# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ В РАМКАХ НЕПРЕРЫВНО-ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ПОДХОДА»

## Цель работы

Исследование способов построения простейших моделей непрерывных систем с помощью методов аналитического и имитационного моделирования. Изучение технологии системно-динамического имитационного моделирования в среде AnyLogic.

## Порядок выполнения

1. Для выданного преподавателем простого динамического объекта или участка электрической цепи составить аналитическую модель в виде дифференциального уравнения.

2. С помощью любого языка программирования или пакета математического программирования произвести численное моделирование заданного объекта.

3. Провести имитационное моделирование заданного объекта с помощью средств системной динамики среды AnyLogic.

4. Найти в открытых источниках (библиотека, сеть Интернет) описание

аналитической модели непрерывного процесса или объекта более сложной формы (например, математическую модель полета самолета, квадрокоптера, движения автомобиля). Изучить процесс получения модели, выяснить на каких законах строится вывод уравнений движения. Выяснить, какие силы учитываются при построении модели, а какими авторы пренебрегают и почему.

5. Оформить отчет по работе.

## Ход работы

### Для выданного преподавателем простого динамического объекта или участка электрической цепи (Рисунок 1.1). Составленная аналитическая модель в виде дифференциального уравнения представлена на рисунке 1.2.

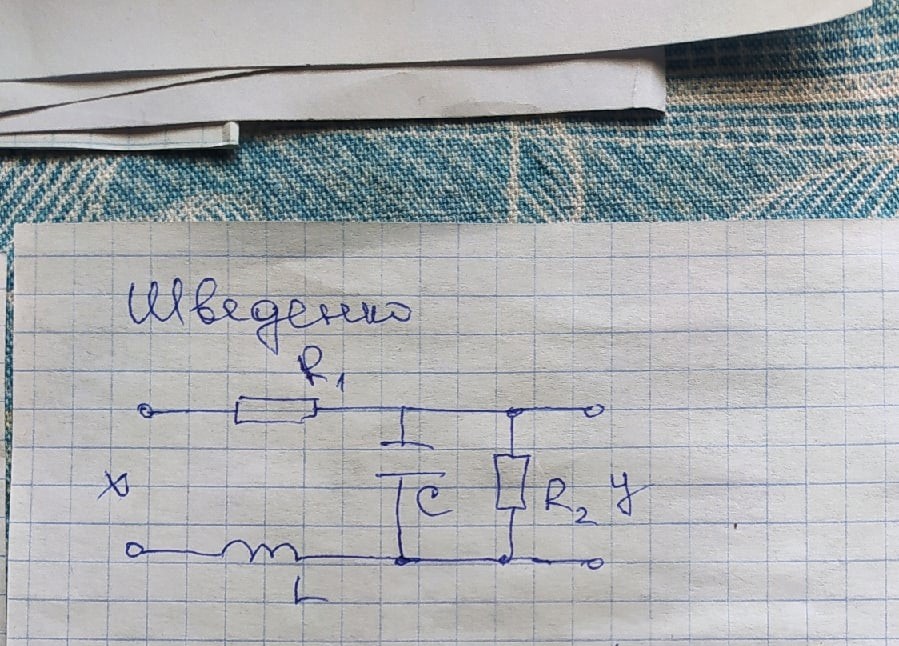


Рисунок 1.1 – Вариант задания

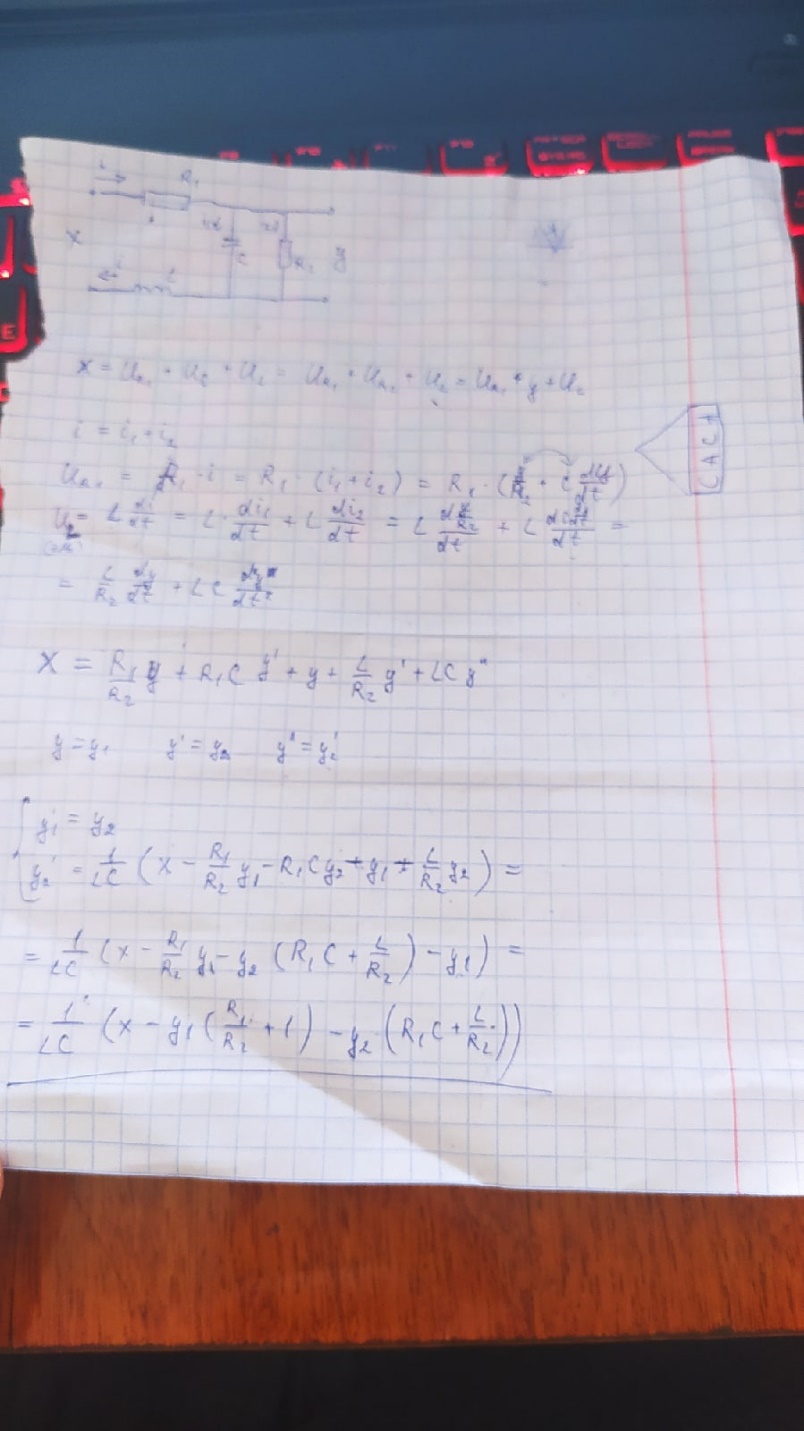


Рисунок 1.2 – Решение дифференциального уравнения

### С помощью языка программирования python было произведено численное моделирование заданного объекта (Рисунок 1.3). Полный код программы представлен в приложении А

