

Цель работы

Построить модель SIR в xcos и OpenModelica.

Задание

- Реализовать модель SIR в xcos;
- Реализовать модель SIR с помощью блока Modelica в xcos;
- Реализовать модель SIR в OpenModelica;
- 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 μ);
-Сделать анализ полученных графиков в зависимости от выбранных значений параметров модели.

Выполнение лабораторной работы

Задача о распространении эпидемии описывается системой дифференциальных уравнений:

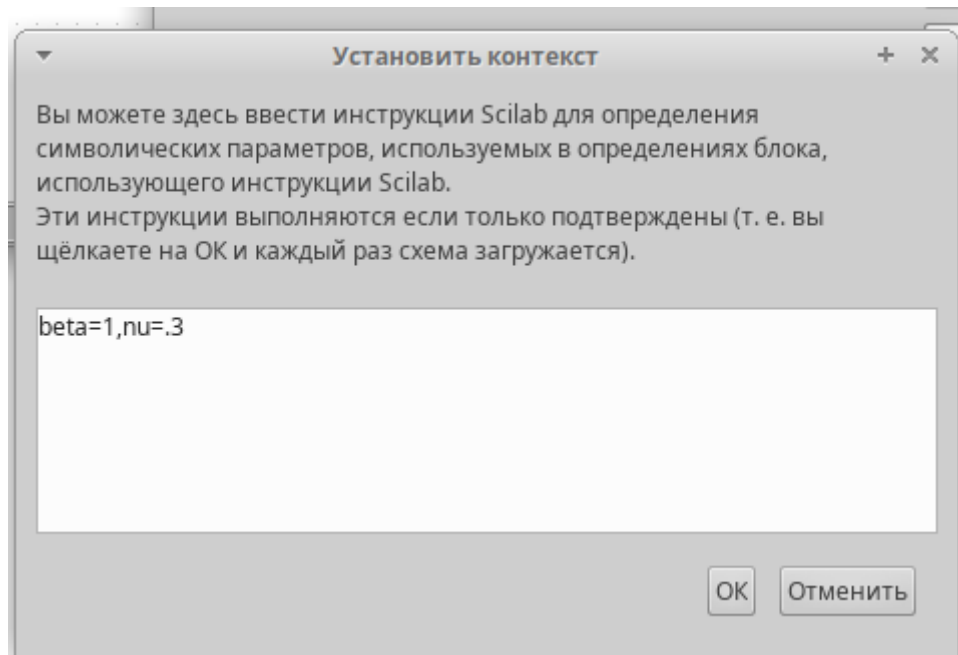
$$\begin{aligned}\dot{s} &= -\beta s(t)i(t) \\ \dot{i} &= \beta s(t)i(t) - \nu i(t) \\ \dot{r} &= \nu i(t)\end{aligned}$$

где β -- скорость заражения, ν -- скорость выздоровления.

