

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

Факультет физико-математических и естественных наук

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №4

=====

Модель гармонических колебаний

дисциплина: Математическое моделирование

Студент: Койфман Кирилл Дмитриевич

Группа: НПИбд-01-21

Введение.

Цель работы.

Разработать решение для модели гармонических колебаний с помощью математического моделирования на языках Julia и OpenModelica.

Описание задания

Постройте фазовый портрет гармонического осциллятора и решение уравнения гармонического осциллятора для следующих случаев:

1. Колебания гармонического осциллятора без затуханий и без действий внешней силы $x'' + 4.4x = 0$
2. Колебания гармонического осциллятора с затуханием и без действий внешней

силы $x'' + 4.4x + 0.4x = 0$

3. Колебания гармонического осциллятора с затуханием и под действием внешней силы $x'' + 4.0x + 4.0x = 0.4\sin(4t)$

На интервале $t \in [0; 64]$ (шаг 0.05) с начальными условиями $x_0 = 0.4$, $y_0 = 0.4$

Задачи.

1. Реализовать модель и построить фазовый портрет гармонического осциллятора и график решения уравнения гармонического осциллятора на языке Julia для 3-х случаев.
2. Реализовать модель и построить фазовый портрет гармонического осциллятора и график решения уравнения гармонического осциллятора на языке OpenModelica для 3-х случаев.

Ход работы

1 задание

Запишем решение уравнения гармонического осциллятора для 3-х случаев на языке Julia (рис.1 - рис.3):

```
using Plots;
using DifferentialEquations;

# x'' + 4.4x = 0 (NO damping and NO external force)
function no_damping_no_external_force(du, u, p, t)
    a = p
    du[1] = u[2]
    du[2] = -a*u[1]
end

const x = 0.4
const y = 0.4
u0 = [x, y]
p = 4.4
timeSpan = (0.0, 64.0)

problem = ODEProblem(no_damping_no_external_force, u0, timeSpan, p)
solution = solve(problem, dtmax = 0.05)
gr()

plot(solution, xaxis = "t", lable = "", legend = false, title = "Решение
уравнения гармонического осциллятора")
savefig("model_1_1.png")
plot(solution, vars=(2,1), xaxis = "x", yaxis = "y", lable = "", legend =
false, title = "Фазовый портрет гармонического осциллятора")
savefig("model_1_2.png")
```

Решение уравнения гармонического осциллятора

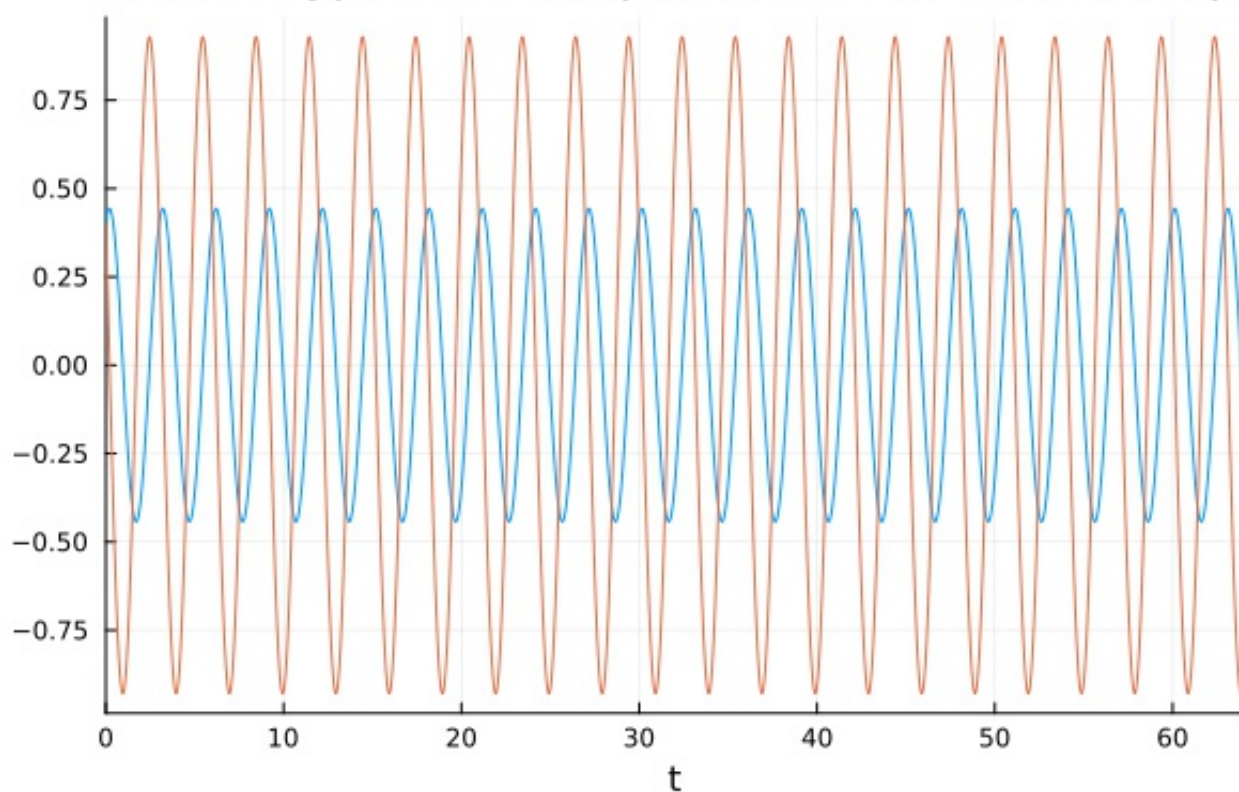


РИС.1 (Для 1-го случая (без затуханий и без действий внешней силы))

