

# Лабораторная работа №5

## Модель эпидемии (SIR)

---

Герра Максимиано.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

## Информация

---

Построить модель SIR в xcos и OpenModelica.

1. Реализовать модель SIR в в xcos;
2. Реализовать модель SIR с помощью блока Modelica в в xcos;
3. Реализовать модель SIR в OpenModelica;
4. Реализовать модель SIR с учётом процесса рождения / гибели особей в xcos (в том числе и с использованием блока Modelica), а также в OpenModelica;
5. Построить графики эпидемического порога при различных значениях параметров модели (в частности изменяя параметр  $\mu$ );
6. Сделать анализ полученных графиков в зависимости от выбранных значений параметров модели.

$$\begin{cases} \dot{s} = -\beta s(t)i(t); \\ \dot{i} = \beta s(t)i(t) - \nu i(t); \\ \dot{r} = \nu i(t), \end{cases}$$

где  $\beta$  – скорость заражения,  $\nu$  – скорость выздоровления.

Зафиксируем начальные данные:

$$\beta = 1, \nu = 0,3, s(0) = 0,999, i(0) = 0,001, r(0) = 0.$$

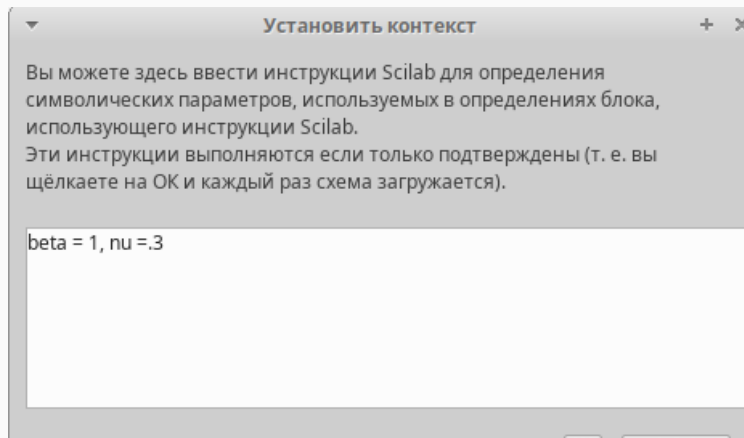


Рис. 1: Задание переменных окружения в xcos

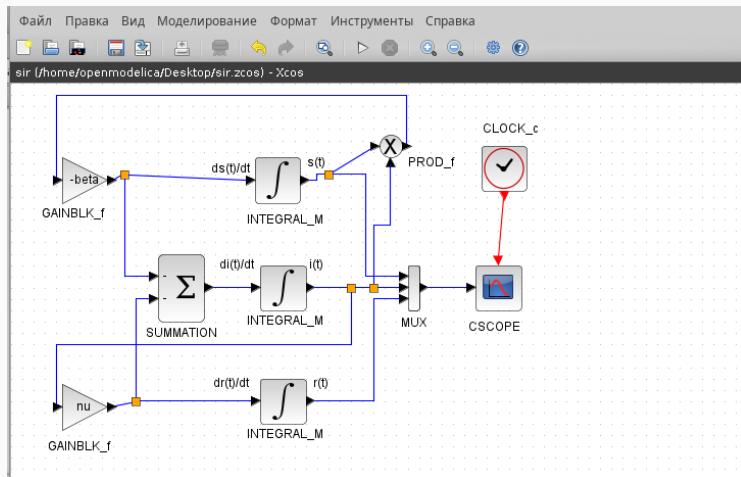


Рис. 2: Модель SIR в xcoss



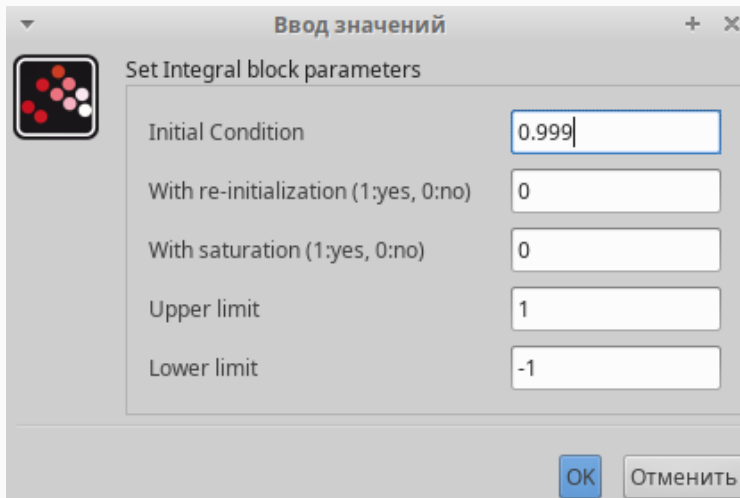


Рис. 3: Задание начальных значений в блоках интегрирования

Ввод значений

Set Integral block parameters

Initial Condition

With re-initialization (1:yes, 0:no)