Реализация модели в xcos

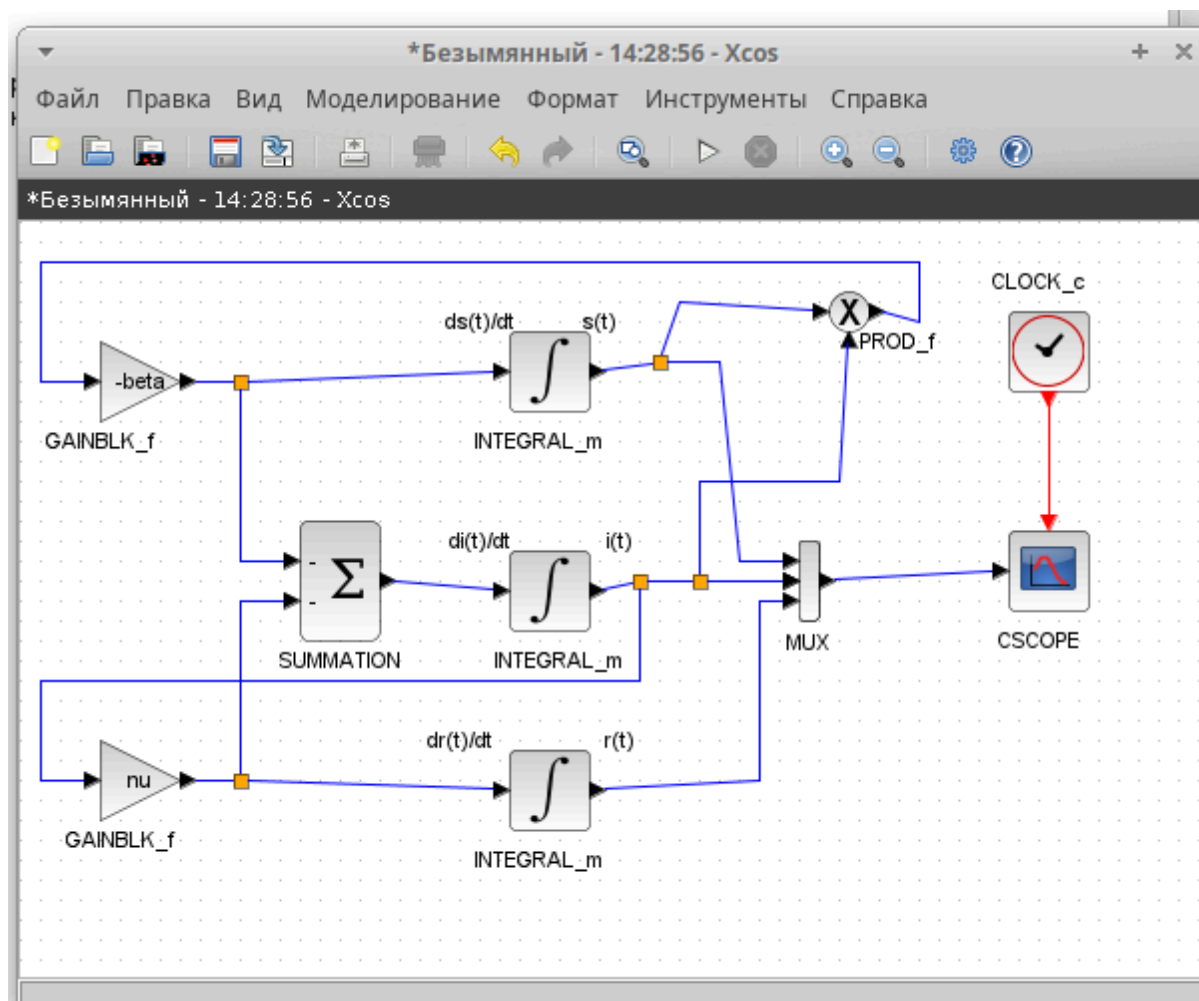
Зафиксируем начальные данные: $\beta = 1$, $\nu = 0.3$, $s(0)=0.999$, $i(0)=0.001$, $r(0)=0$

В меню Моделирование, Установить контекст зададим значения переменных β и ν



Для реализации модели будем использовать следующие блоки:

- CLOCK_c -- запуск часов модельного времени;
- CSCOPE -- регистрирующее устройство для построения графика;
- TEXT_f -- задаёт текст примечаний;
- MUX -- мультиплексер, позволяющий в данном случае вывести на графике сразу несколько кривых;
- INTEGRAL_m -- блок интегрирования;
- GAINBLK_f -- в данном случае позволяет задать значения коэффициентов β и ν ;
- SUMMATION -- блок суммирования;
- PROD_f -- поэлементное произведение двух векторов на входе блока.



В параметрах верхнего и среднего блока интегрирования необходимо задать начальные значения:

The dialog box titled "Ввод значений" (Enter values) is used to set the parameters for an integral block. The parameters are as follows:

Parameter	Value
Initial Condition	.999
With re-initialization (1:yes, 0:no)	0
With saturation (1:yes, 0:no)	0
Upper limit	1
Lower limit	-1

Buttons: OK, Отменить (Cancel)

Ввод значений

Set Integral block parameters

Initial Condition	.001
With re-initialization (1:yes, 0:no)	0
With saturation (1:yes, 0:no)	0
Upper limit	1
Lower limit	-1

OK Отменить

В меню Моделирование, Установка зададим конечное время интегрирования, равным времени моделирования, в данном случае 30

