

Отчёт по лабораторной работе

Лабораторная работа №4

Серегин Денис Алексеевич

Содержание

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Цель работы | 5 |
| 2 | Задание | 6 |
| 3 | Теоретическое введение | 7 |
| 4 | Выполнение лабораторной работы | 8 |
| 4.1 | Выполнение в Julia | 8 |
| 4.1.1 | Колебания гармонического осциллятора без затуханий и без действий внешней силы | 8 |
| 4.1.2 | Полученные графики | 10 |
| 4.1.3 | Колебания гармонического осциллятора с затуханием и без действий внешней силы | 11 |
| 4.1.4 | Полученный графики | 11 |
| 4.1.5 | Колебания гармонического осциллятора с затуханием и под действием внешней силы | 12 |
| 4.1.6 | Полученный графики | 12 |
| 4.2 | Выполнение в Openmodelica | 13 |
| 4.2.1 | Колебания гармонического осциллятора без затуханий и без действий внешней силы | 13 |
| 4.2.2 | Полученные графики | 15 |
| 4.2.3 | Колебания гармонического осциллятора с затуханием и без действий внешней силы | 16 |
| 4.2.4 | Полученные графики | 16 |
| 4.2.5 | Колебания гармонического осциллятора с затуханием и под воздействием внешней силы | 17 |
| 4.2.6 | Полученные графики | 18 |
| 5 | Выводы | 20 |
| | Список литературы | 21 |

Список иллюстраций

| | | |
|------|---|----|
| 4.1 | Графики решений и фазового портрета | 11 |
| 4.2 | Графики решений и фазового портрета | 12 |
| 4.3 | Графики решений и фазового портрета | 13 |
| 4.4 | Листинг программы | 14 |
| 4.5 | Настройки симуляции | 15 |
| 4.6 | График решений | 15 |
| 4.7 | График фазового портрета | 15 |
| 4.8 | Листинг программы | 16 |
| 4.9 | График решений | 17 |
| 4.10 | График фазового портрета | 17 |
| 4.11 | Листинг программы | 18 |
| 4.12 | График решений | 18 |
| 4.13 | График фазового портрета | 19 |

Список таблиц

1 Цель работы

При помощи Julia и Openmodelica построить фазовый портрет гармонического осциллятора и решение уравнения гармонического осциллятора для следующих случаев.

2 Задание

Вариант №6

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

1. Колебания гармонического осциллятора без затуханий и без действий внешней силы:

$$\ddot{x} + 8x = 0$$

2. Колебания гармонического осциллятора с затуханием и без действий внешней силы:

$$\ddot{x} + 4\dot{x} + 3x = 0$$

3. Колебания гармонического осциллятора с затуханием и под действием внешней силы:

$$\ddot{x} + 3\dot{x} + 8x = \sin\left(\frac{t}{2}\right)$$

На интервале $t \in [0; 45]$ с шагом 0.05 и начальными условиями: $x_0 = -1, y_0 = 0$

3 Теоретическое введение

В лабораторной работе исследуется уравнение свободных колебаний гармонического осциллятора, которое имеет следующий вид:

$$\ddot{x} + \gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

где x – переменная, описывающая состояние системы (смещение грузика, заряд конденсатора и т.д.), γ – параметр, характеризующий потери энергии (трение в механической системе, сопротивление в контуре), ω_0 – собственная частота колебаний, t – время.

$$\ddot{x} = \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}, \dot{x} = \frac{\partial x}{\partial t}$$

Подробнее в [1]

4 Выполнение лабораторной работы

4.1 Выполнение в Julia

4.1.1 Колебания гармонического осциллятора без затуханий и без действий внешней силы

На языке Julia я описал систему дифференциальных уравнений, по которой затем построил график решений и график фазового портрета для каждого из трёх случаев.

```
begin
    import Pkg
    Pkg.activate()
    using DifferentialEquations
    using LaTeXStrings
    import Plots
end

function F!(du, u, p, t)
    du[1] = u[2]
    du[2] = -9u[1]
end
```



```

begin
    u_0 = [-1.0, 0.0]
    T = (0.0, 45.0)
    prob = ODEProblem(F!, u_0, T)
end

sol = solve(prob, saveat=0.1)

begin
    Time = sol.t
    const X = Float64[]
    const Y = Float64[]
    for u in sol.u
        x, y = u
        push!(X, x)
        push!(Y, y)
    end
    X, Y
end

begin

    fig = Plots.plot(
        layout=(1,2),
        dpi=150,
        grid=:xy,
        gridcolor=:black,
        gridwidth=1,
        background_color=:antiquewhite,
        size=(800, 400),
        plot_title="Графики",

