

# **Лабораторная работа №5**

**Дисциплина: Имитационное моделирование**

Пронякова Ольга Максимовна

# Содержание

|          |                                       |           |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Цель работы</b>                    | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Выполнение лабораторной работы</b> | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>Выводы</b>                         | <b>27</b> |
|          | <b>Список литературы</b>              | <b>28</b> |

# Список иллюстраций

|      |  |    |
|------|--|----|
| 2.1  | Задаю переменные окружения . . . . .                       | 6  |
| 2.2  | Модель SIR в xcos . . . . .                                | 7  |
| 2.3  | Задаю начальные значения в блоках интегрирования . . . . . | 8  |
| 2.4  | Задаю начальные значения в блоках интегрирования . . . . . | 9  |
| 2.5  | Изменяю параметры блока суммирования . . . . .             | 9  |
| 2.6  | Изменяю конечное время интегрирования . . . . .            | 10 |
| 2.7  | Результат программы . . . . .                              | 11 |
| 2.8  | Модель SIR в xcos с применением блока Modelica . . . . .   | 12 |
| 2.9  | Параметры блока Modelica для модели . . . . .              | 13 |
| 2.10 | Параметры блока Modelica для модели . . . . .              | 14 |
| 2.11 | Результат программы . . . . .                              | 15 |
| 2.12 | Реализация SIR в OpenModelica . . . . .                    | 16 |
| 2.13 | Изменяю конечное время интегрирования . . . . .            | 17 |
| 2.14 | Результат программы . . . . .                              | 18 |
| 2.15 | Задаю переменные окружения . . . . .                       | 19 |
| 2.16 | Результат программы . . . . .                              | 20 |
| 2.17 | Модель SIR в xcos с применением блока Modelica . . . . .   | 21 |
| 2.18 | Параметры блока Modelica для модели . . . . .              | 22 |
| 2.19 | Параметры блока Modelica для модели . . . . .              | 23 |
| 2.20 | Результат программы . . . . .                              | 24 |
| 2.21 | Реализация SIR в OpenModelica . . . . .                    | 25 |
| 2.22 | Результат программы . . . . .                              | 26 |

## **Список таблиц**

# 1 Цель работы

Ознакомиться с Моделью эпидемии (SIR). Выполнить задания на эту тему.

## 2 Выполнение лабораторной работы

Модель SIR предложена в 1927 г. (W. O. Kermack, A. G. McKendrick). С описанием модели можно ознакомиться, например в [1]. Предполагается, что особи популяции размера  $N$  могут находиться в трёх различных состояниях: –  $S$  (susceptible, уязвимые) – здоровые особи, которые находятся в группе риска и могут подхватить инфекцию; –  $I$  (infective, заражённые, распространяющие заболевание) – заразившиеся переносчики болезни; –  $R$  (recovered/removed, вылечившиеся) – те, кто выздоровел и перестал распространять болезнь (в эту категорию относят, например, приобретших иммунитет или умерших).

Зафиксируем начальные данные:  $\beta = 1$ ,  $\nu = 0,3$ ,  $s(0) = 0,999$ ,  $i(0) = 0,001$ ,  $r(0) = 0$ . В меню Моделирование, Задать переменные окружения задаю значения переменных  $\beta$  и  $\nu$  (рис.2.1).

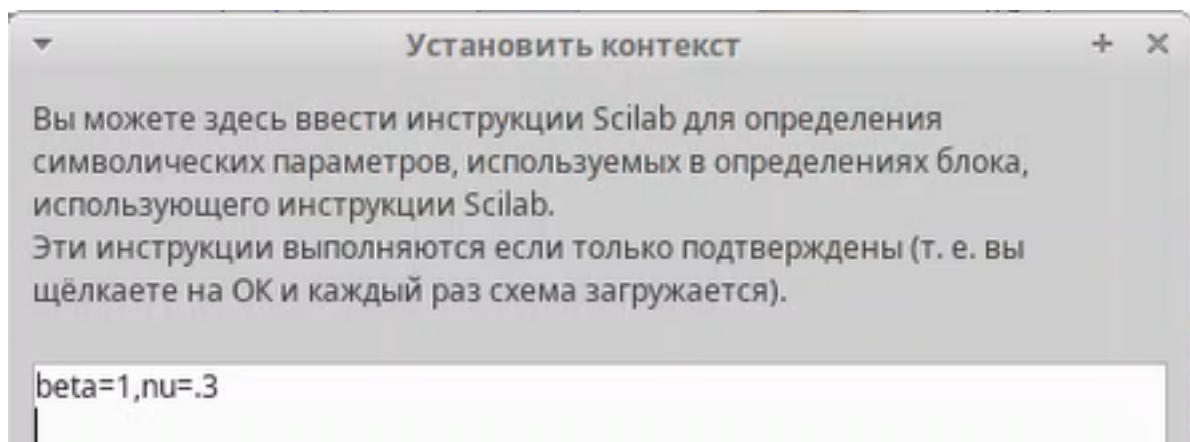


Рис. 2.1: Задаю переменные окружения

Строю модель по аналогии с инструкцией (рис.2.2).

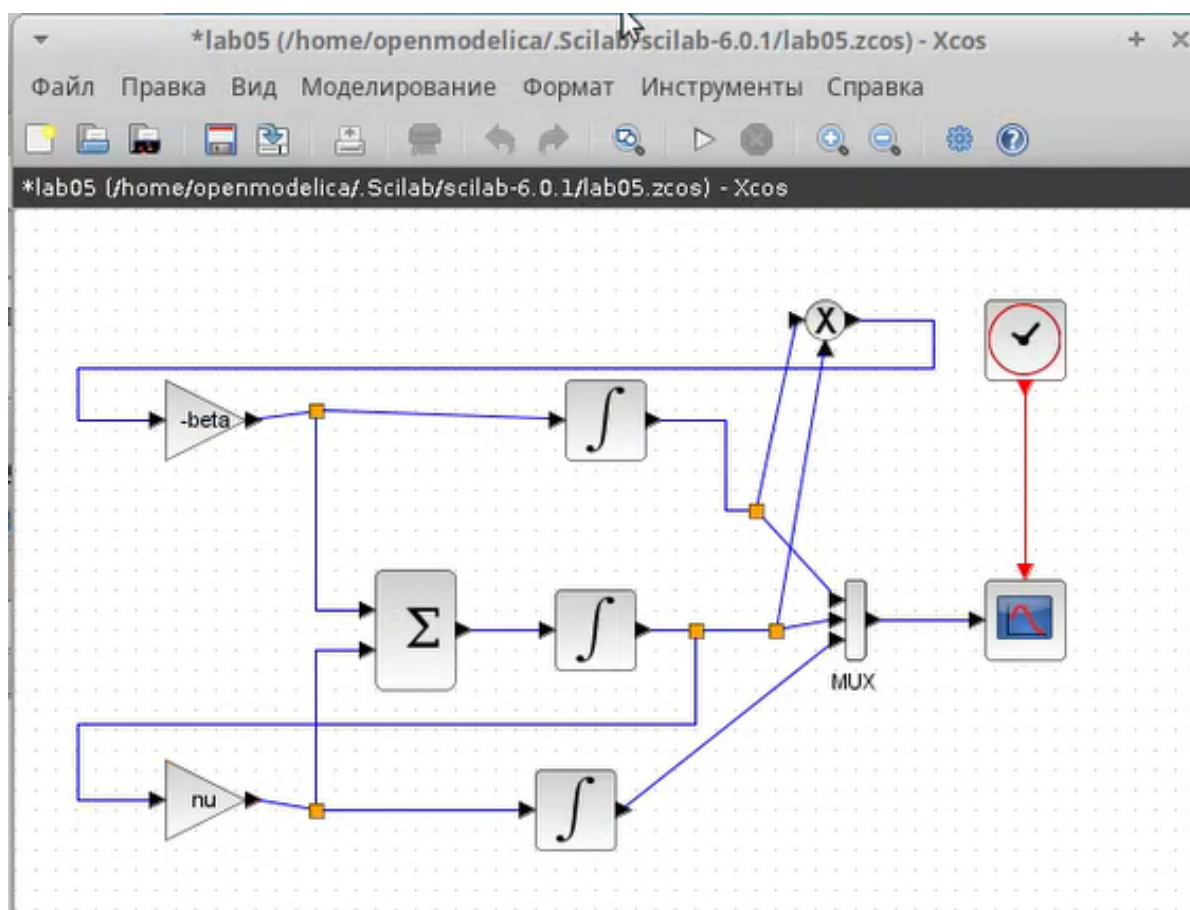


Рис. 2.2: Модель SIR в xcos

Выходы трёх блоков интегрирования соединяем с мультиплексором. В параметрах верхнего и среднего блока интегрирования задаю начальные значения  $s(0) = 0,999$  и  $i(0) = 0,001$  (рис.2.3). (рис.2.4).