Фазовый портрет гармонического осциллятора

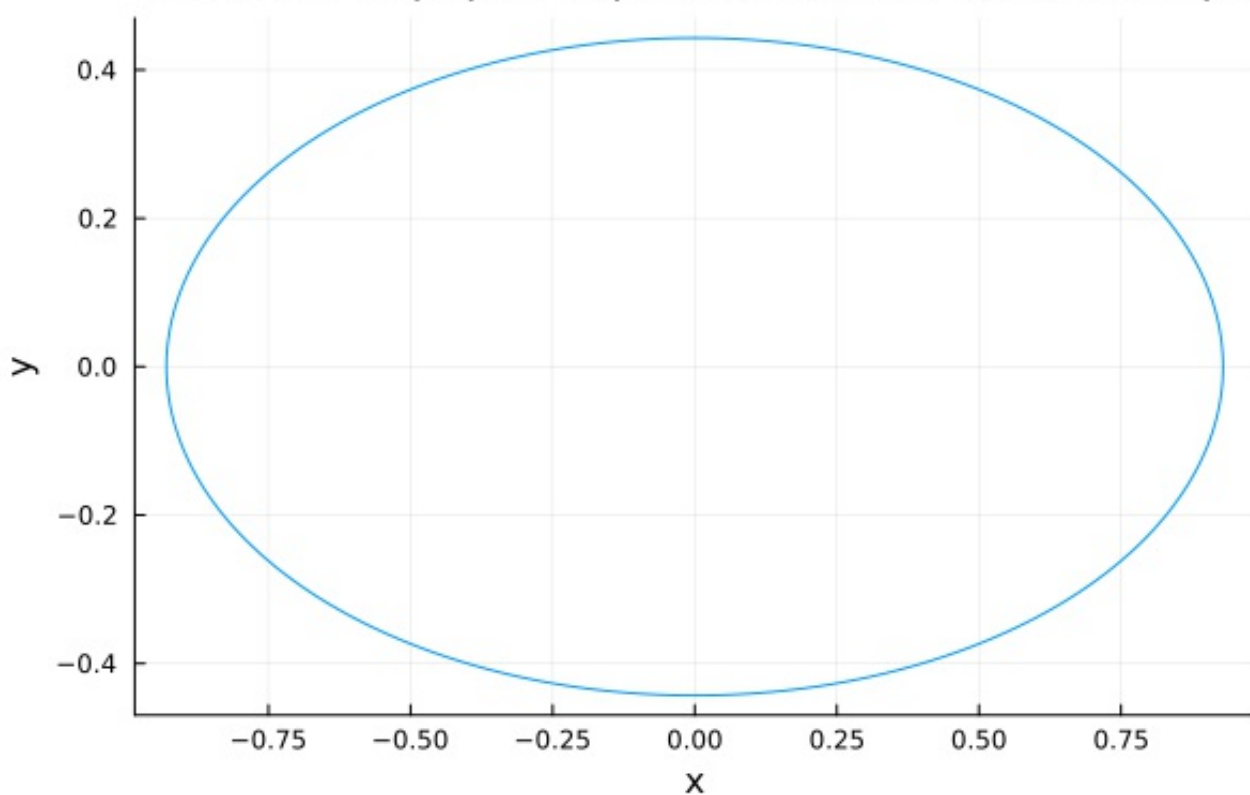


РИС.2 (Для 1-го случая (без затуханий и без действий внешней силы))

```

using Plots;
using DifferentialEquations;

#  $x'' + 4.4x' + 0.4x = 0$  (WITH damping and NO external force)
function damping_no_external_force(du, u, p, t)
    a, b = p
    du[1] = u[2]
    du[2] = -a*du[1] - b*u[1]
end

const x = 0.4
const y = 0.4
u0 = [x, y]
p = (4.4, 0.4)
timeSpan = (0.0, 64.0)

problem = ODEProblem(damping_no_external_force, u0, timeSpan, p)
solution = solve(problem, dtmax = 0.05)

gr()

plot(solution, xaxis = "t", lable = "", legend = false, title = "Решение
уравнения гармонического осциллятора")
savefig("model_2_1.png")
plot(solution, vars=(2,1), xaxis = "x", yaxis = "y", lable = "", legend =
false, title = "Фазовый портрет гармонического осциллятора")
savefig("model_2_2.png")