```

)

```
Plots.plot!(  
    fig[1],  
    Time,  
    [X Y],  
    xlabel=L"$t$",  
    ylabel=L"$x(t)$, $y(t)$",  
    color=[ :red :blue ],  
    label=[L"$x(t)$" L"$y(t)$"]  
)
```

```
Plots.plot!(  
    fig[2],  
    X,  
    Y,  
    color=:green,  
    xlabel=L"$x(t)$",  
    ylabel=L"$y(t)$",  
    label="Фазовый портрет"  
)
```

end

4.1.2 Полученные графики

В результате работы программы получились следующие графики. По фазовому портрету можно заметить, что система не теряет энергию

(рис. 4.1).

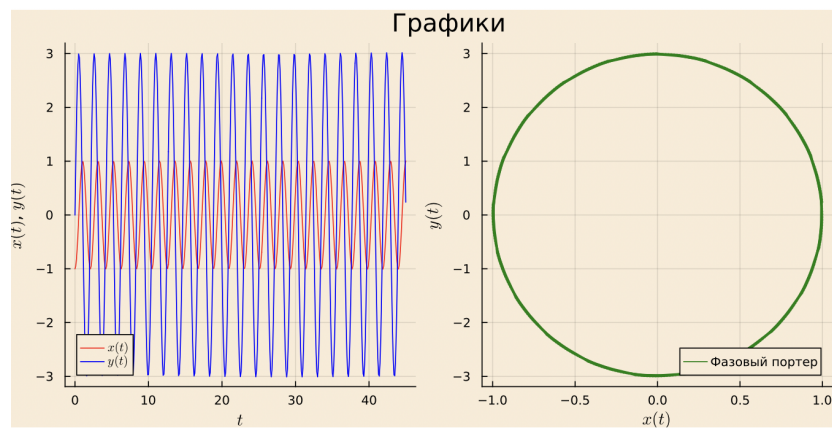


Рис. 4.1: Графики решений и фазового портрета

4.1.3 Колебания гармонического осциллятора с затуханием и без действий внешней силы

Для создания этой модели, изменим систему уравнений

```
function F!(du, u, p, t)
    du[1] = u[2]
    du[2] = -3u[1]-4u[2]
end
```

4.1.4 Полученный графики

В результате получаем два графика (рис. 4.2).

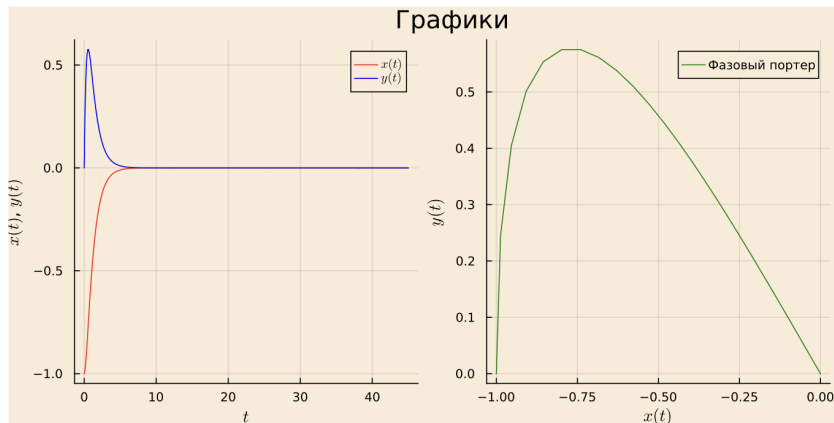


Рис. 4.2: Графики решений и фазового портрета

4.1.5 Колебания гармонического осциллятора с затуханием и под действием внешней силы

Для создания этой модели, изменим систему уравнений

```
function F!(du, u, p, t)
    du[1] = u[2]
    du[2] = -6u[1] - 3u[2] + sin(0.5t)
end
```

4.1.6 Полученный графики

В результате получаем два графика (рис. 4.3).