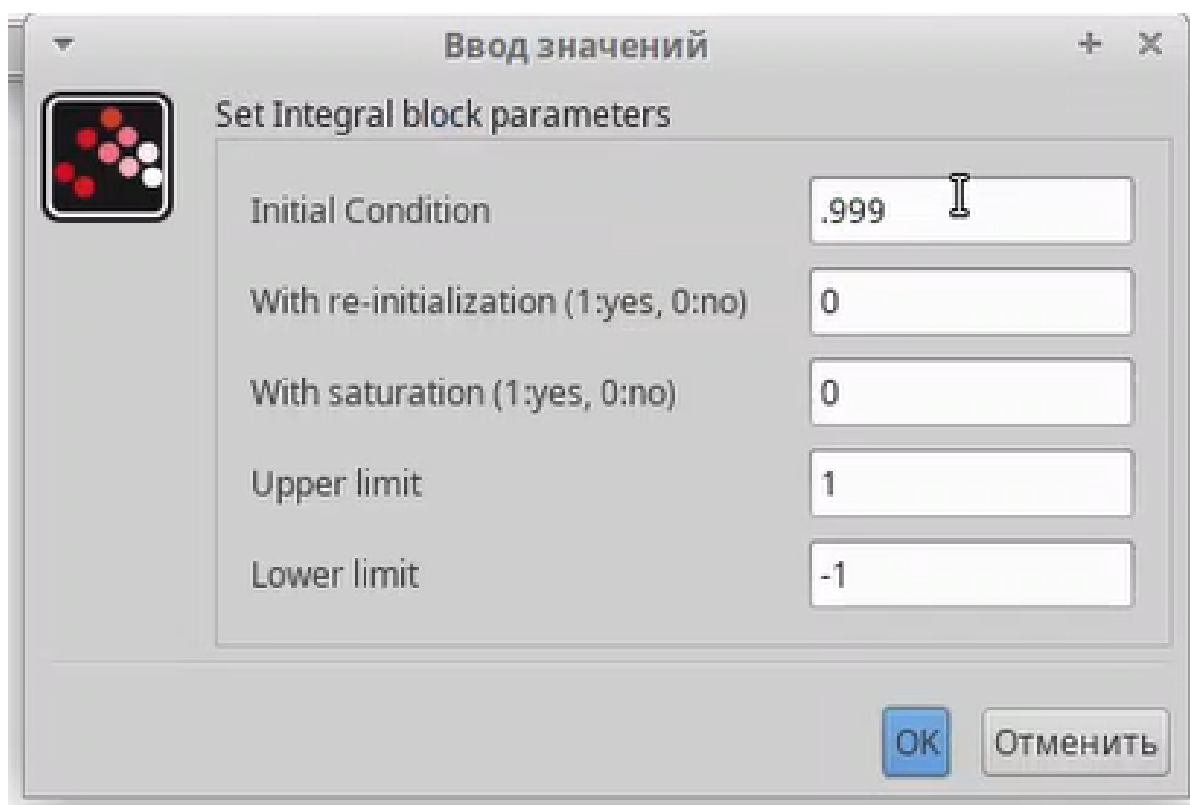


Рис. 2.3: Задаю начальные значения в блоках интегрирования



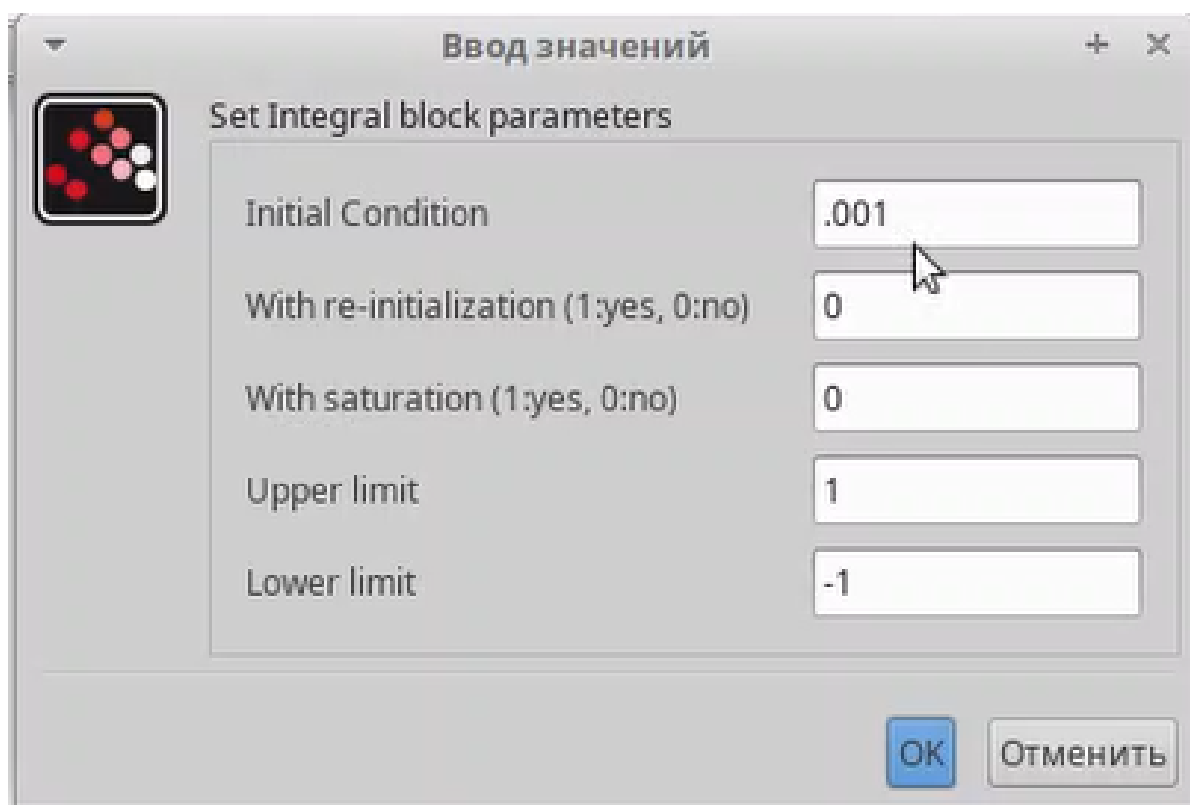


Рис. 2.4: Задаю начальные значения в блоках интегрирования

Изменяю параметры блока суммирования(рис.2.5).

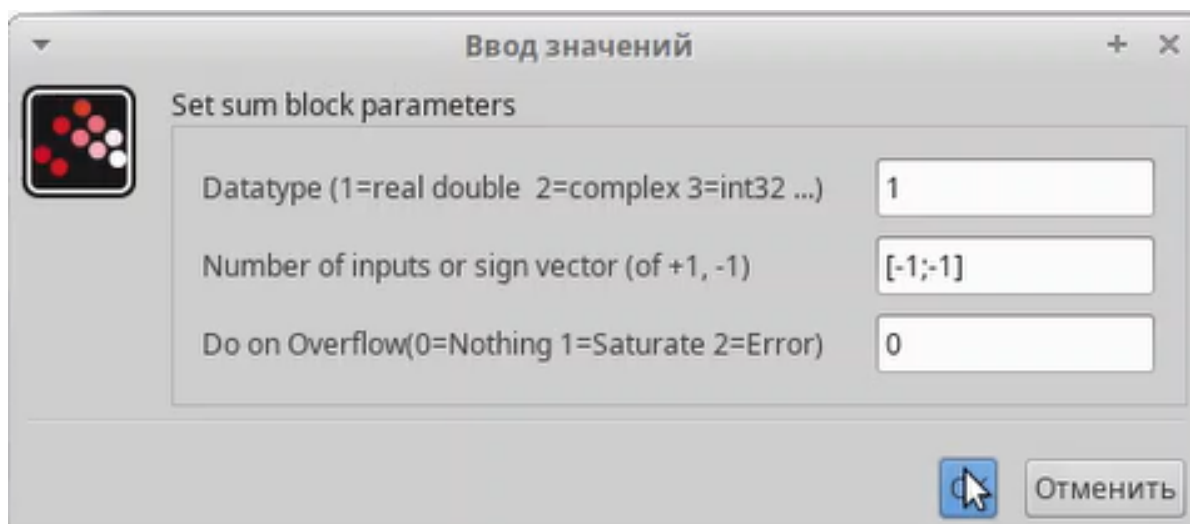


Рис. 2.5: Изменяю параметры блока суммирования

изменяю параметры моделирования и ставлю конечное время интегрирования

на 30(рис.2.6).

| 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 - FUNCTIONAL |
| Максимальный размер шага (0 означает "без ограничения") | 0.0E00                            |

Установить контекст

OK Отменить По умолчанию

Рис. 2.6: Изменяю конечное время интегрирования

Результат программы - график(рис.2.7).