```

Решение уравнения гармонического осциллятора

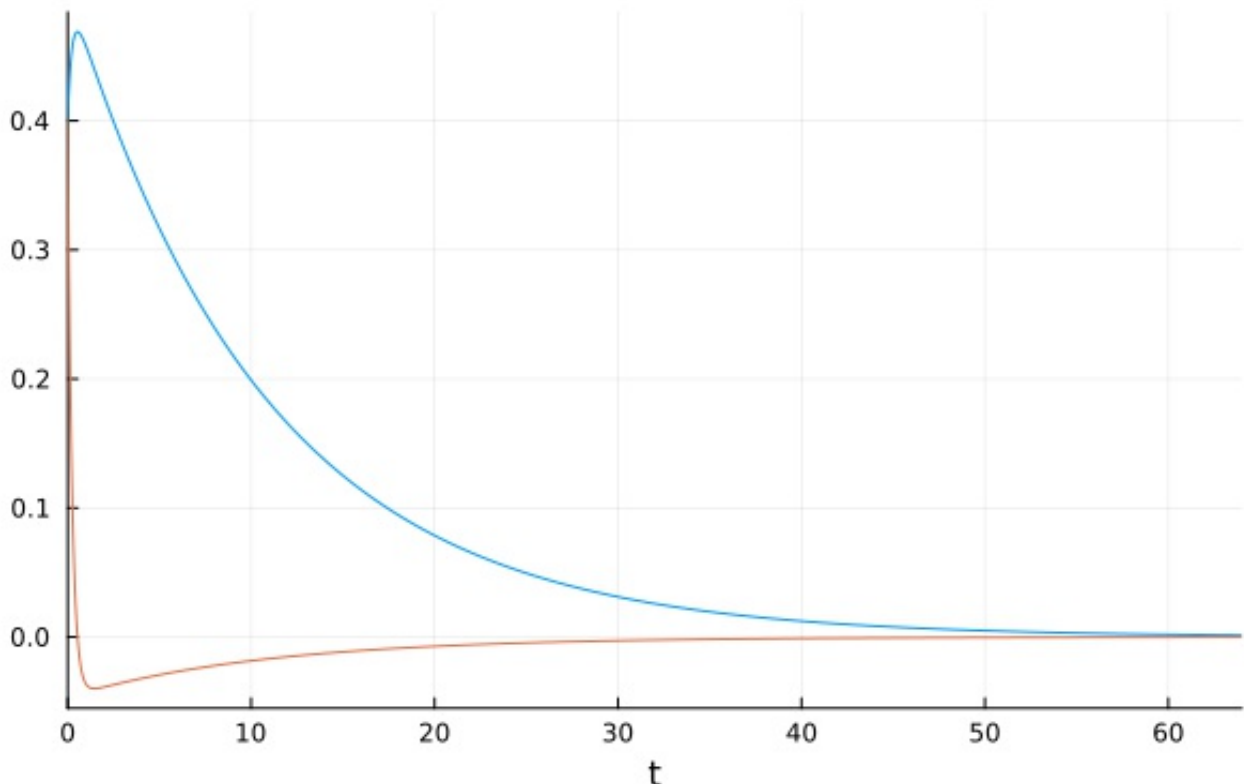


РИС.3(Для 2-го случая (с затуханием и без действий внешней силы))