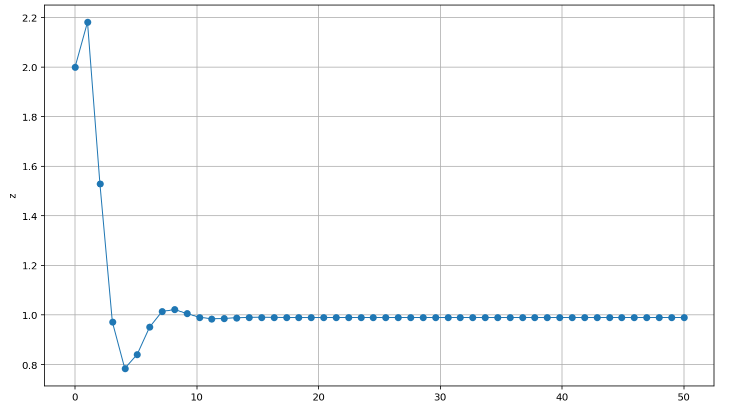


Рисунок 1.3 – Моделирование заданного объекта при постоянном входном воздействии с помощью языка программирования Python

### Было проведено имитационное моделирование заданного объекта с помощью средств системной динамики среды AnyLogic (Рисунок 1.4)

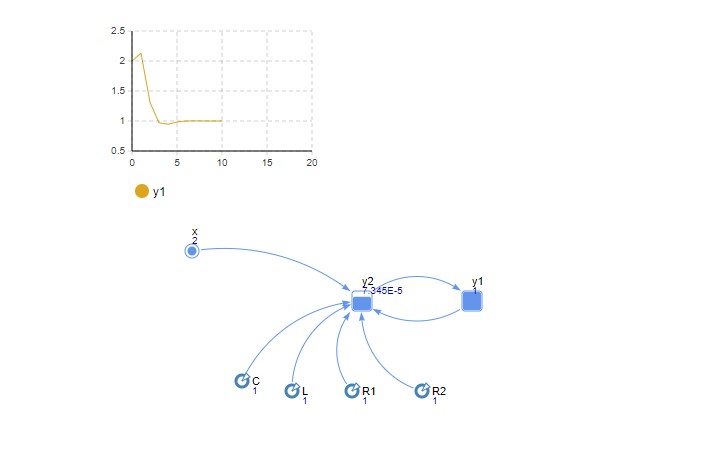


Рисунок 1.4 – Моделирование заданного объекта при постоянном входном воздействии в среде AnyLogic

### Было проведено имитационное моделирование заданного объекта с помощью синуса в среде AnyLogic (Рисунок 1.5)

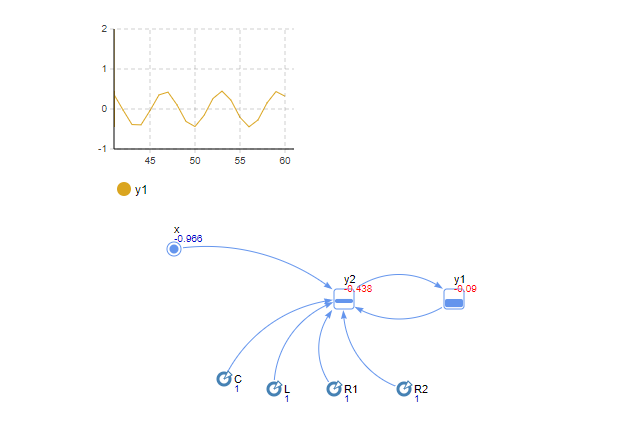


Рисунок 1.5 – Имитационное моделирование заданного объекта при синусоидальном входном воздействии в среде AnyLogic

### На следующем шаге проведено имитационное моделирование заданного объекта с помощью синуса в языке программирования Python (Рисунок 1.6)

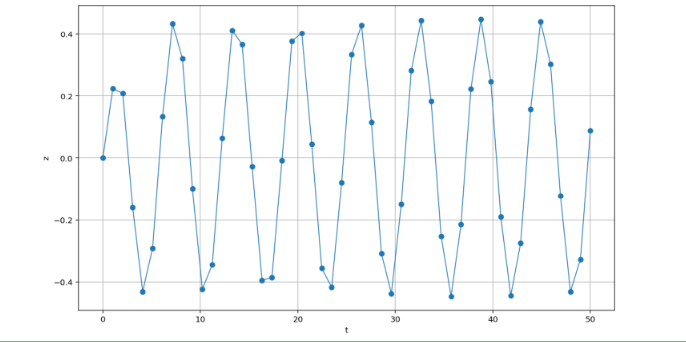


Рисунок 1.6 – Имитационное моделирование заданного объекта при синусоидальном входном воздействии с помощью языка программирования Python