With saturation (1:yes, 0:no)

Upper limit

Lower limit

OK Отменить




Рис. 4: Задание начальных значений в блоках интегрирования

Параметры моделирования

Конечное время интегрирования	3.0E01
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	1.0E05
Вид программы решения	Sundials/CVODE - BDF - NEWTON
Максимальный размер шага (0 означает "без ограничения")	0

Установить контекст

OK Отменить По умолчанию

Рис. 5: Задание конечного времени интегрирования в xcoss

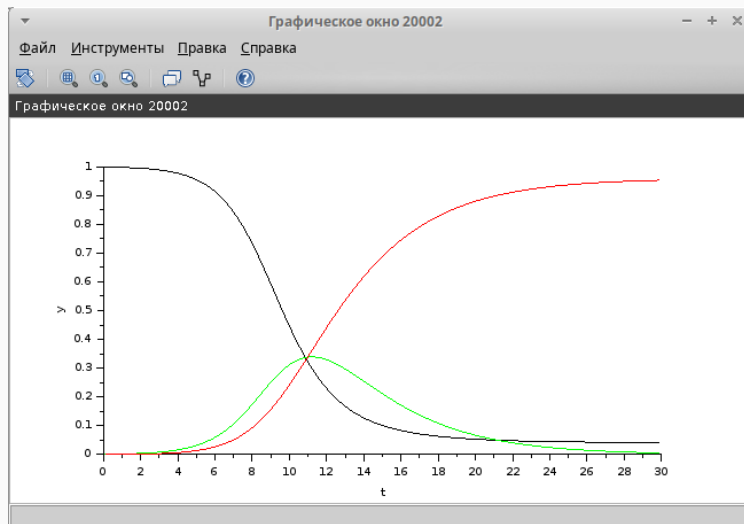


Рис. 6: Эпидемический порог модели SIR при  $\beta = 1, \nu = 0.3$

## Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos

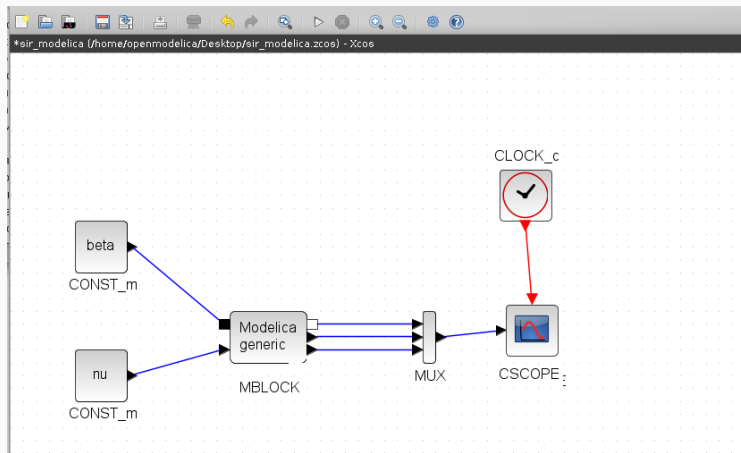


Рис. 7: Модель SIR в xcos с применением блока Modelica

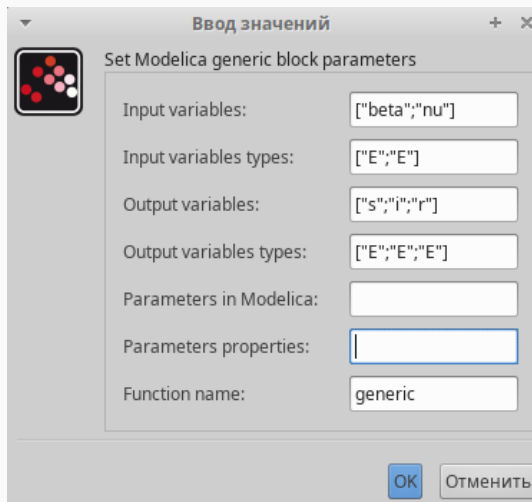


Рис. 8: Параметры блока Modelica для модели SIR

# Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos