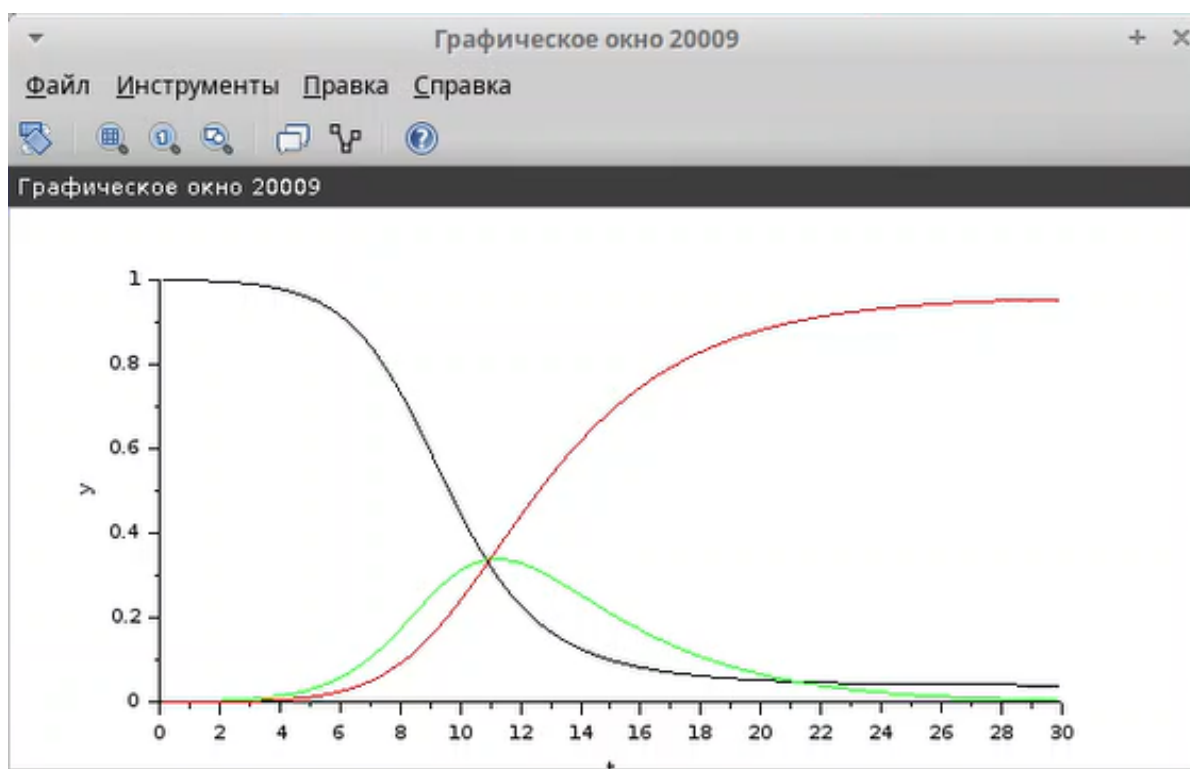


Рис. 2.7: Результат программы

Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos. Для реализации модели с помощью языка Modelica помимо блоков CLOCK\_c, CSCCOPE, TEXT\_f и MUX требуются блоки CONST\_m — задаёт константу; MBLOCK (Modelica generic) — блок реализации кода на языке Modelica. Задаём значения переменных  $\beta$  и  $\nu$ . Переменные на входе ("beta", "nu") и выходе ("s", "i", "r") блока заданы как внешние ("E"). реализуую модель SIR в xcos с применением блока Modelica(рис.2.8).

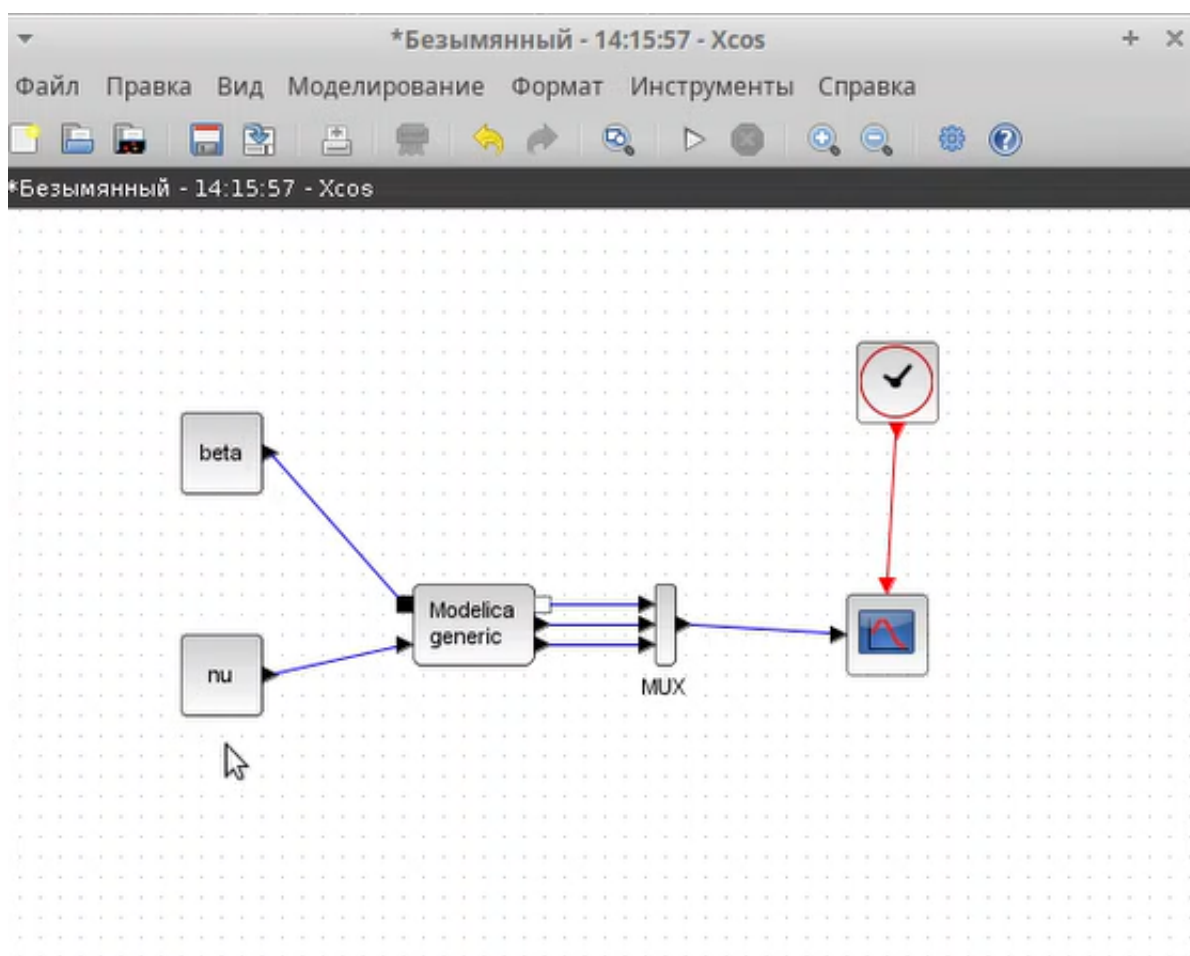


Рис. 2.8: Модель SIR в xcos с применением блока Modelica

Настраиваю Параметры блока Modelica для модели. Пишу Код на языке Modelica(рис.2.9), (рис.2.10).