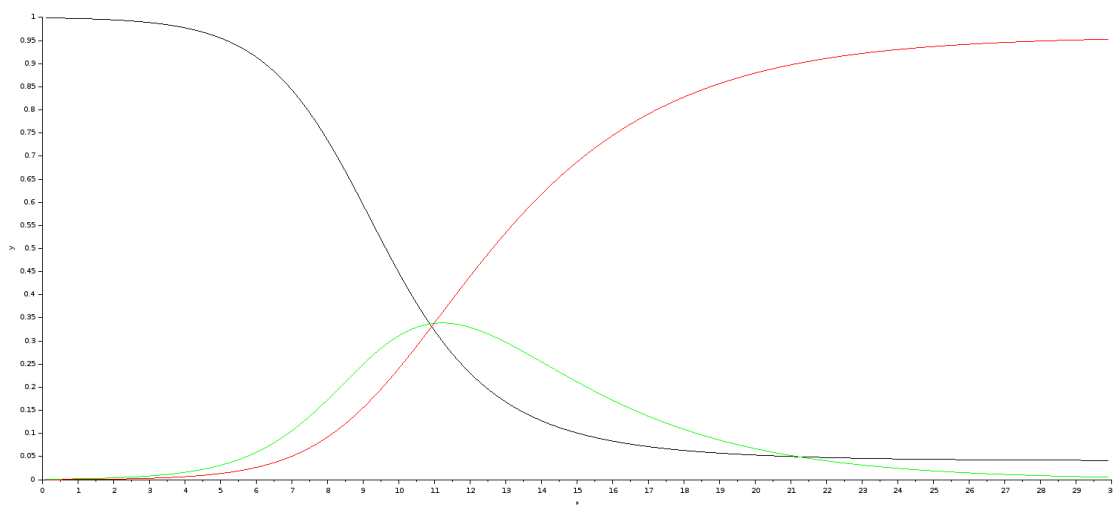
Параметры моделирования

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	1.00001E05
Вид программы решения	Sundials/CVODE - BDF - NEWTON
Максимальный размер шага (0 означает "без ограничения")	0.0E00

Установить контекст

OK Отменить По умолчанию

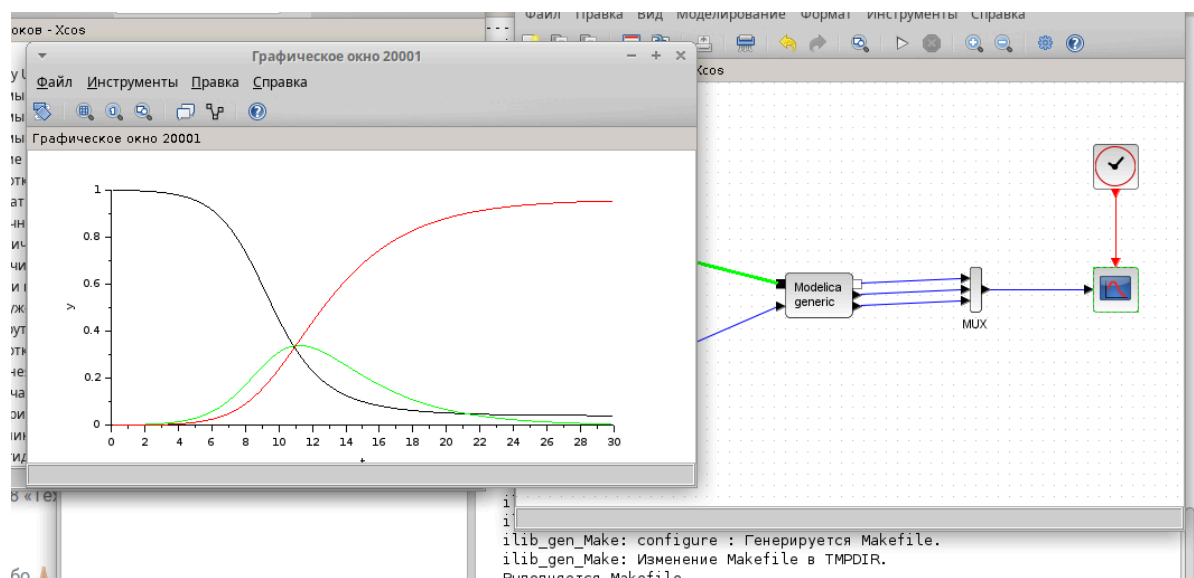
Результат моделирования представлен на рисунке