# Выводы

В ходе данной лабораторной работы были исследованы способы построения простейших моделей непрерывных систем с помощью методов аналитического и имитационного моделирования. Изучены технологии системно-динамического имитационного моделирования в среде AnyLogic. Кроме этого повторили решение дифференциальных уравнений, изученных в курсе высшей математики.

# Ответы на контрольные вопросы

## Что такое моделирование?

### Моделирование – замещение одного исходного объекта другим

объектом

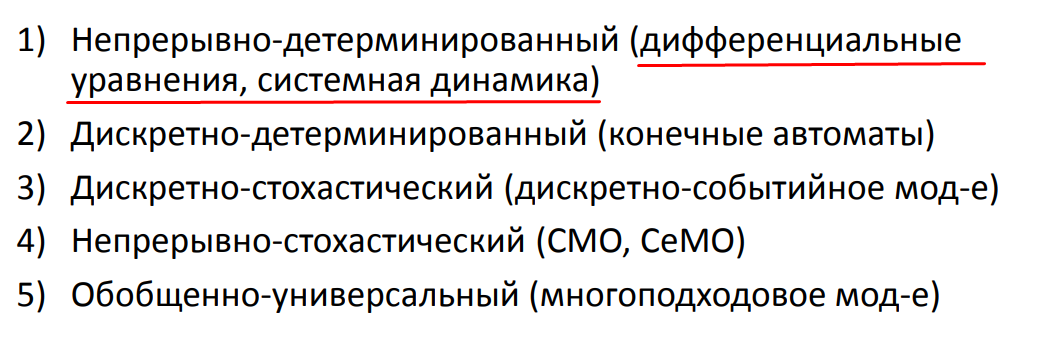
## Классификация моделей.



## Какие методы применяются для аналитического моделирования

**непрерывных систем?**

## С помощью каких математических объектов могут быть описаны непрерывные процессы, происходящие в детерминированных системах?



## Что подразумевается под численным моделированием?

### Под численным моделированием подразумевают модели на компьютерах.

## Чем имитационное моделирование отличается от аналитического?

### Основное отличие имитационных моделей от аналитических состоит в том, что вместо аналитического описания взаимосвязей между входами и выходами исследуемой системы строят алгоритм, отображающий последовательность развития процессов внутри исследуемого объекта, а затем «проигрывают» поведение объекта на компьютере. К имитационным моделям прибегают тогда, когда объект моделирования настолько сложен, что адекватно описать его поведение математическими уравнениями невозможно или затруднительно. Имитационное моделирование позволяет разлагать большую модель на части (объекты, «кусочки»), которыми можно оперировать по отдельности, создавая другие, более простые или, наоборот, более сложные модели.

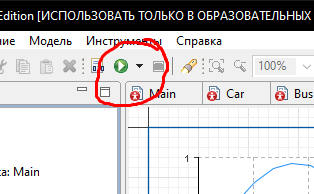
## Что такое структурная диаграмма?

### Основное назначение структурных диаграмм заключается в графическом представлении состава анализируемых совокупностей, характеризующихся как соотношение различных частей каждой из совокупностей. Состав анализируемой совокупности графически может быть представлен с помощью как абсолютных, так и относительных показателей.

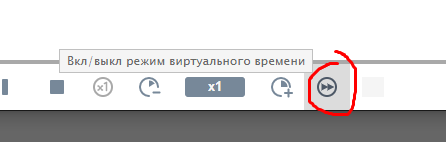
## Для чего применяются динамические значения параметров в окне презентации AnyLogic?