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

Рис. 2.9: Параметры блока Modelica для модели

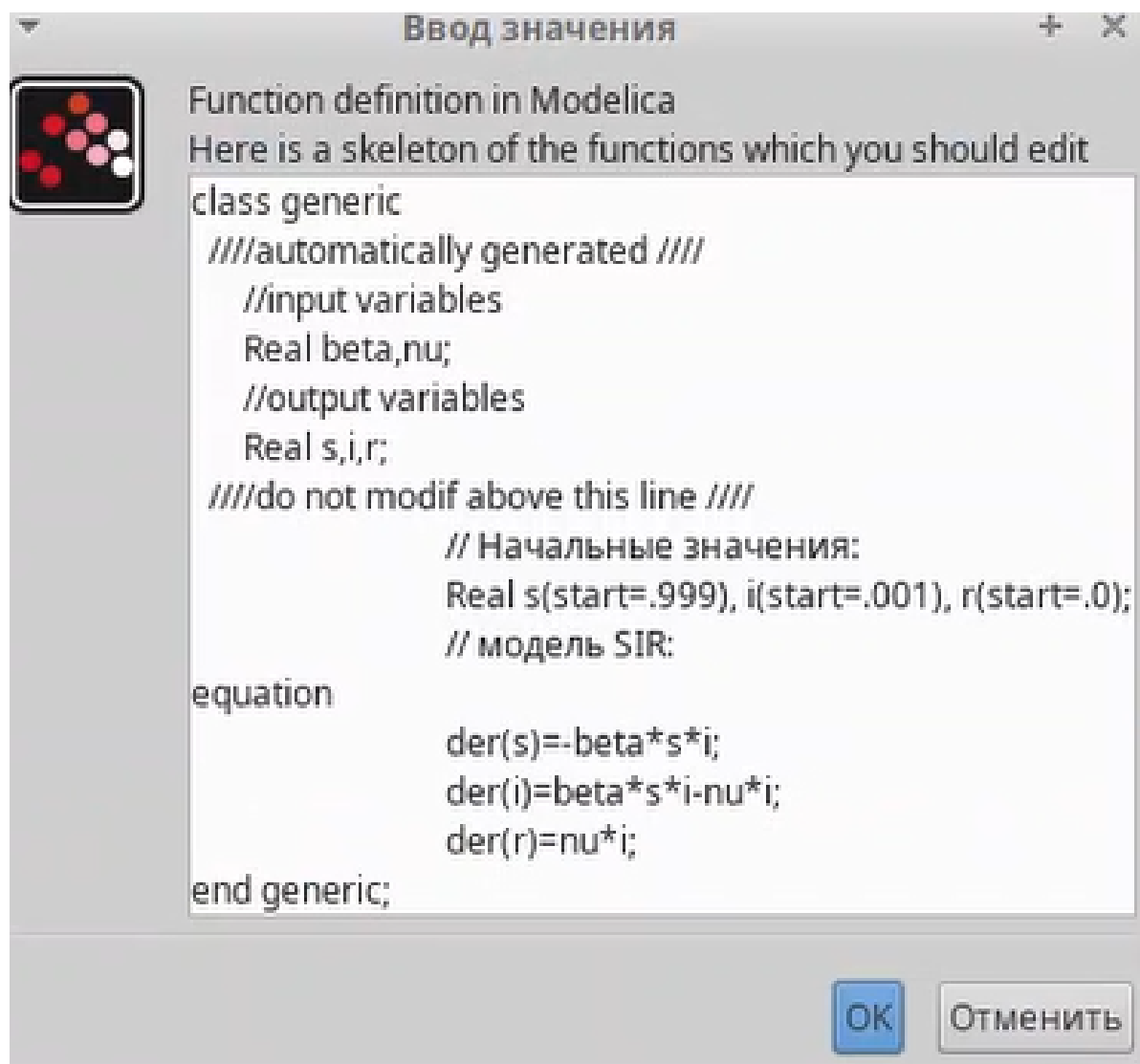


Рис. 2.10: Параметры блока Modelica для модели

Результат программы - график(рис.2.11).

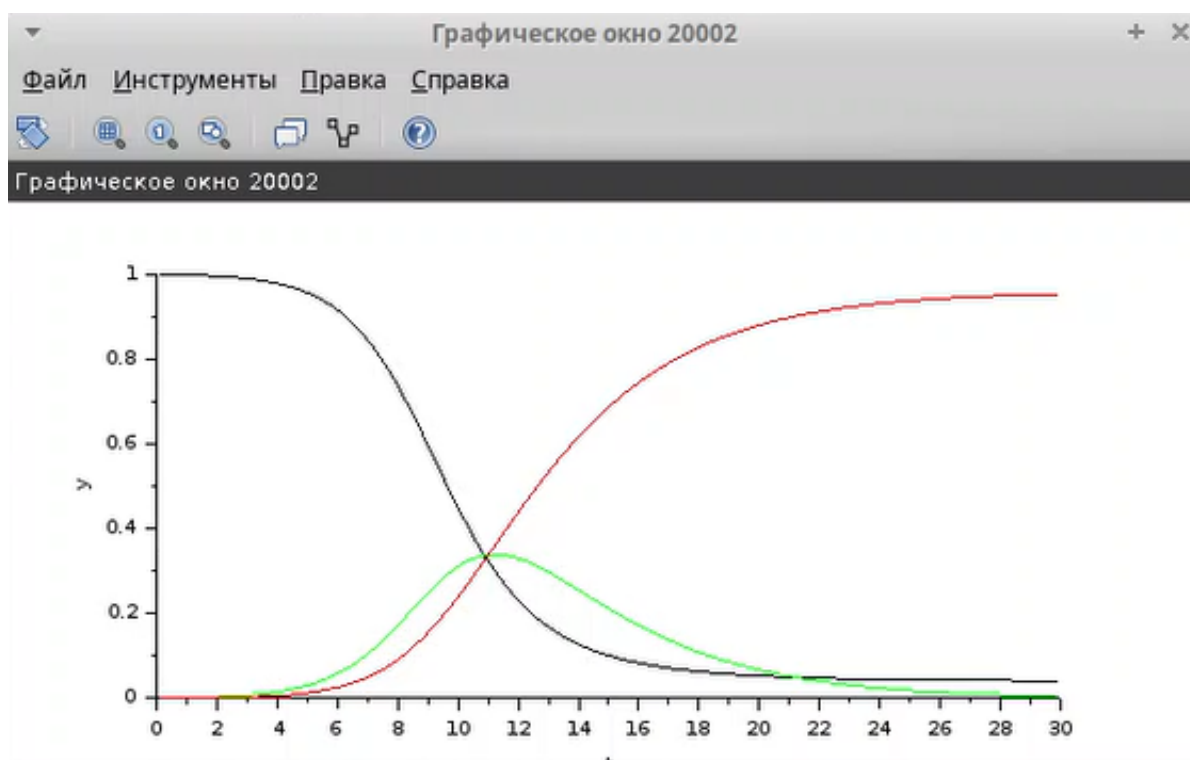
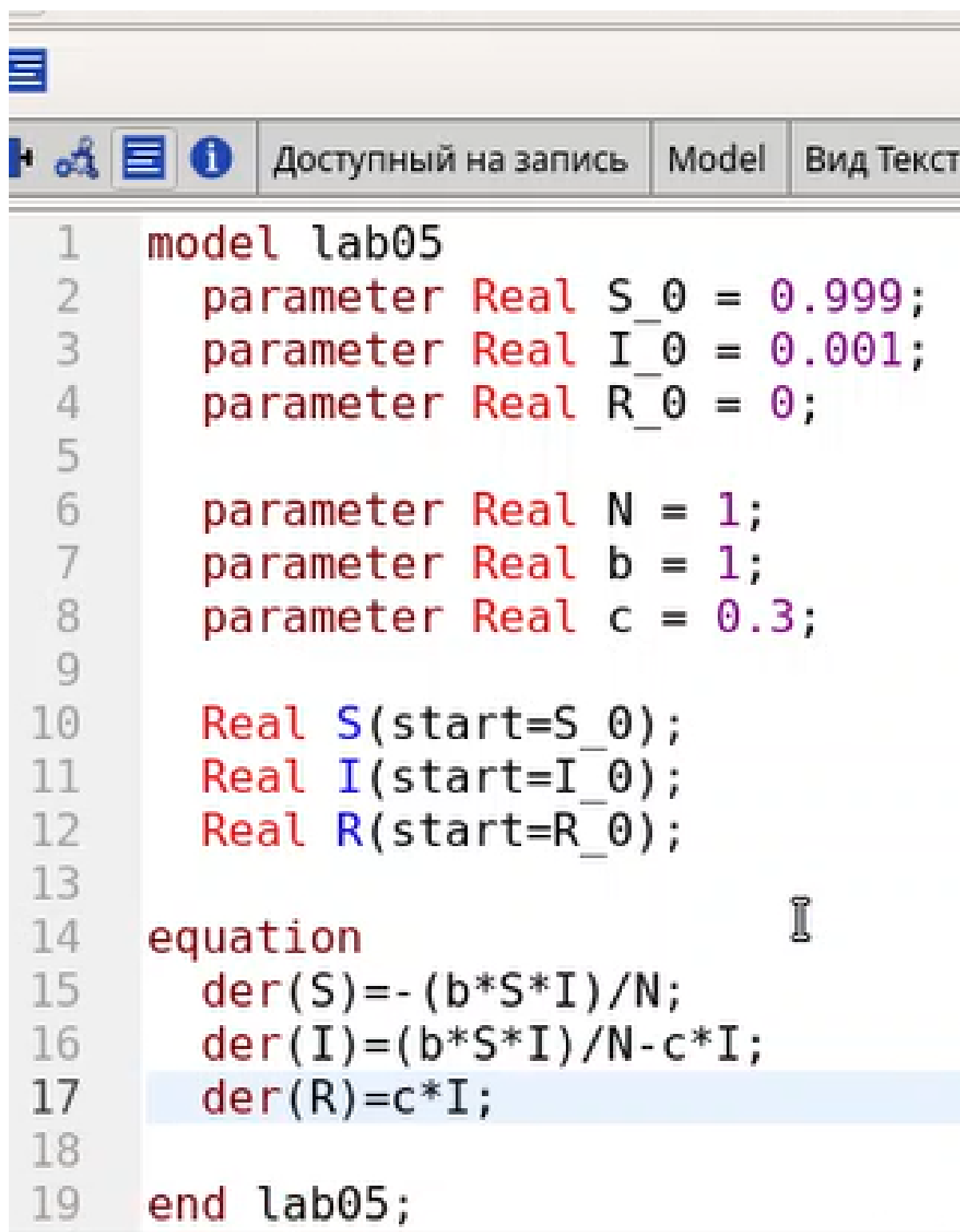


Рис. 2.11: Результат программы

Реализую модель SIR в OpenModelica(рис.2.12).



```
1  model lab05
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 lab05;
```

Рис. 2.12: Реализация SIR в OpenModelica

Изменяю параметры моделирования и ставлю конечное время интегрирова-



ния на 30(рис.2.13).