Реализовать модель SIR с помощью блока Modelica в Xcos;

Готовая модель SIR представлена на рис

Для реализации модели (5.1) с помощью языка Modelica помимо блоков CLOCK_c, CSCOPE, TEXT_f и MUX требуются блоки CONST_m — задаёт константу; MBLOCK (Modelica generic) — блок реализации кода на языке Modelica. Задаём значения переменных β и ν



Параметры блока Modelica:

```
Ввод значения
Function definition in Modelica
Here is a skeleton of the functions which you should edit
class generic
  ///automatically generated ///
  //input variables
  Real beta,nu;
  //output variables
  Real s,i,r;
  ///do not modif above this line ///

  // Начальные значения:
  Real s(start=.999), i(start=.001), r(start=.0);
  // модель SIR:
equation
  der(s)=-beta*s*i;
  der(i)=beta*s*i-nu*i;
  der(r)=nu*i;
end generic;
```

Ввод значений

Set Modelica generic block parameters

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

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

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

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

Parameters in Modelica:

Parameters properties:

Function name: generic

OK Отменить

Упражнение

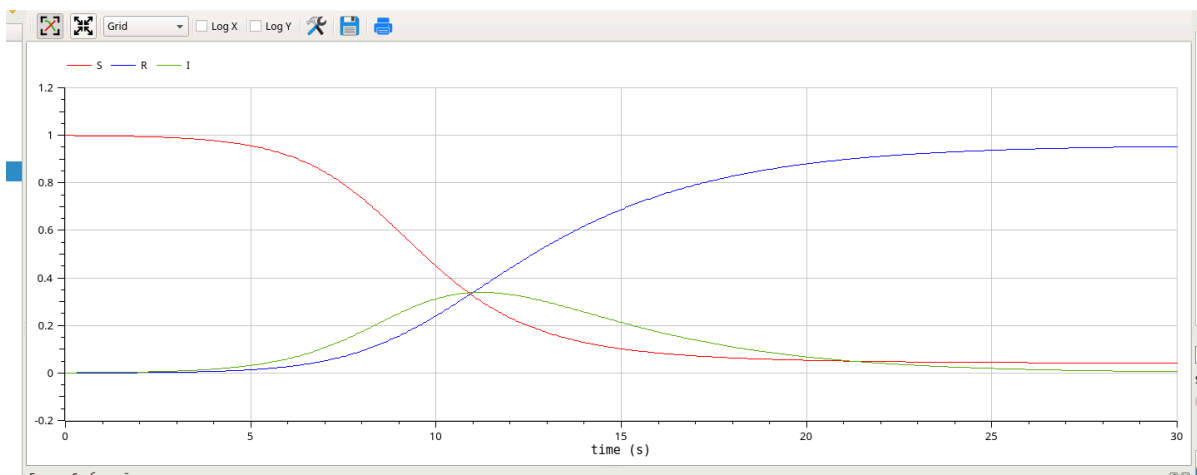
В качестве упражнения нам надо построить модель SIR на OpenModelica.

```

1  model lab1
2    parameter Real S_0 = 0.999;
3    parameter Real I_0 = 0.001;
4    parameter Real R_0 = 0;
5
6    parameter Real N= 1;
7    parameter Real b = 1;
8    parameter Real c= 0.3;
9
10   Real S(start=S_0);
11   Real I(start=I_0);
12   Real R(start=R_0);
13
14   equation
15     der(S) = - (b*S*I)/N;
16     der(I) = (b*S*I)/N - c*I;
17     der(R) = c*I;
18
19   end lab1;