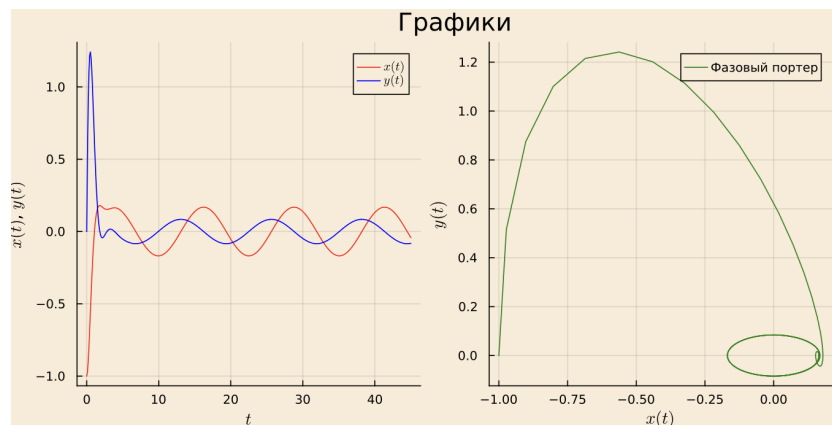


Рис. 4.3: Графики решений и фазового портрета

4.2 Выполнение в Openmodelica

4.2.1 Колебания гармонического осциллятора без затуханий и без действий внешней силы

Написал код для моделей в программе OMEdit. (рис. 4.4)

```
1  model lab4
2  Real x;
3  Real y;
4  initial equation
5  x = -1
6  y = 0
7  equation
8  der(x) = y;
9  der(y) = -8*x
10 end lab4;
```

Рис. 4.4: Листинг программы

Далее запустил симуляцию со следующими настройками. (рис. 4.5)

Установки Симуляции - lab4

Основное Интерактивная Симуляция Translation Flags Флаги Симуляции Вывести

Интервал Симуляции


Начальное Время: 0 secs

Конечное Время: 145 secs

☐ Число Интервалов: 500

☒ Interval: 0.05 secs

Интегрирование

Метод: 

Точность: 1e-6

Якобиан:

DASSL/IDA Options

☐ Save experiment annotation inside model i.e., experiment annotation

☐ Save translation flags inside model i.e., __OpenModelica_commandLineOptions annotation

☐ Save simulation flags inside model i.e., __OpenModelica_simulationFlags annotation

☒ Симулировать

OK Отмена

Рис. 4.5: Настройки симуляции

4.2.2 Полученные графики

После симуляции получаем два графика. (рис. 4.7) (рис. ??)

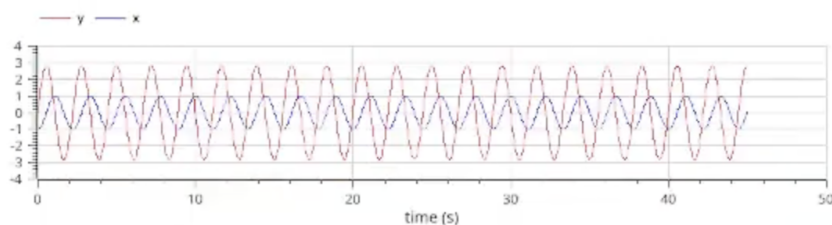


Рис. 4.6: График решений

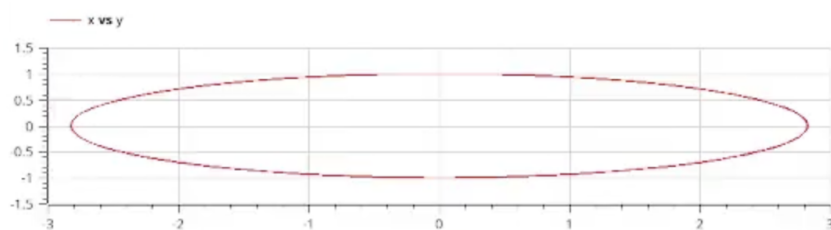


Рис. 4.7: График фазового портрета

4.2.3 Колебания гармонического осциллятора с затуханием и без действий внешней силы