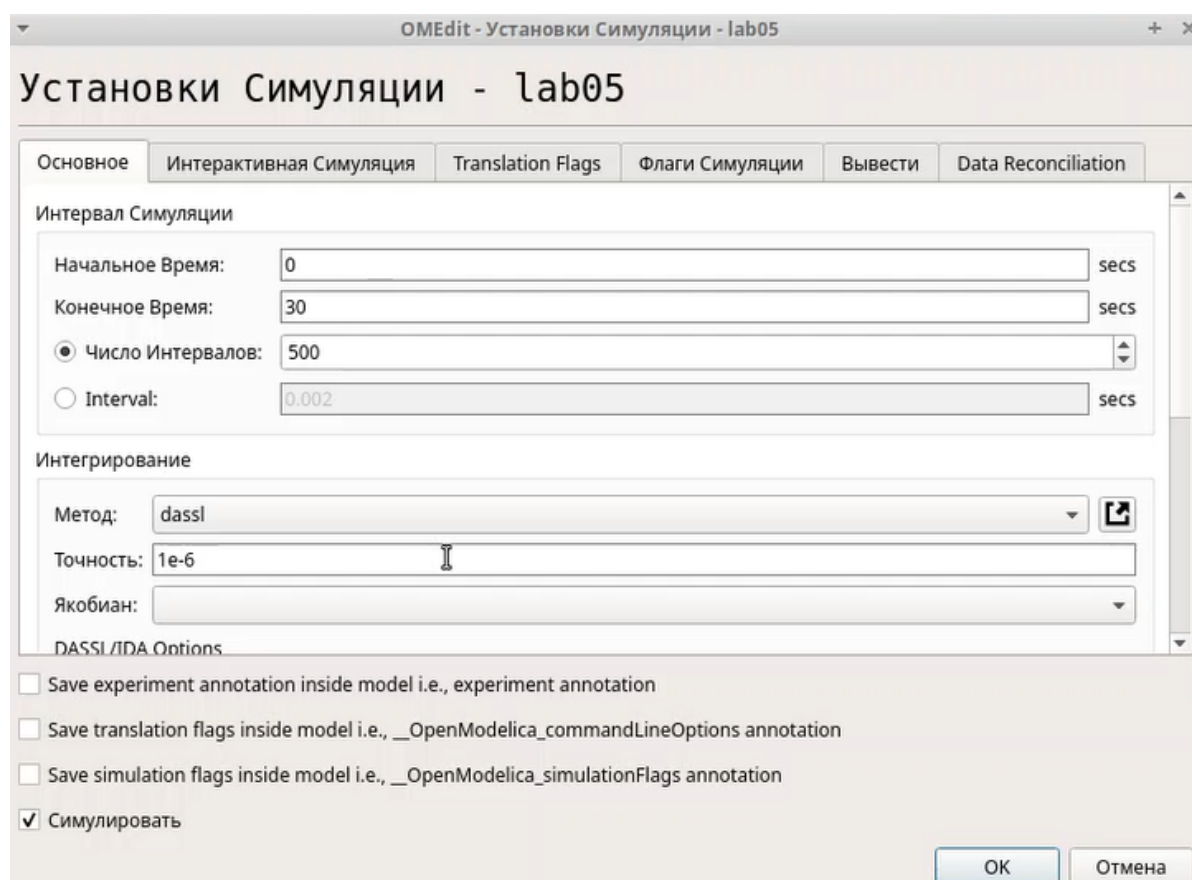


Рис. 2.13: Изменяю конечное время интегрирования

Результат прпрограммы - график(рис.2.14).

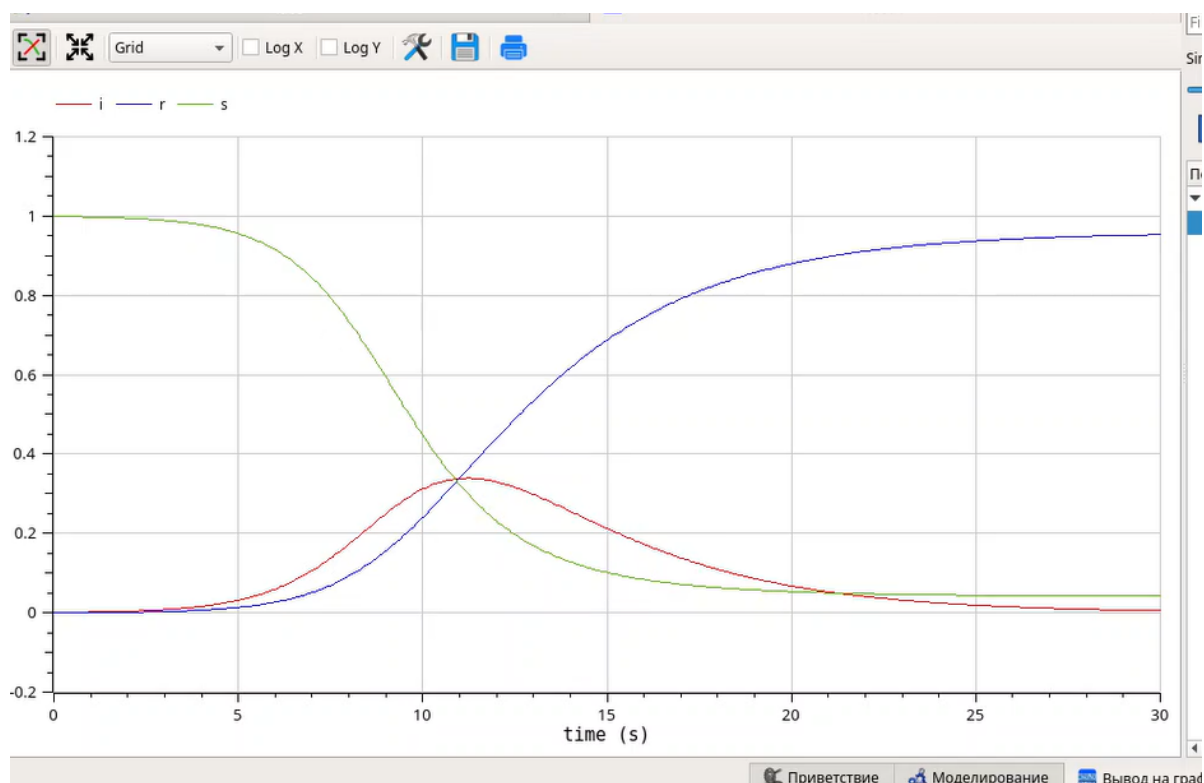


Рис. 2.14: Результат программы

Требуется: – 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  $\beta$ ); – сделать анализ полученных графиков в зависимости от выбранных значений параметров модели.

Зафиксируем начальные данные:  $\beta = 1$ ,  $\mu = 0,3$ ,  $\mu_i = 0.1$ ,  $s(0) = 0,999$ ,  $i(0) = 0,001$ ,  $r(0) = 0$ . В меню Моделирование, Задать переменные окружения задаю значения переменных  $\beta$  и  $\mu$ . строю модель, подходящую под заданное уравнение(рис.2.15).