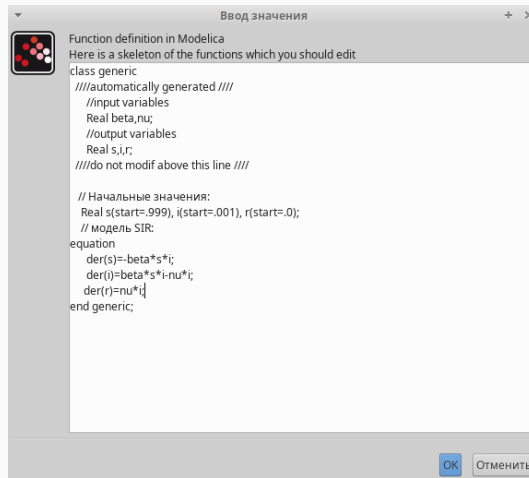


Рис. 9: Параметры блока Modelica для модели SIR

## Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos

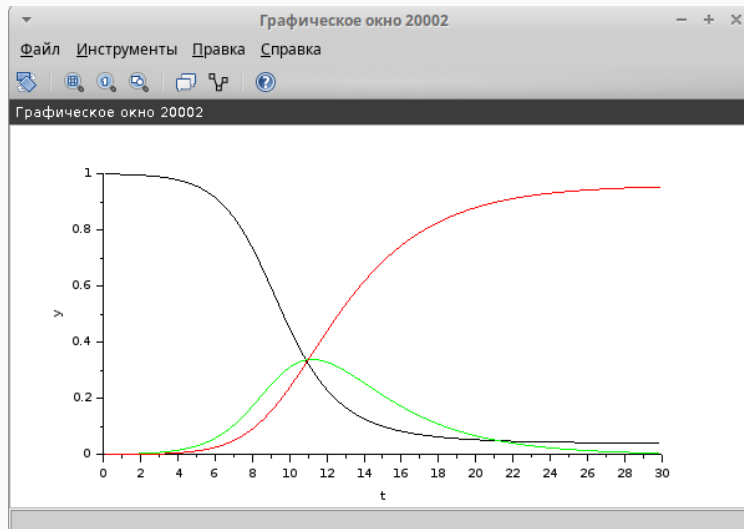


Рис. 10: Эпидемический порог модели SIR при  $\beta = 1, \nu = 0.3$



```
parameter Real I_0 = 0.001;  
parameter Real R_0 = 0;  
parameter Real S_0 = 0.999;  
parameter Real beta = 1;  
parameter Real nu = 0.3;  
parameter Real mu = 0.5;  
Real s(start=S_0);  
Real i(start=I_0);  
Real r(start=R_0);
```

equation

```
der(s)=-beta*s*i;  
der(i)=beta*s*i-nu*i;  
der(r)=nu*i;
```

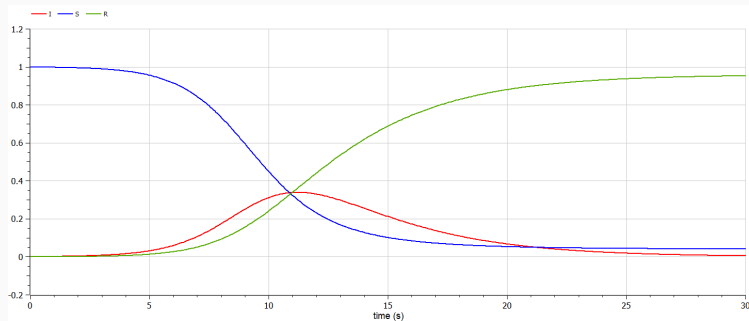


Рис. 11: Эпидемический порог модели SIR при  $\beta = 1, \nu = 0.3$

$$\begin{cases} \dot{s} = -\beta s(t)i(t) + \mu(N - s(t)); \\ \dot{i} = \beta s(t)i(t) - \nu i(t) - \mu i(t); \\ \dot{r} = \nu i(t) - \mu r(t), \end{cases}$$

где  $\mu$  — константа, которая равна коэффициенту смертности и рождаемости.