Фазовый портрет гармонического осциллятора

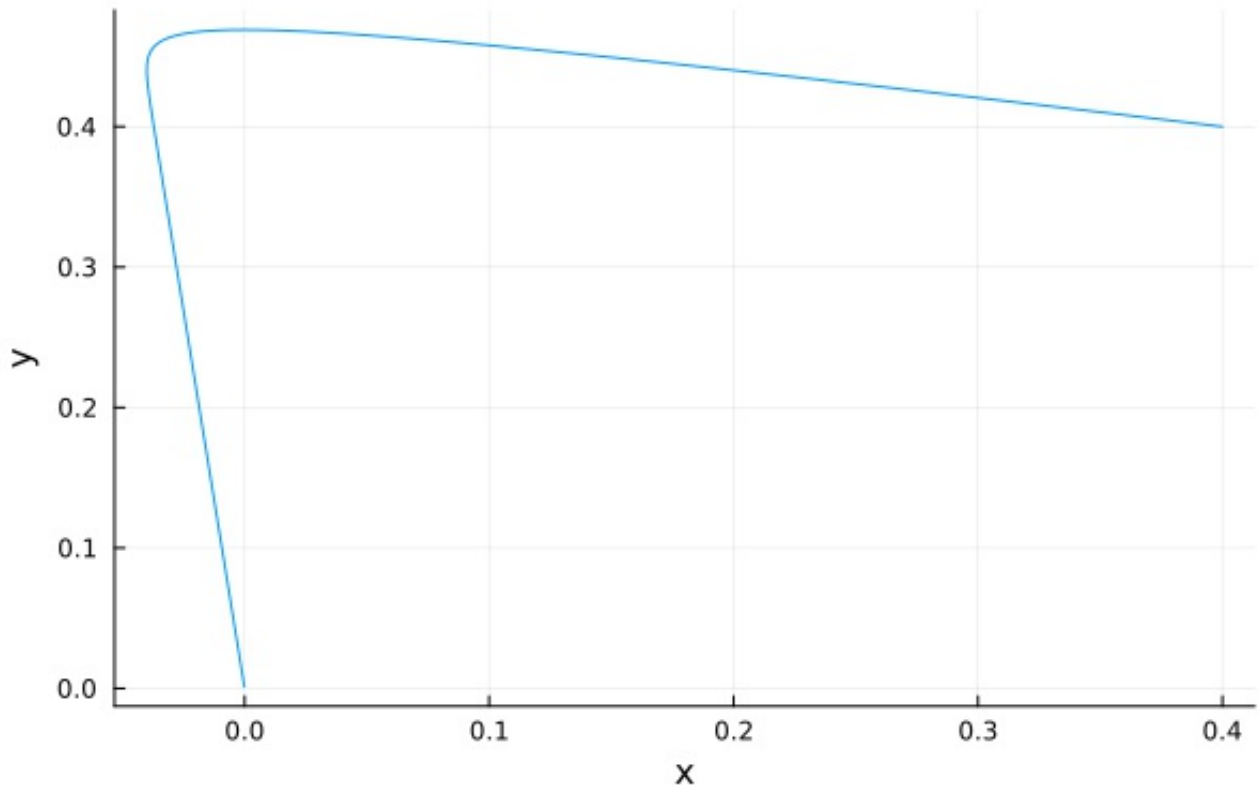


РИС.4(Для 2-го случая (с затуханием и без действий внешней силы))

```
using Plots;
using DifferentialEquations;

# x'' + 4.4x' + 0.4x = 0.4sin(4t) (WITH damping and WITH external force)
function damping_external_force(du, u, p, t)
    a, b = p
    du[1] = u[2]
    du[2] = -a*du[1] - b*u[1] + 0.4*sin(4*t)
end

const x = 0.4
const y = 0.4
u0 = [x, y]
p = (4.0, 4.0)
timeSpan = (0.0, 64.0)

problem = ODEProblem(damping_external_force, u0, timeSpan, p)
solution = solve(problem, dtmax = 0.05)
gr()

plot(solution, xaxis = "t", lable = "", legend = false, title = "Решение
уравнения гармонического осциллятора")
savefig("model_3_1.png")
plot(solution, vars=(2,1), xaxis = "x", yaxis = "y", lable = "", legend =
false, title = "Фазовый портрет гармонического осциллятора")
savefig("model_3_2.png")
```

Решение уравнения гармонического осциллятора

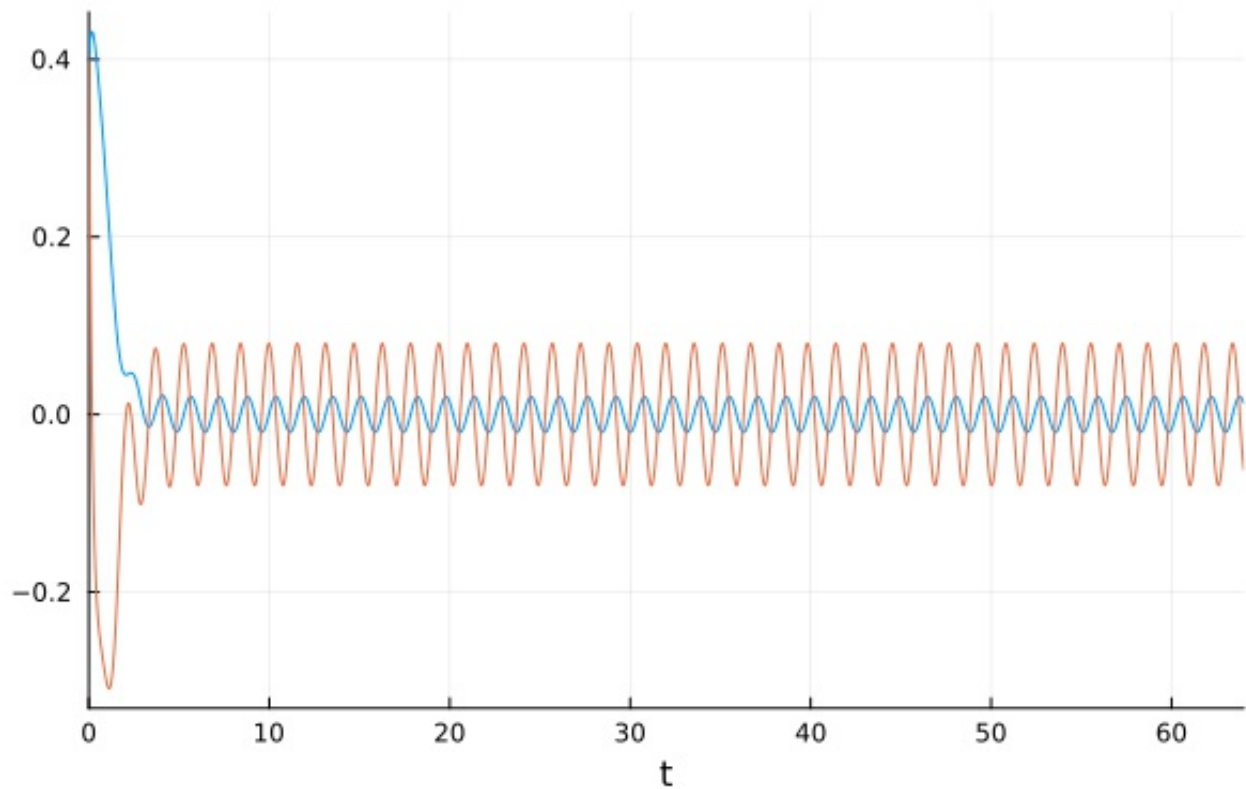


РИС.5(Для 3-го случая (с затуханием и при воздействии внешней силы))