```

задав конечное время 30 с, В результате получаем следующий график



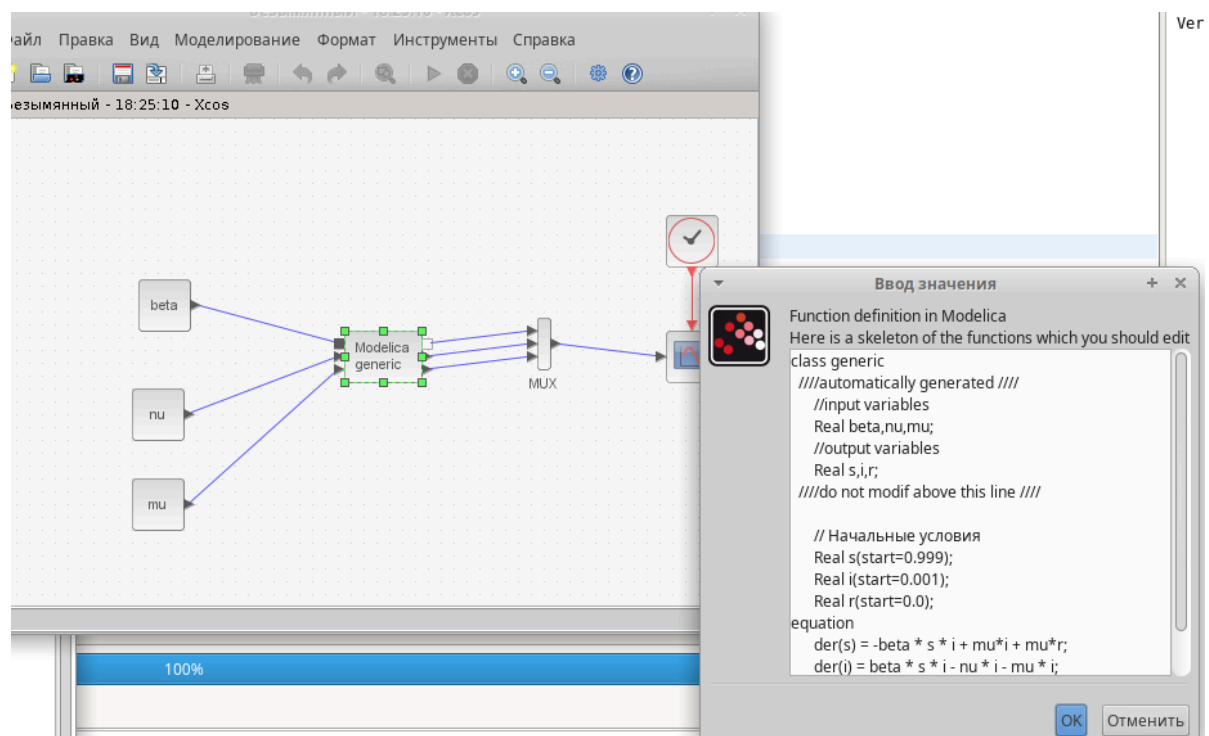
Задание для самостоятельного выполнения

Предположим, что в модели SIR учитываются демографические процессы, в частности, что смертность в популяции полностью уравнивает рождаемость, а все рожденные индивидуумы появляются на свет абсолютно здоровыми. Тогда получим следующую систему уравнений:

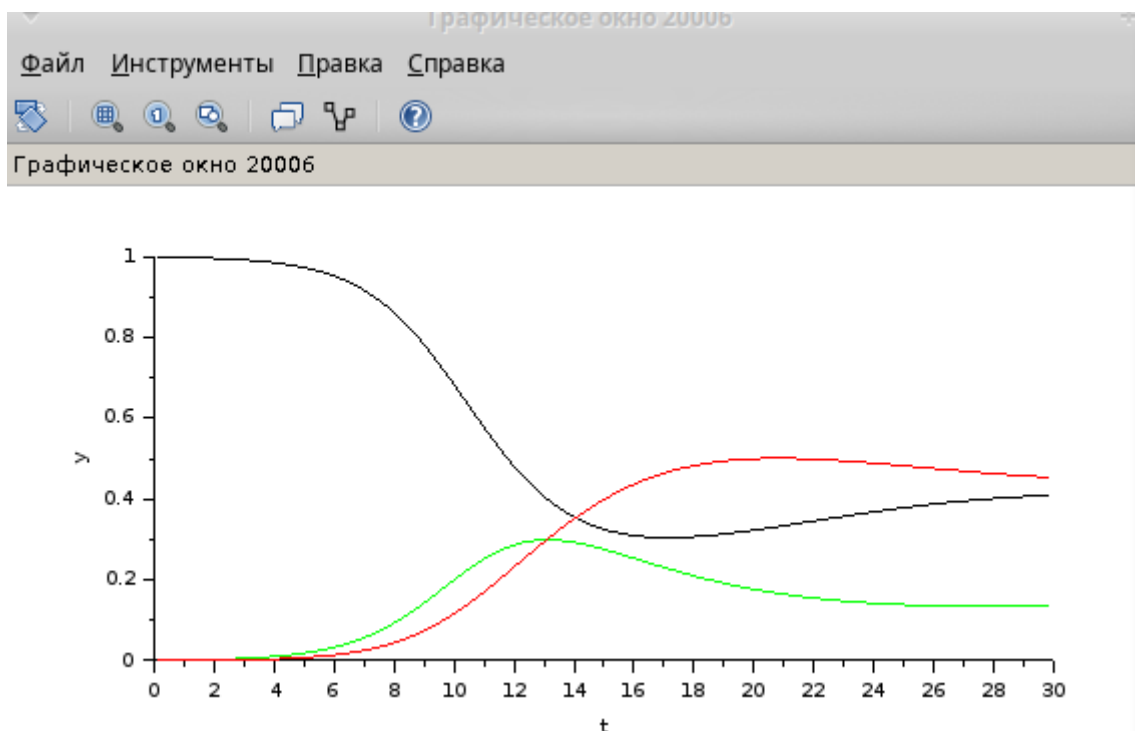
$$\begin{aligned}\dot{s} &= -\beta s(t)i(t) + \mu(N - s(t)) \\ \dot{i} &= \beta s(t)i(t) - \nu i(t) - \mu i(t) \\ \dot{r} &= \nu i(t) - \mu r(t)\end{aligned}$$