## Задание для самостоятельного выполнения

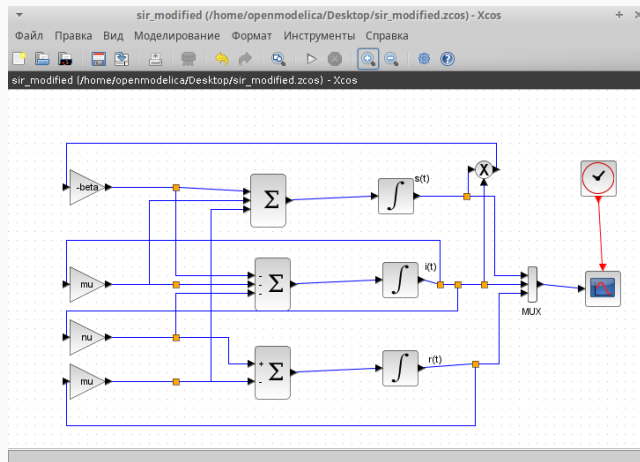


Рис. 12: Модель SIR с учетом демографических процессов в xcos

## Задание для самостоятельного выполнения

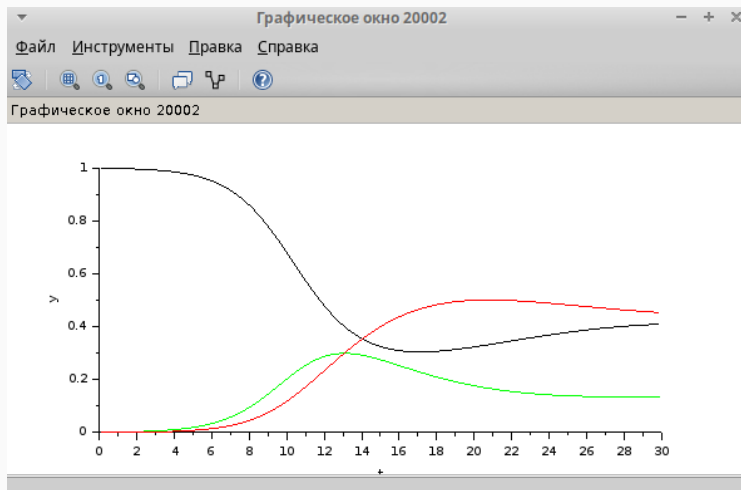


Рис. 13: График модели SIR с учетом демографических процессов

## Задание для самостоятельного выполнения

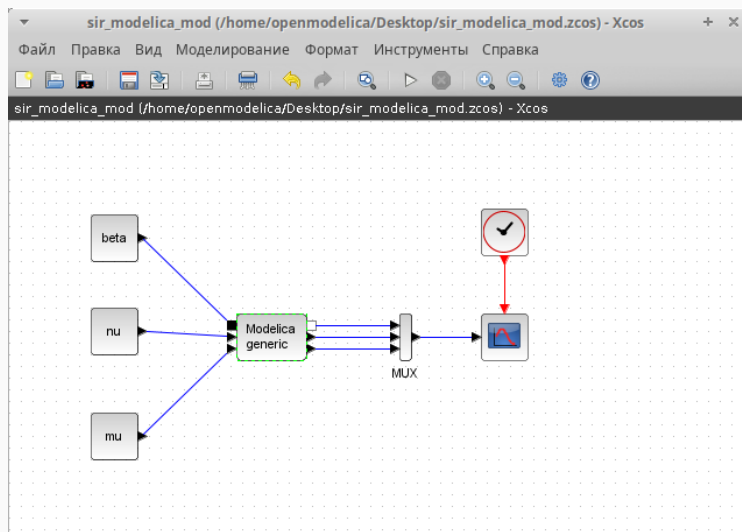
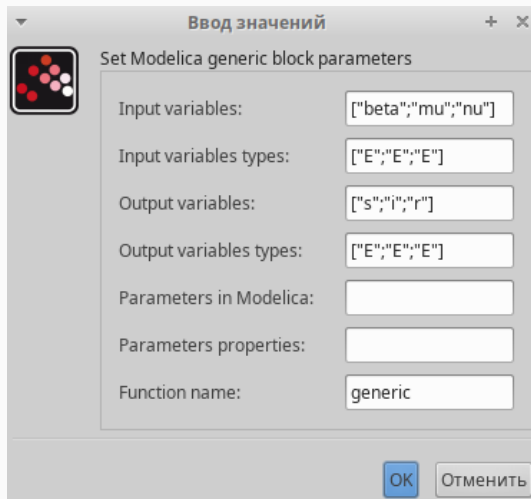


Рис. 14: Модель SIR с учетом демографических процессов в xcos с применением блока Modelica