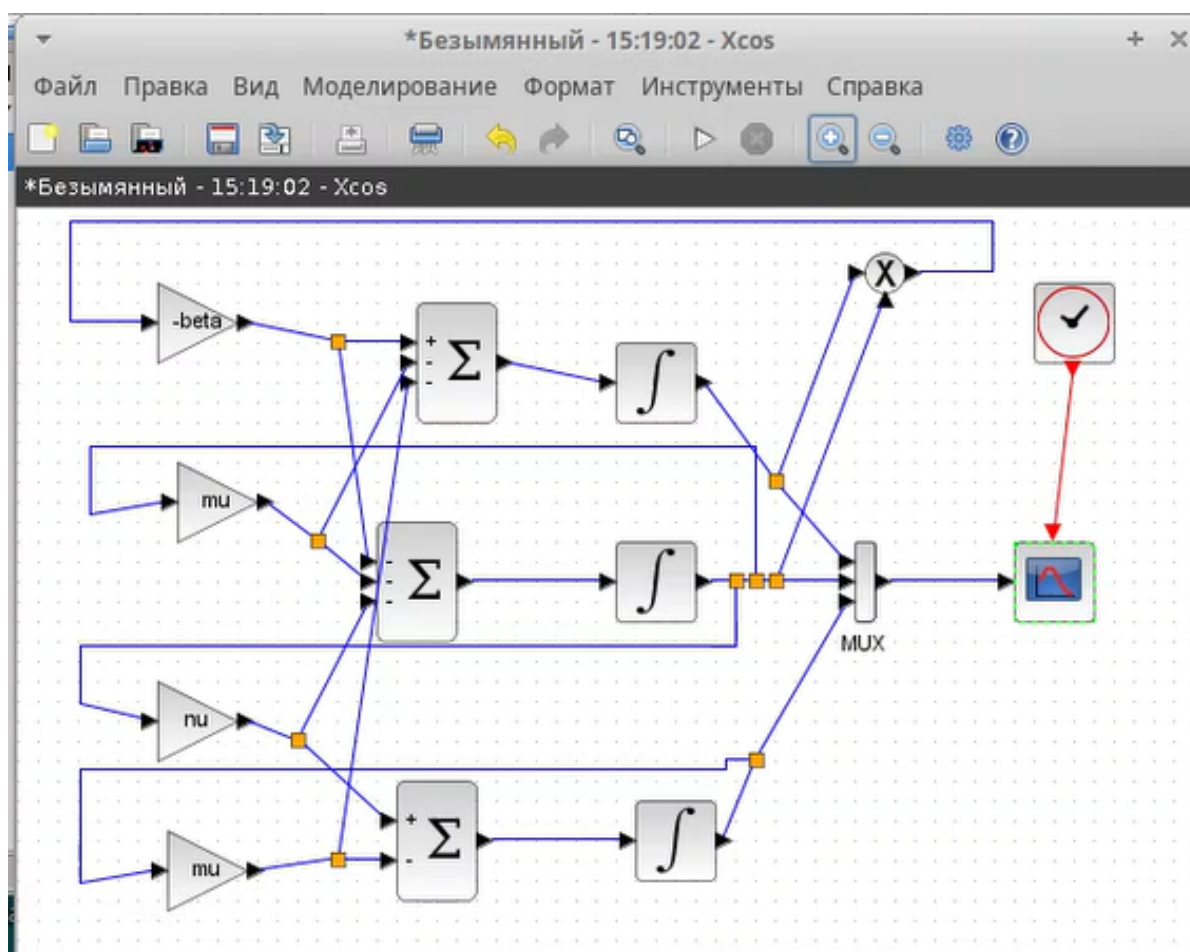


Рис. 2.15: Задаю переменные окружения

Результат прпограммы - график(рис.2.16).

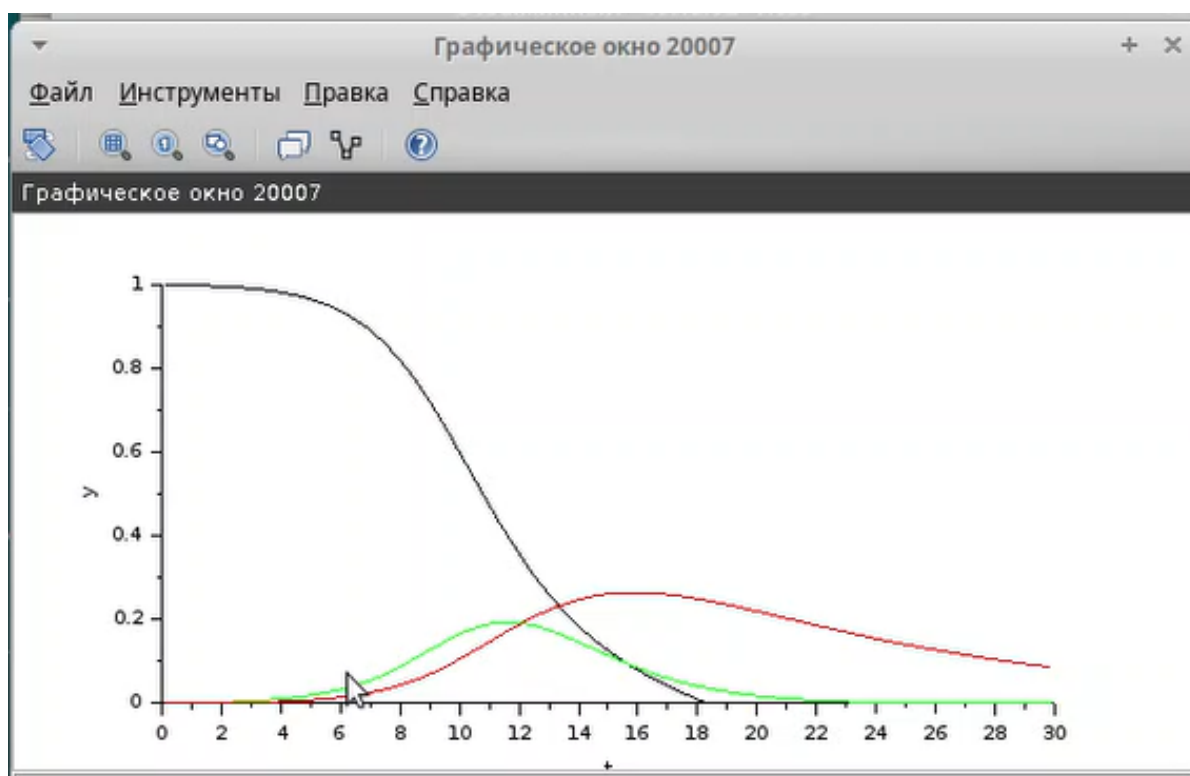


Рис. 2.16: Результат программы

Реализация модели с помощью блока Modelica в xcos. Для реализации модели 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  $\beta$  и  $\mu$ . Переменные на входе (“beta”, “nu”. mu) и выходе (“s”, “i”, “r”) блока заданы как внешние (“E”). реализую модель SIR в xcos с применением блока Modelica(рис.2.17).

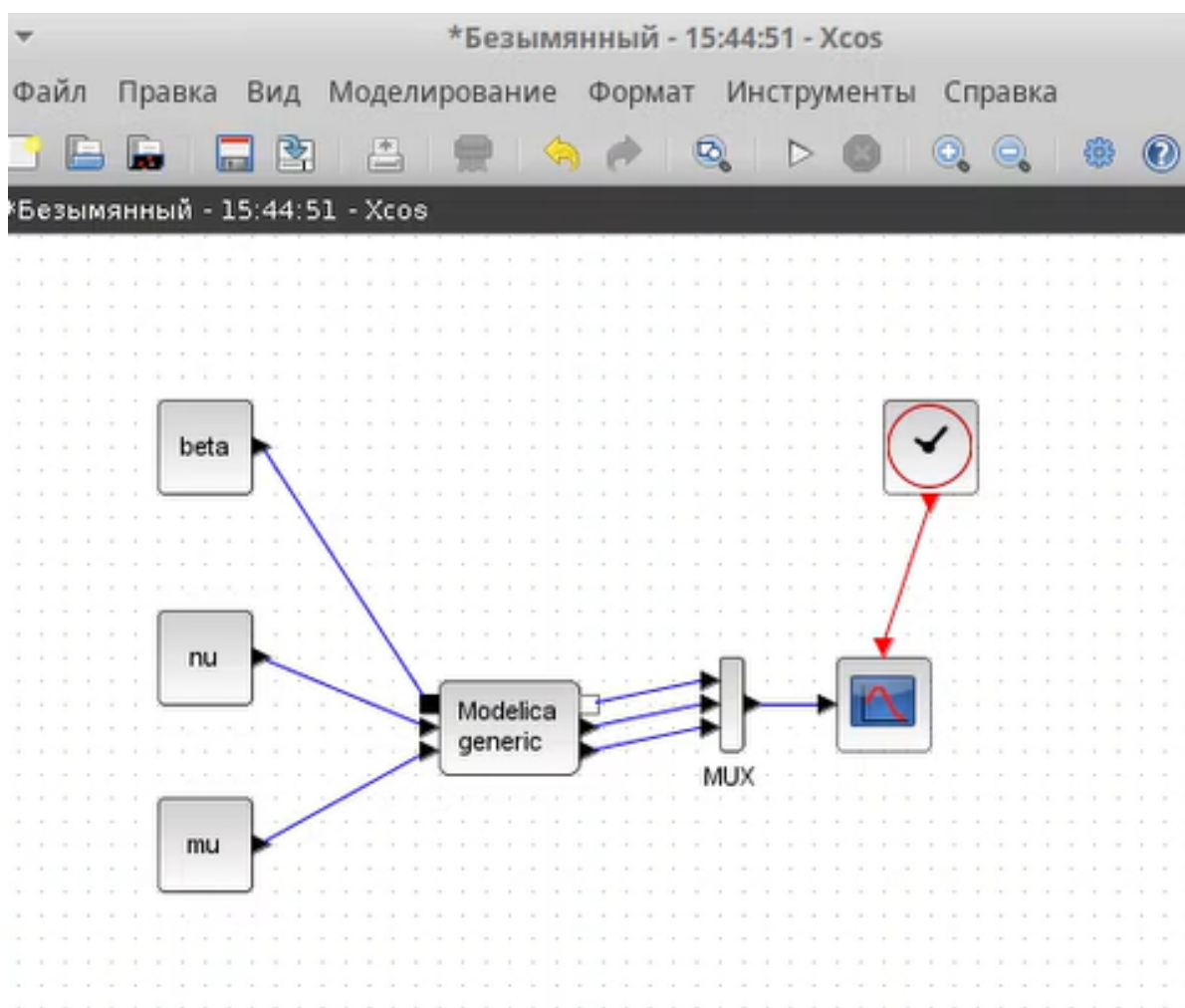


Рис. 2.17: Модель SIR в xcos с применением блока Modelica

Настраиваю Параметры блока Modelica для модели. Пишу Код на языке Modelica(рис.2.18), (рис.2.19).