где μ — константа, которая равна коэффициенту смертности и рождаемости.

Реализуем модель SIR с учетом демографических процессов в xcos с помощью блоков Modelica



В результате получаем следующий график

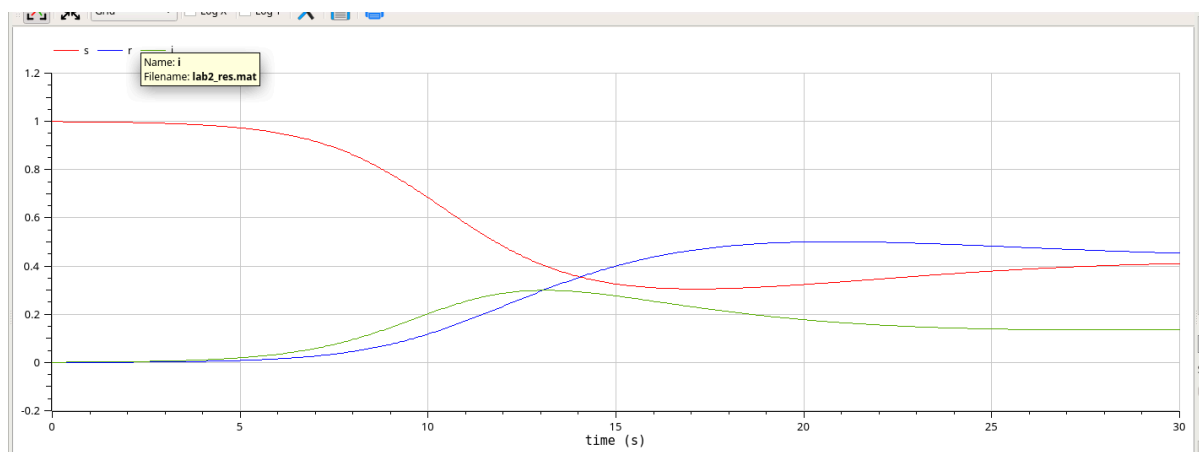


Реализуем модель SIR с учетом демографических процессов на OpenModelica.

```

1  model lab2
2    parameter Real S_0 = 0.999;
3    parameter Real I_0 = 0.001;
4    parameter Real R_0 = 0;
5
6    parameter Real N = 1;
7    parameter Real beta = 1;
8    parameter Real nu = 0.3;
9    parameter Real mu = 0.1;
10
11    Real s(start=S_0);
12    Real i(start=I_0);
13    Real r(start=R_0);
14
15
16
17  equation
18    der(s) = -beta*s*i + mu*i + mu*r;
19    der(i) = beta * s * i - nu * i - mu * i;
20    der(r) = nu * i - mu * r;
21
22  end lab2;

```

Выводы

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

Список литературы{.unnumbered}

::: {#refs}

:::