## Задание для самостоятельного выполнения



Ввод значений

Set Modelica generic block parameters

Input variables: ["beta","mu","nu"]

Input variables types: ["E","E","E"]

Output variables: ["s","i","r"]

Output variables types: ["E","E","E"]

Parameters in Modelica:

Parameters properties:

Function name: generic

OK Отменить

Рис. 15: Параметры блока Modelica для модели SIR с учетом демографических процессов

## Задание для самостоятельного выполнения

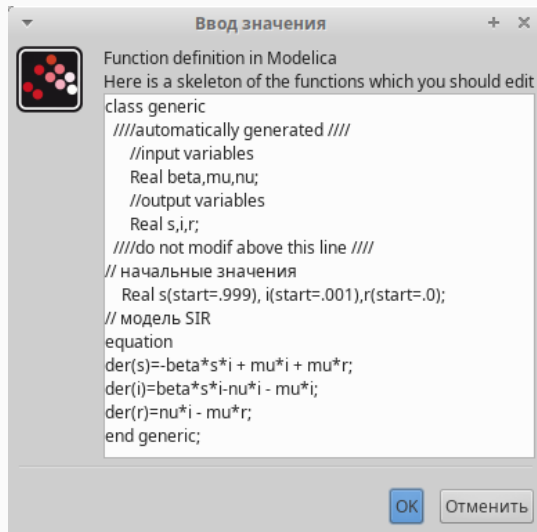


Рис. 16: Параметры блока Modelica для модели SIR с учетом демографических процессов



## Задание для самостоятельного выполнения

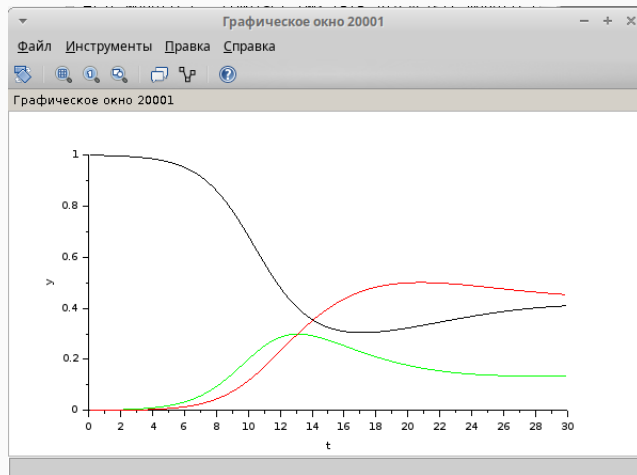


Рис. 17: График модели SIR с учетом демографических процессов

## Задание для самостоятельного выполнения

```
parameter Real I_0 = 0.001;  
parameter Real R_0 = 0;  
parameter Real S_0 = 0.999;  
parameter Real beta = 1;  
parameter Real nu = 0.3;  
parameter Real mu = 0.5;  
Real s(start=S_0);  
Real i(start=I_0);  
Real r(start=R_0);
```

equation

```
der(s)=-beta*s*i + mu*i + mu*r;  
der(i)=beta*s*i-nu*i - mu*i;  
der(r)=nu*i - mu*r;
```