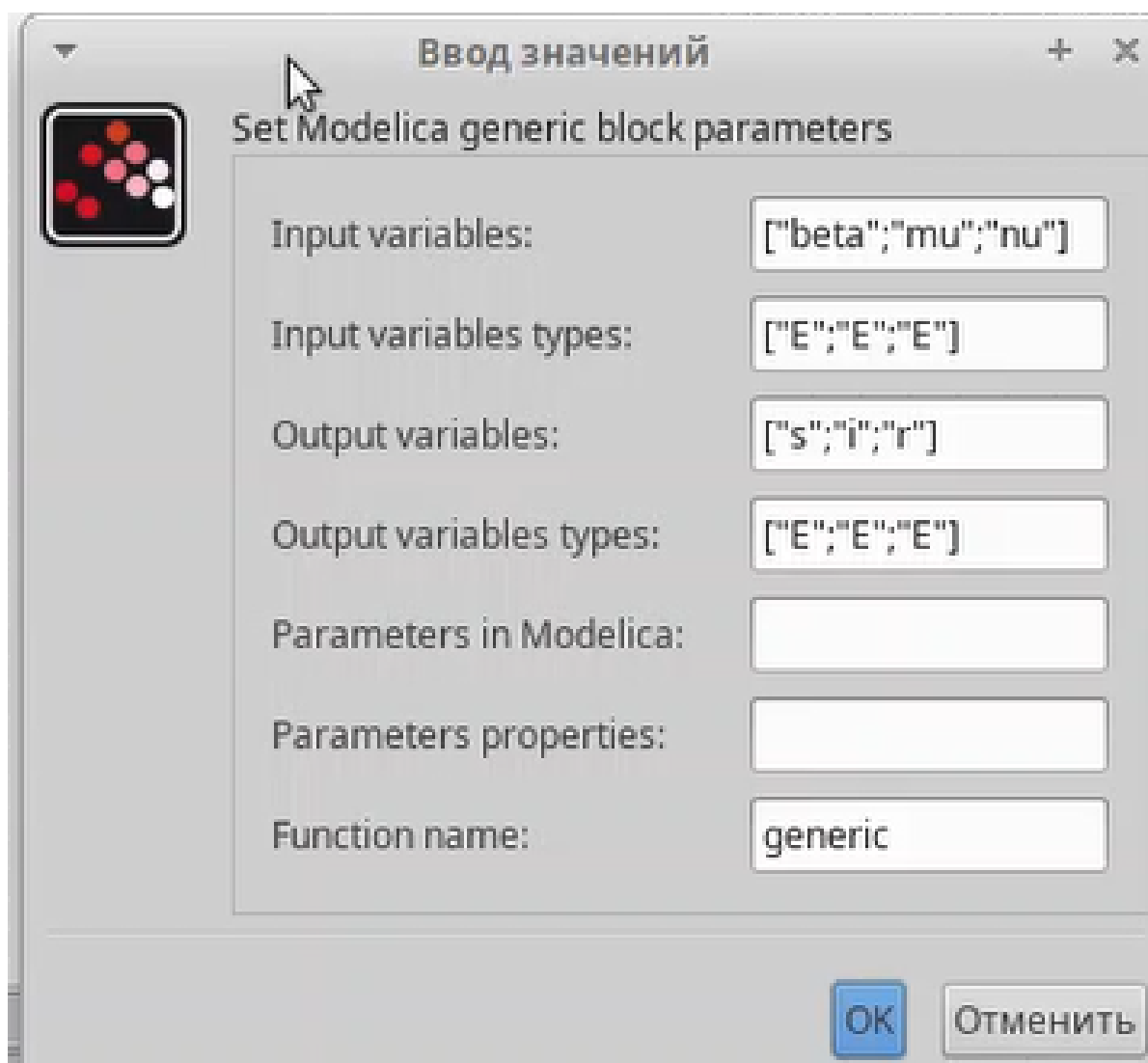


Рис. 2.18: Параметры блока Modelica для модели

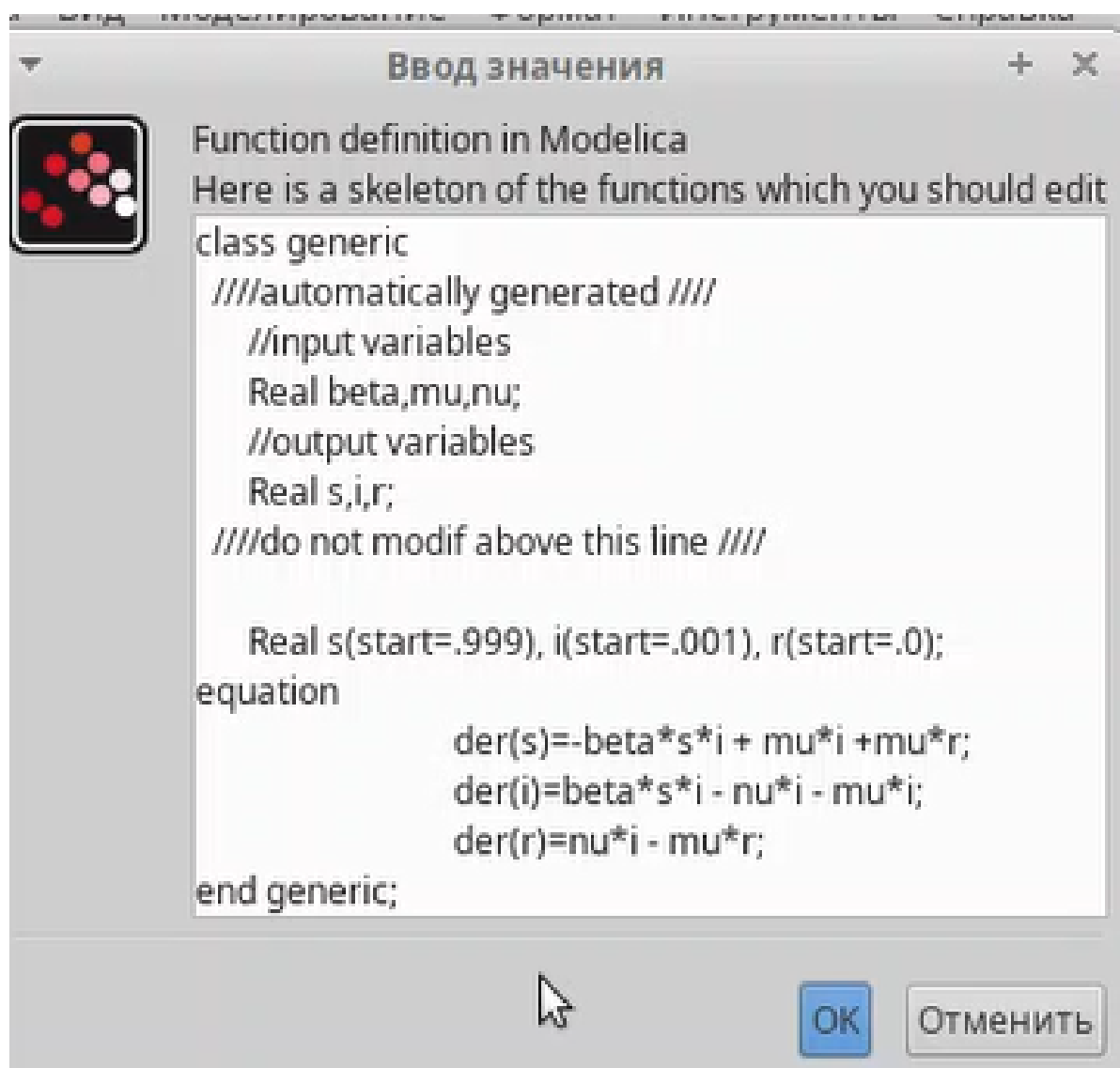


Рис. 2.19: Параметры блока Modelica для модели

Результат прпрограммы - график(рис.2.20).