Фазовый портрет гармонического осциллятора

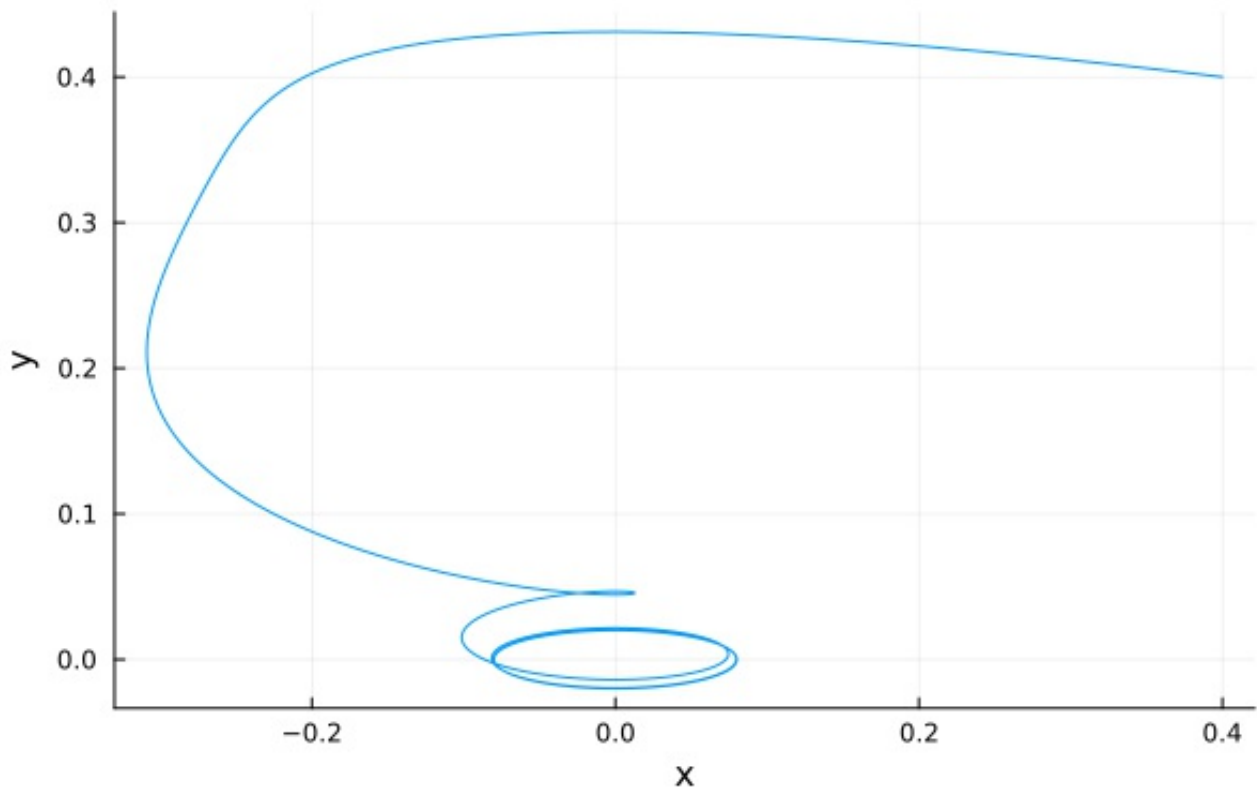


РИС.6(Для 3-го случая (с затуханием и при воздействии внешней силы))

2 задание

Запишем решение уравнения гармонического осциллятора для 3-х случаев на языке OpenModelica (рис.7 - рис.12):

```
model model_1  
  
Real x(start=0.4);  
Real dx(start=0.4);  
  
equation  
der(dx) = -4.4*x;  
der(x) = dx;  
  
end model_1;
```