## Задание для самостоятельного выполнения

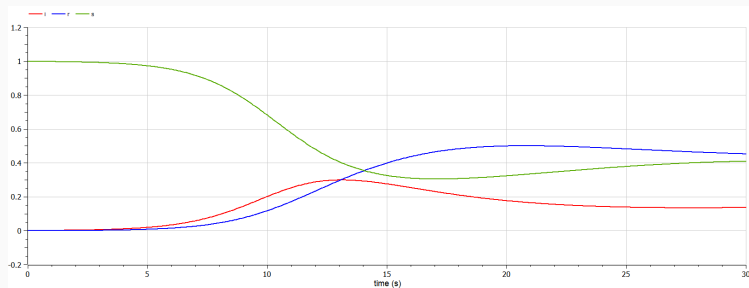


Рис. 18: График модели SIR с учетом демографических процессов

$$\beta = 1, \nu = 0.3, \mu = 0.1$$

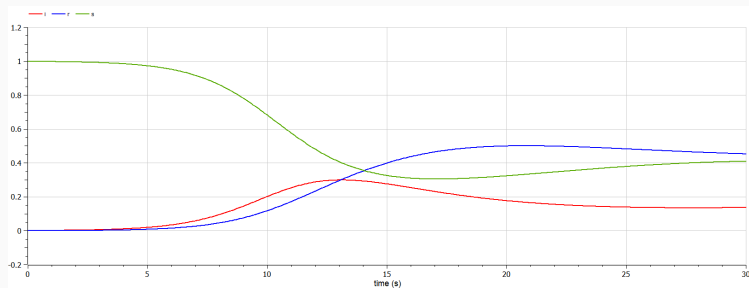


Рис. 19: График модели SIR с учетом демографических процессов

## Задание для самостоятельного выполнения

$$\mu = 0.3$$

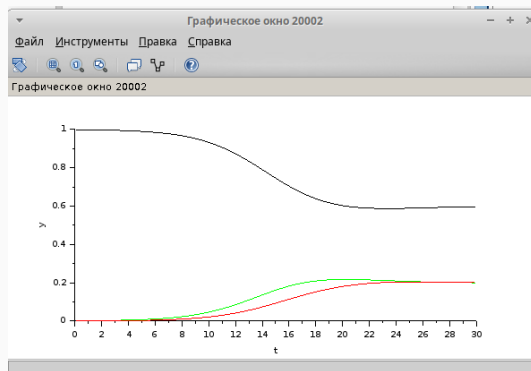


Рис. 20: График модели SIR с учетом демографических процессов

## Задание для самостоятельного выполнения

$$\mu = 0.9$$

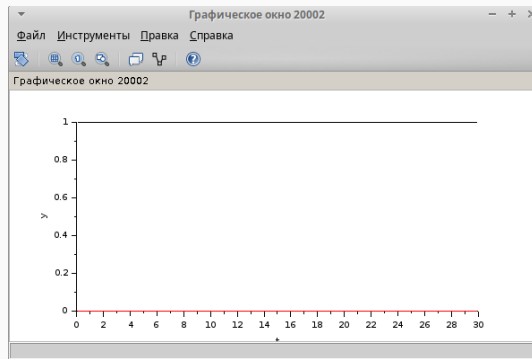


Рис. 21: График модели SIR с учетом демографических процессов

## Задание для самостоятельного выполнения

$$\beta = 1, \nu = 0.1, \mu = 0.1$$

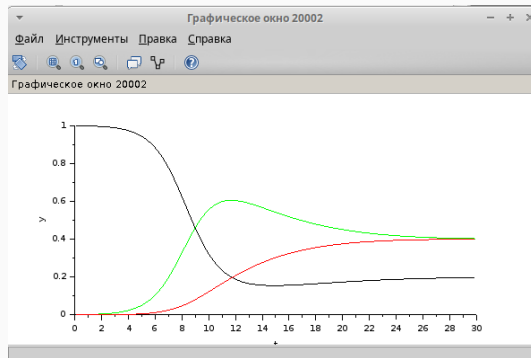


Рис. 22: График модели SIR с учетом демографических процессов

## Задание для самостоятельного выполнения

$$\mu = 0.9$$

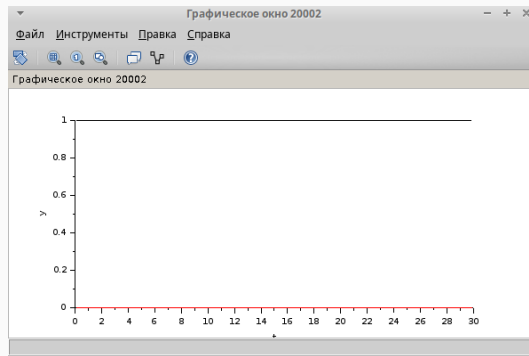


Рис. 23: График модели SIR с учетом демографических процессов



## Задание для самостоятельного выполнения

$$\beta = 4, \nu = 0.3, \mu = 0.2$$

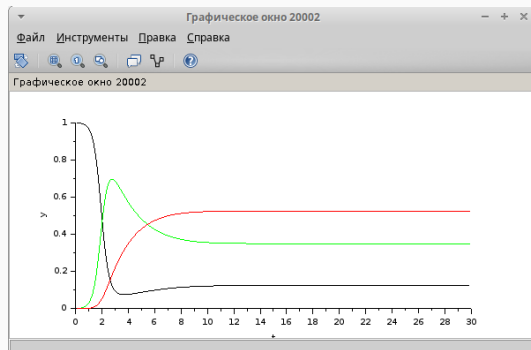


Рис. 24: График модели SIR с учетом демографических процессов

В процессе выполнения данной лабораторной работы была построена модель SIR в xcos и OpenModelica.