### Динамическая переменная может менять свое значение в течении выполнения модели.

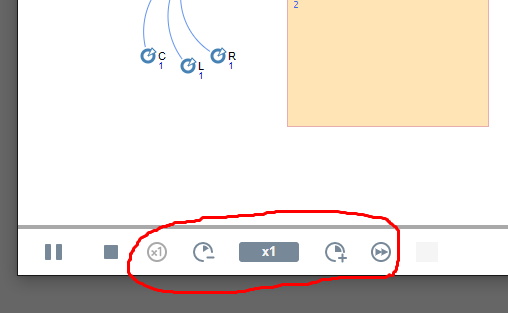
## Как запустить модель AnyLogic на выполнение?



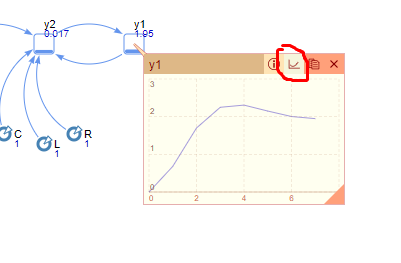
## Как переключиться из режима виртуального времени в реальное?



## Как изменить скорость выполнения модели?



## Как показать график изменения переменной модели?



# Приложение а

**Код программы python**

import numpy as np

from scipy.integrate import odeint

import matplotlib.pyplot as plt

import math

R1 = 1

R2 = 1

L = 1

C = 1

def f(y, x):

y1, y2 = y

return [y2, 1/L\*C\*(math.sin(x) - y1 \* ( R1/R2 + 1 ) - y2 \* ( R1\*C + L/R2 ) )]

x = np.linspace(0, 50, 50)

y0 = [0, 0]

w = odeint(f, y0, x)

y1 = w[:,0]

y2 = w[:,1]

fig = plt.figure(facecolor='white')

plt.plot(x, y2, '-o', linewidth=1)

plt.ylabel("z")

plt.xlabel("t")

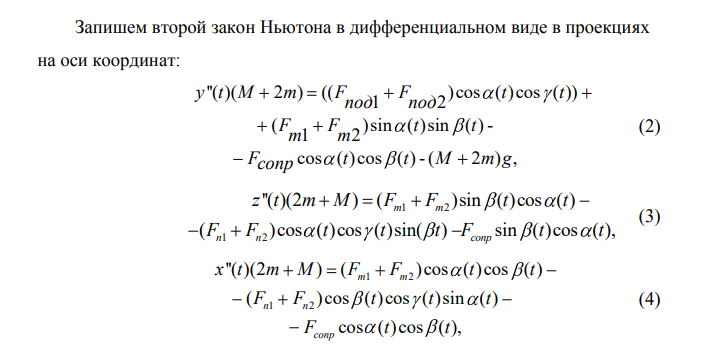
plt.grid(True)

plt.show()

**Описание модели полёта самолёта**

Во время полёта на самолет действуют 4 вида сил: силы тяги двигателей, силы лобового сопротивления воздуха, сила тяжести и подъёмные силы крыльев.

Одной из задач моделирования является нахождение проекций сил, действующих на самолёт во время полёта (набора высоты), на оси координат. Для этого необходимо знать углы поворота самолёта относительно этих осей.



Отдельным вопросом моделирования является вопрос о выводе выражения для подъемной силы. Со времен Н.Е. Жуковского не существует точного выражения для силы, действующей на крыло со стороны набегающего потока воздуха. В первом приближении будем использовать гипотезу о том, что в процессе полета возникает вихревое движение воздуха вокруг профиля крыла. Вследствие такого относительного движения скорость потока над и под крылом различна, а значит возникает перепад давления, приводящий к возникновению подъемной силы. Ниже приведем приближенный вывод подъемной силы