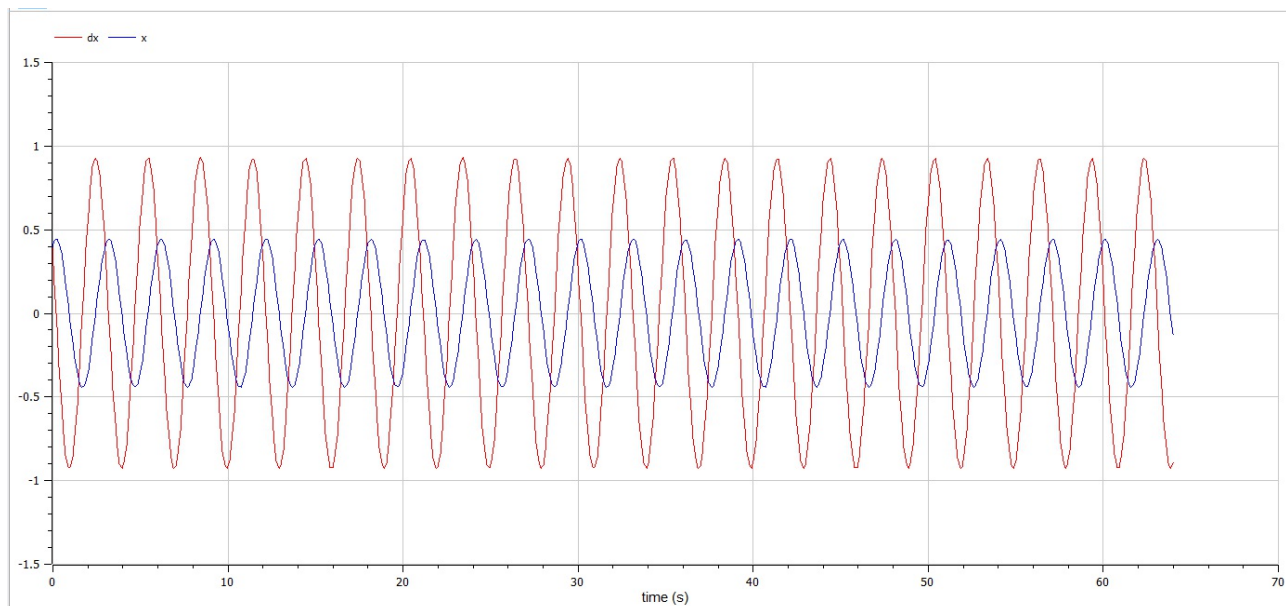


РИС.7(Для 1-го случая (без затуханий и без действий внешней силы))

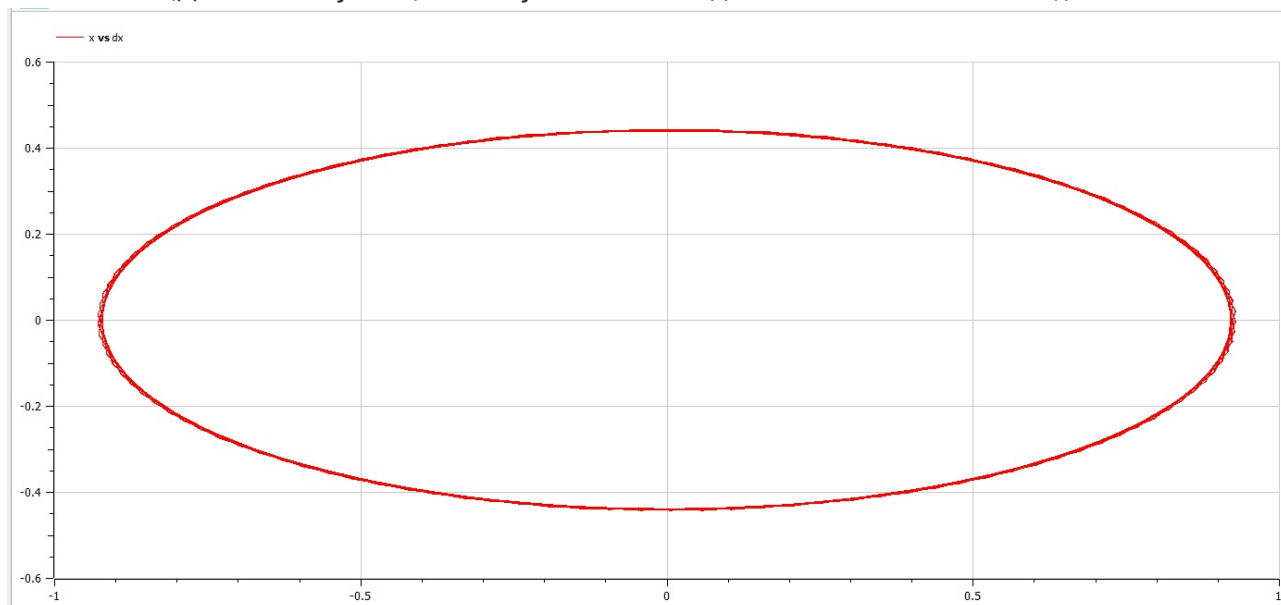


РИС.8(Для 1-го случая (без затуханий и без действий внешней силы))

```
model model_2
```

```
Real x(start=0.4);
```

```
Real dx(start=0.4);
```

```
equation
```

```
der(dx) = -4.4*dx - 0.4*x;
```

```
der(x) = dx;
```

```
end model_2;
```

