nu = 0.8$ ,  $\mu = 0.1$ .  
OpenModelica

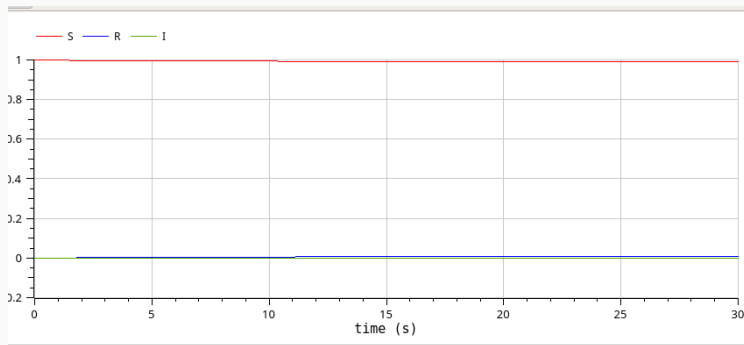


Рис. 30: График решения модели SIR с учетом демографии при  $\beta = 1$ ,  $\nu = 0.9$ ,  $\mu = 0.1$ .  
OpenModelica

## Выводы

---

В результате выполнения работы была исследована модель SIR при помощи xcos и OpenModelica.