Написал код для моделей в программе OMEdit. (рис. 4.8)

```
1  model lab4
2  Real x;
3  Real y;
4  initial equation
5  x = -1
6  y = 0
7  equation
8  der(x) = y;
9  der(y) = -4*y - 3*x;
10 end lab4;
```

Рис. 4.8: Листинг программы

Далее запустил симуляцию с предыдущими настройками

4.2.4 Полученные графики

После симуляции получаем два графика. (рис. 4.9) (рис. 4.10)

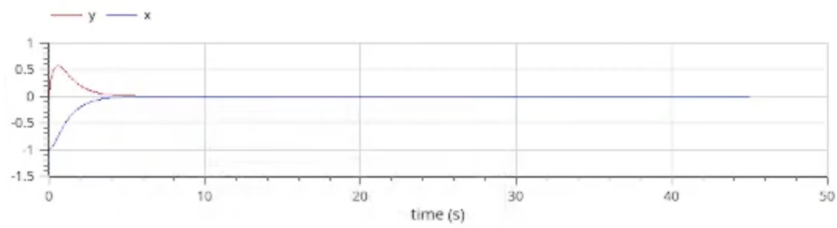


Рис. 4.9: График решений

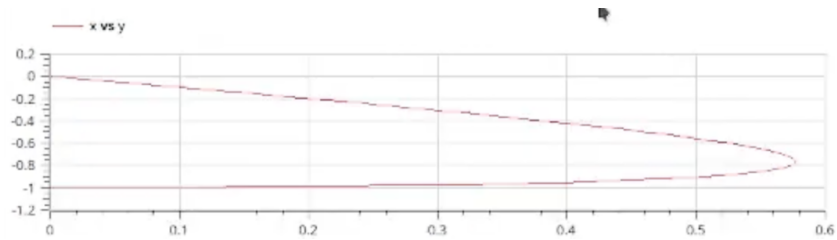


Рис. 4.10: График фазового портрета

4.2.5 Колебания гармонического осциллятора с затуханием и под воздействием внешней силы

Написал код для моделей в программе OMEdit. (рис. 4.11)

```

1  model lab4
2  Real x;
3  Real y;
4  Real t = time;
5  initial equation
6  x = -1
7  y = 0
8  equation
9  der(x) = y;
10 der(y) = -3*y - 6*x + sin(t/2);
11 end lab4;

```

Рис. 4.11: Листинг программы

Далее запустил симуляцию с предыдущими настройками

4.2.6 Полученные графики

После симуляции получаем два графика. (рис. 4.12) (рис. 4.13)

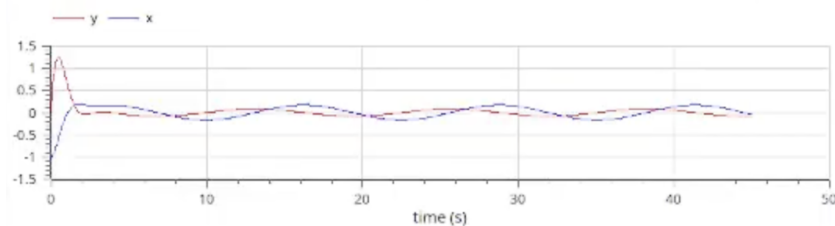


Рис. 4.12: График решений

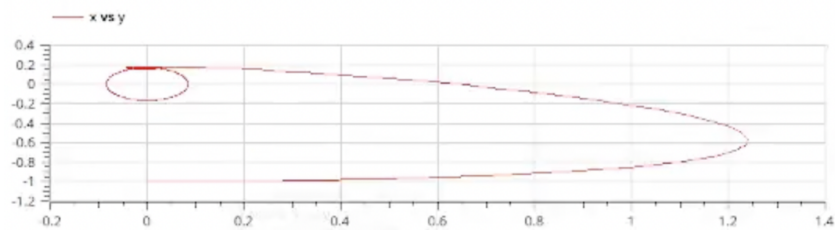


Рис. 4.13: График фазового портрета

5 Выводы

В результате работы мне удалось построить графики решений и фазовых портретов для всех трёх случаев в обеих средах.

Список литературы

1. Кулябов. Модель гармонических колебаний [Электронный ресурс]. RUDN, 2023. URL: https://esystem.rudn.ru/pluginfile.php/1971656/mod_resource/content/2/%D0%9B%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20%E2%84%96%203.pdf.