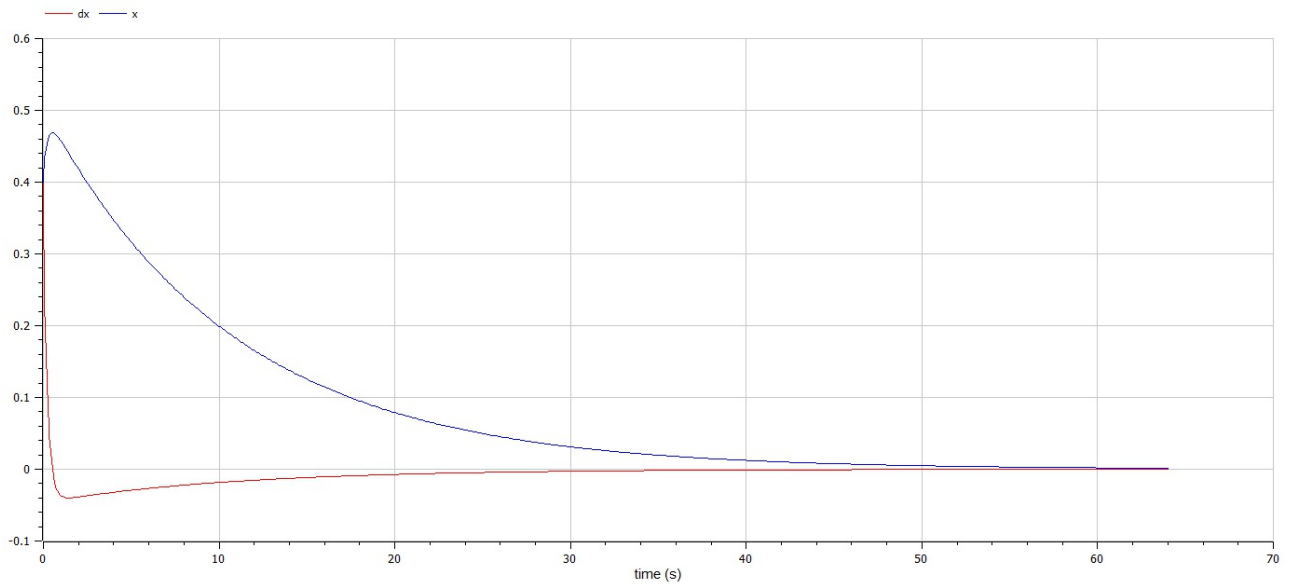


РИС.9(Для 2-го случая (с затуханием и без действий внешней силы))

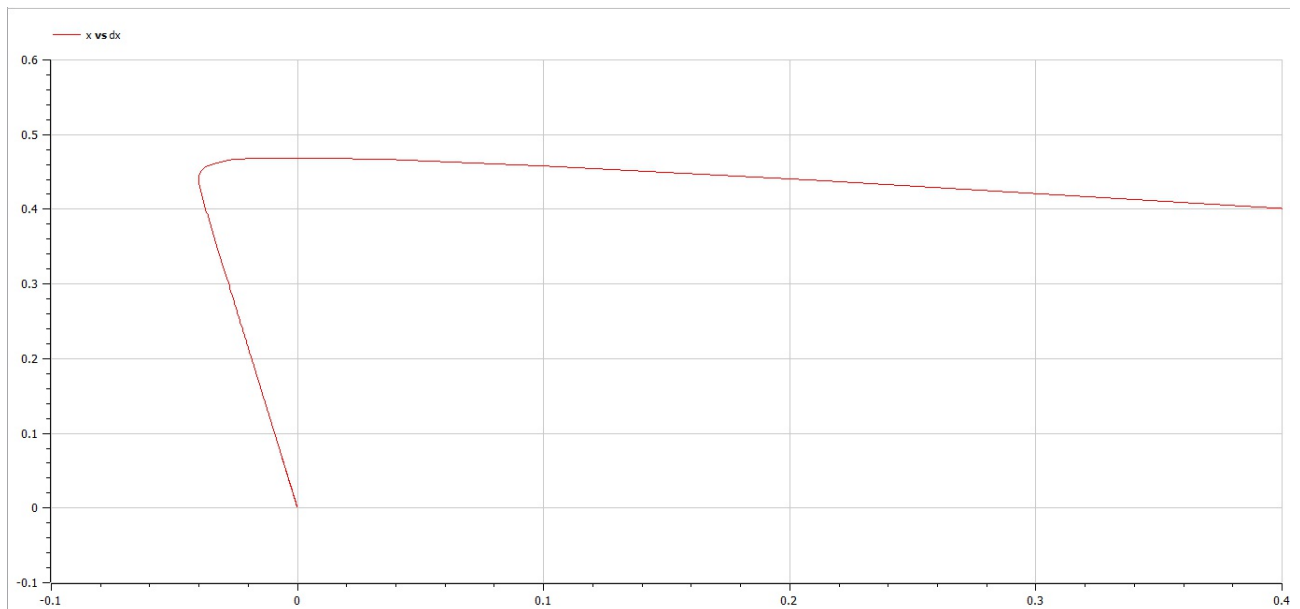


РИС.10(Для 2-го случая (с затуханием и без действий внешней силы))


```
model model_3
```

```
Real x(start=0.4);
```

```
Real dx(start=0.4);
```

```
equation
```

```
der(dx) = -4.0*dx - 4.0*x + 0.4*sin(4*time);
```

```
der(x) = dx;
```

```
end model_3;
```