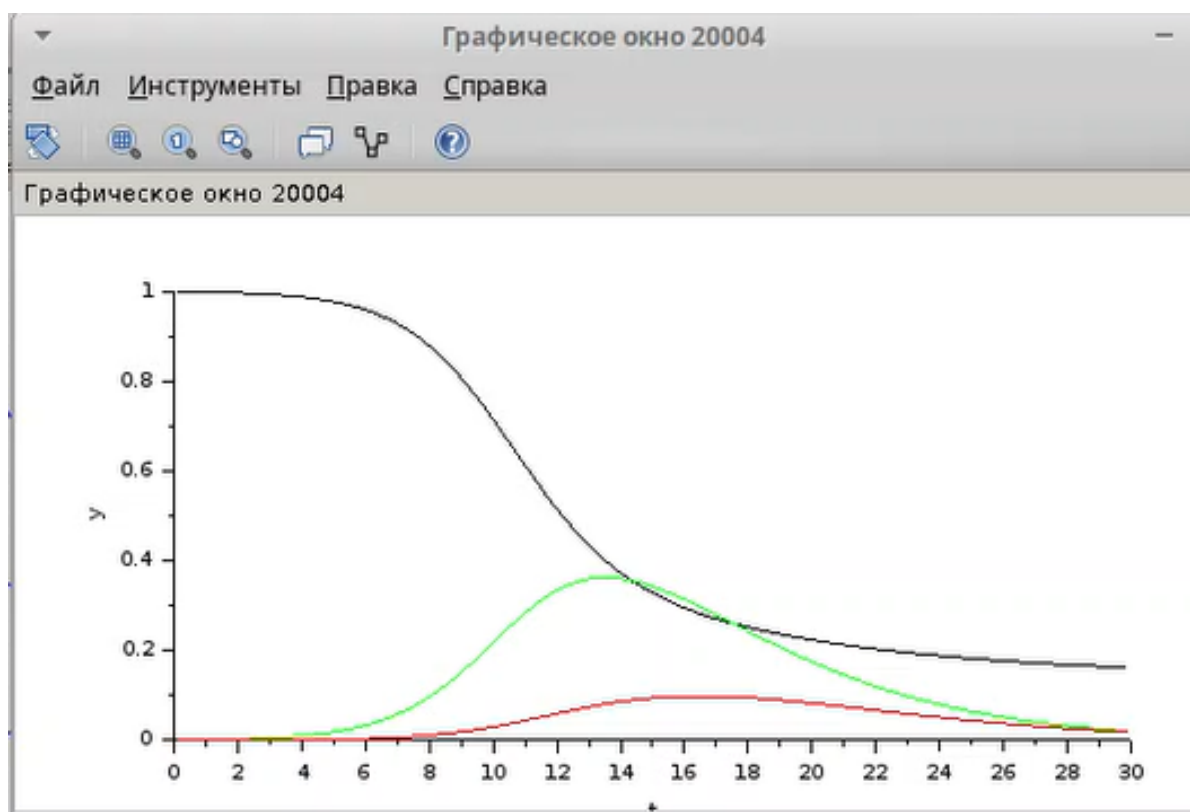
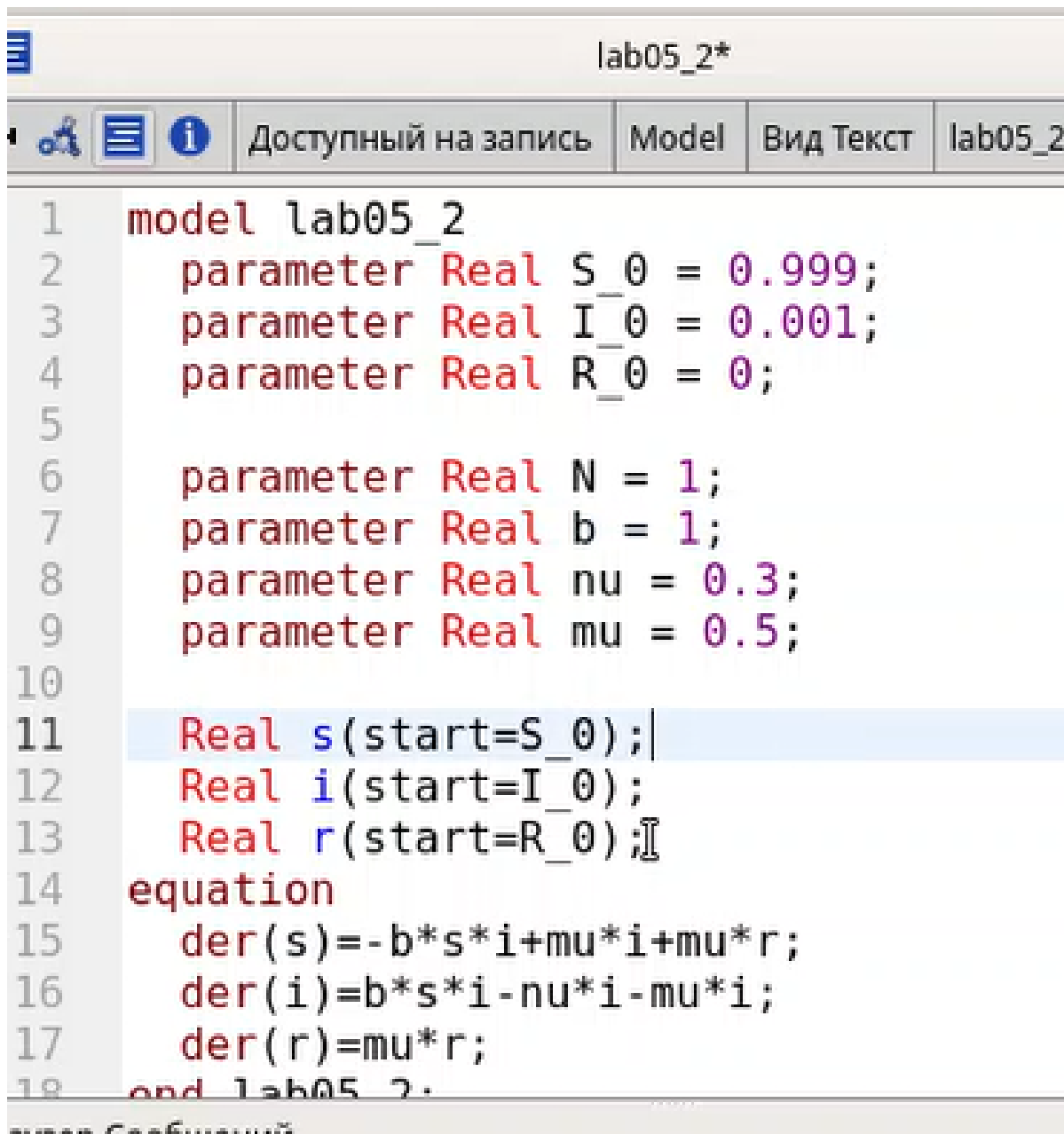


Рис. 2.20: Результат программы

Реализую модель SIR в OpenModelica. Изменяю параметры моделирования и ставлю конечное время интегрирования на 30(рис.2.21).





```
1 model lab05_2
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 nu = 0.3;
9   parameter Real mu = 0.5;
10
11   Real s(start=S_0);
12   Real i(start=I_0);
13   Real r(start=R_0);
14   equation
15     der(s)=-b*s*i+mu*i+mu*r;
16     der(i)=b*s*i-nu*i-mu*i;
17     der(r)=mu*r;
18 end lab05_2;
```

Рис. 2.21: Реализация SIR в OpenModelica

Результат прпрограммы - график(рис.2.22).

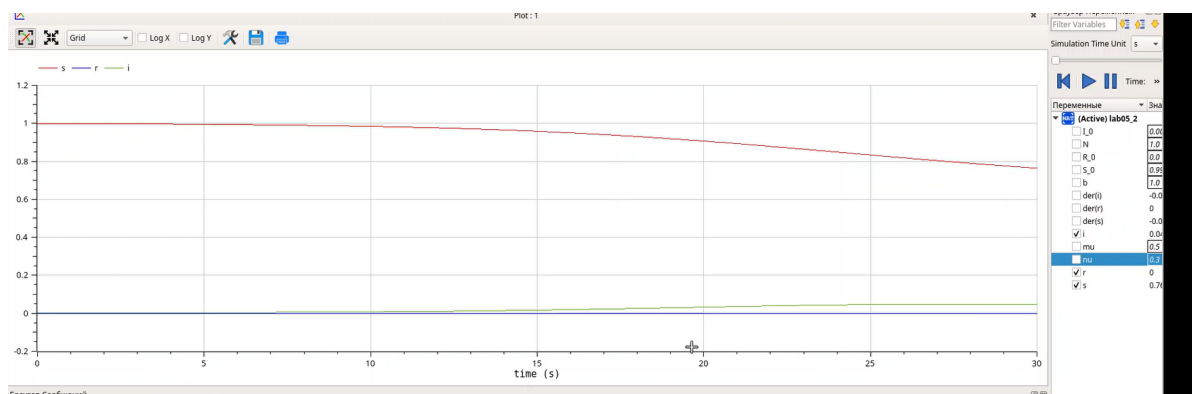


Рис. 2.22: Результат программы

## **3 Выводы**

Ознакомилась с Моделью эпидемии (SIR). Выполнила задания на эту тему.

## **Список литературы**