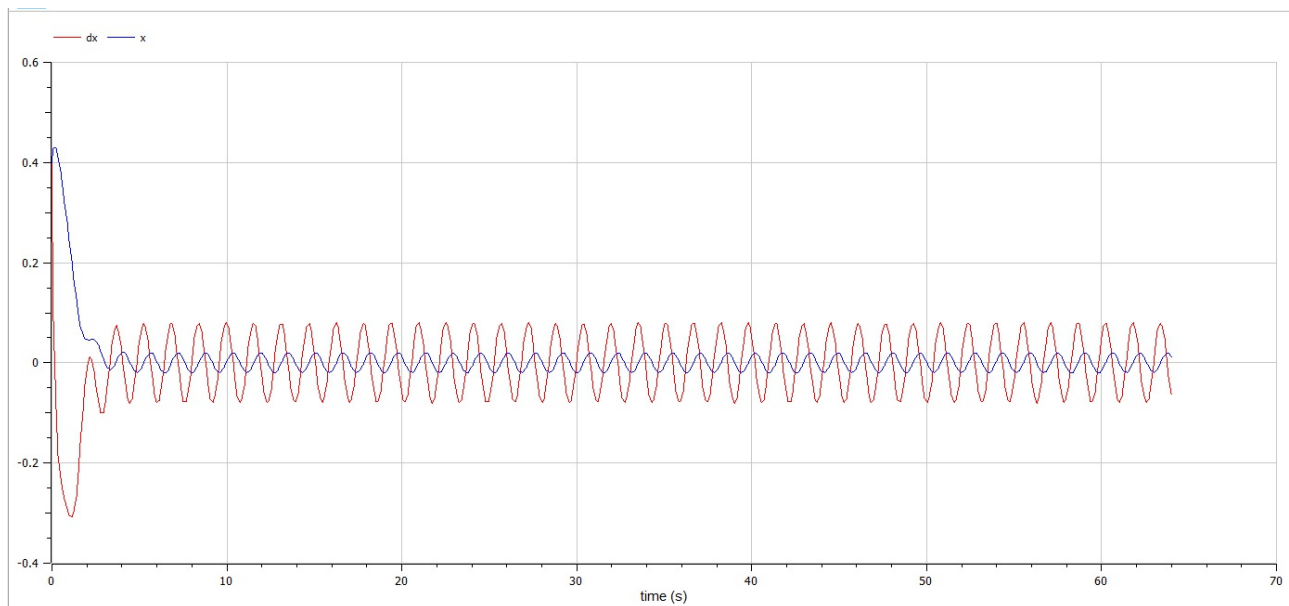


РИС.11(Для 3-го случая (с затуханием и при воздействии внешней силы))

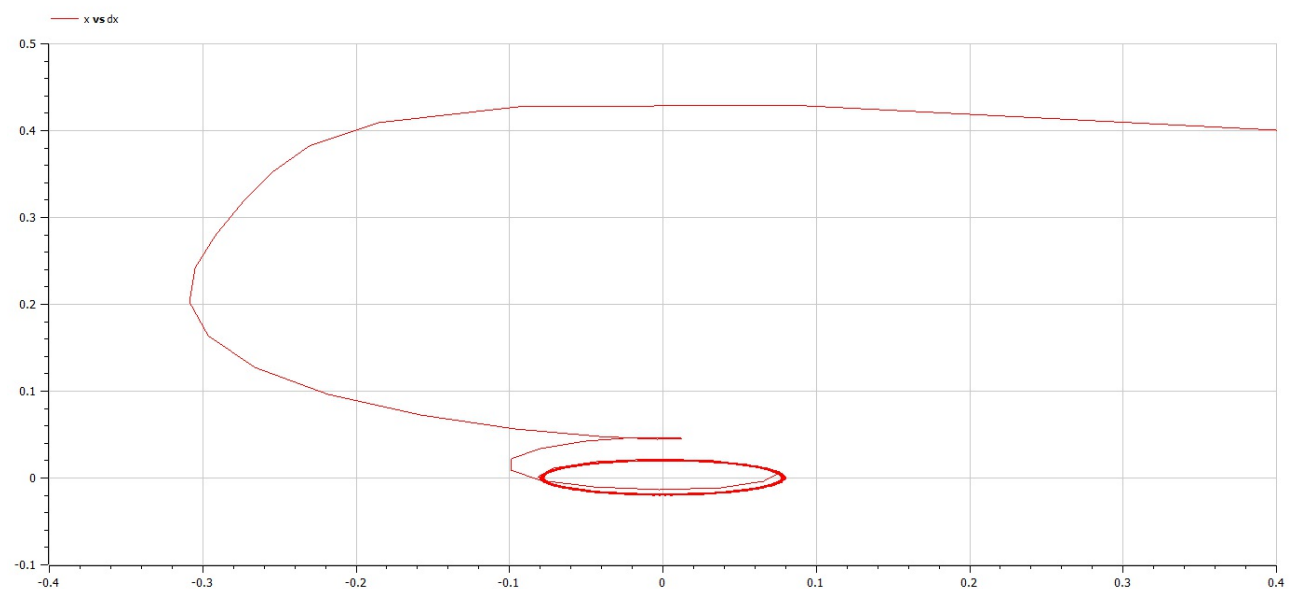


РИС.12(Для 3-го случая (с затуханием и при воздействии внешней силы))

Заключение

В ходе проделанной лабораторной работы мной были усвоены навыки решения задачи математического моделирования с применением языков программирования для работы с математическими вычислениями Julia и OpenModelica.