

# Лабораторная работа №3. Модель ведение боевых действий

Дисциплина: Математическое моделирование

---

Ганина Т. С.

21 марта 2025

Группа НФИбд-01-22

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

## Информация

---

- Ганина Таисия Сергеевна
- Студентка 3го курса, группа НФИбд-01-22
- Фундаментальная информатика и информационные технологии
- Российский университет дружбы народов
- Ссылка на репозиторий гитхаба `tsganina`

## Вводная часть

---

Построить модель боевых действий на языке программирования Julia и посредством ПО OpenModelica.

Между страной и страной идет война. Численность состава войск исчисляется от начала войны, и являются временными функциями  $x(t)$  и  $y(t)$ . В начальный момент времени страна X имеет армию численностью 27 300 человек, а в распоряжении страны Y армия численностью в 20 400 человек. Для упрощения модели считаем, что коэффициенты  $a, b, c, h$  постоянны. Также считаем  $P(t)$  и  $Q(t)$  непрерывные функции. Построить графики изменения численности войск армии и армии для следующих случаев:

1. Модель боевых действий между регулярными войсками:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -0.405x(t) - 0.7y(t) + \sin(t + 8) + 1 \\ \frac{dy}{dt} = -0.68x(t) - 0.37y(t) + \cos(t + 6) + 1 \end{cases}$$

2. Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -0.304x(t) - 0.78y(t) + 2 * \sin(2t) \\ \frac{dy}{dt} = -0.68x(t)y(t) - 0.2y(t) + 2 * \cos(2t) \end{cases}$$

## Модель боевых действий между регулярными войсками

---



$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -0.405x(t) - 0.7y(t) + \sin(t + 8) + 1 \\ \frac{dy}{dt} = -0.68x(t) - 0.37y(t) + \cos(t + 6) + 1 \end{cases}$$

- Потери, не связанные с боевыми действиями, описывают члены  $-0.405x(t)$  и  $-0.37y(t)$  (коэффициенты при  $x$  и  $y$  - это величины, характеризующие степень влияния различных факторов на потери)
- члены  $-0.7y(t)$  и  $-0.68x(t)$  отражают потери на поле боя (коэффициенты при  $x$  и  $y$  указывают на эффективность боевых действий со стороны  $y$  и  $x$  соответственно).
- Функции  $P(t) = \sin(t + 8) + 1$ ,  $Q(t) = \cos(t + 6) + 1$  учитывают возможность подхода подкрепления к войскам  $X$  и  $Y$  в течение одного дня.

# Модель боевых действий между регулярными войсками (Julia)

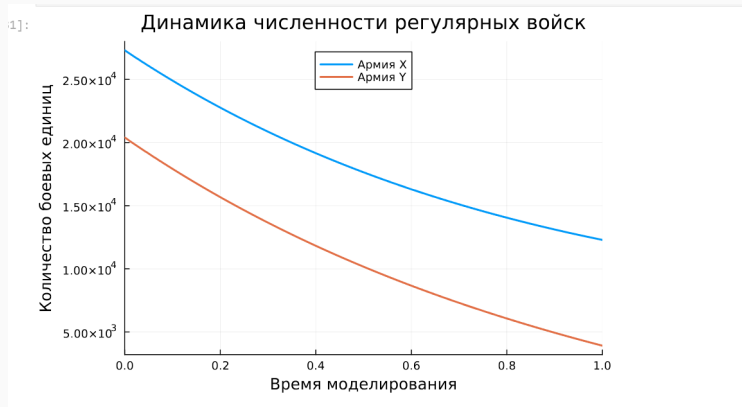


Рис. 1: Модель боевых действий между регулярными войсками в Julia

## Модель боевых действий между регулярными войсками (Julia)

```
using DifferentialEquations, Plots;

# Нелинейная неавтономная система с внешними возмущениями:
#  $dx/dt = -a*x - b*y + \sin(3t)$  (динамика армии X)
#  $dy/dt = -c*x - h*y + \cos(4t) + 2$  (динамика армии Y)
# где:
#  $a, b, c, h$  - коэффициенты боевой эффективности
#  $\sin/\cos$ -функции - моделируют внешние факторы (подкрепления/потери)
function reg(u, p, t)
    x, y = u
    a, b, c, h = p
    dx = -a*x - b*y + sin(t+8) + 1
    dy = -c*x - h*y + cos(t+6) + 1
    return [dx, dy]
end
```

## Модель боевых действий между регулярными войсками (Julia)

```
# Параметры моделирования  
# Начальные численности войск: [Армия X, Армия Y]  
u0 = [27300, 20400]  
p = [0.405, 0.7, 0.68, 0.37]  
tspan = (0, 1)  
  
# Формулировка задачи Коши  
# reg - функция системы  
# u0 - начальные условия  
# tspan - временной диапазон  
# p - вектор параметров  
prob = ODEProblem(reg, u0, tspan, p)
```

## Модель боевых действий между регулярными войсками (Julia)

```
# Численное решение системы  
# Используется адаптивный метод Tsitouras 5/4 Runge-Kutta  
# с автоматическим выбором шага для обеспечения точности  
sol = solve(prob, Tsit5())  
  
# Визуализация результатов  
plot(sol,  
      title = "Динамика численности регулярных войск",  
      label = ["Армия X" "Армия Y"],  
      xaxis = "Время моделирования",  
      yaxis = "Количество боевых единиц",  
      linewidth = 2,  
      legend = :top)
```

## Модель боевых действий между регулярными войсками (OpenModelica)

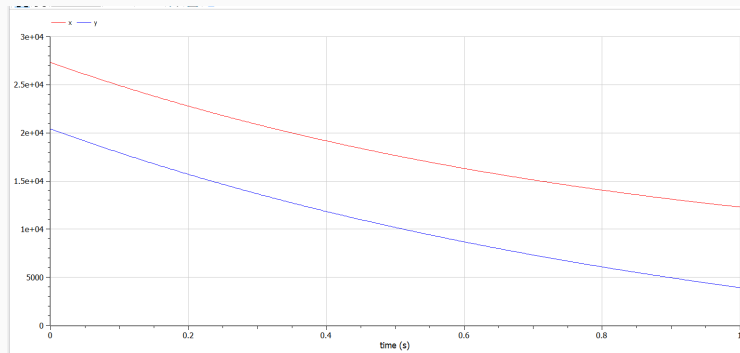


Рис. 2: Модель боевых действий между регулярными войсками в OpenModelica

## Модель боевых действий между регулярными войсками (OpenModelica)

```
model model_war1
  parameter Real a = 0.405;
  parameter Real b = 0.7;
  parameter Real c = 0.68;
  parameter Real h = 0.37;
  parameter Real x0 = 27300;
  parameter Real y0 = 20400;
  Real x(start=x0);
  Real y(start=y0);
equation
  der(x) = -a*x - b*y + sin(time+8) + 1;
  der(y) = -c*x - h*y + cos(time+6) + 1;
end model_war1;
```

Модель ведение боевых действий с  
участием регулярных войск и  
партизанских отрядов

---



## Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов (Julia)

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -0.304x(t) - 0.78y(t) + 2 * \sin(2t) \\ \frac{dy}{dt} = -0.68x(t)y(t) - 0.2y(t) + 2 * \cos(2t) \end{cases}$$

В этой системе все величины имеют тот же смысл, что и в системе до этого.

# Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов (Julia)

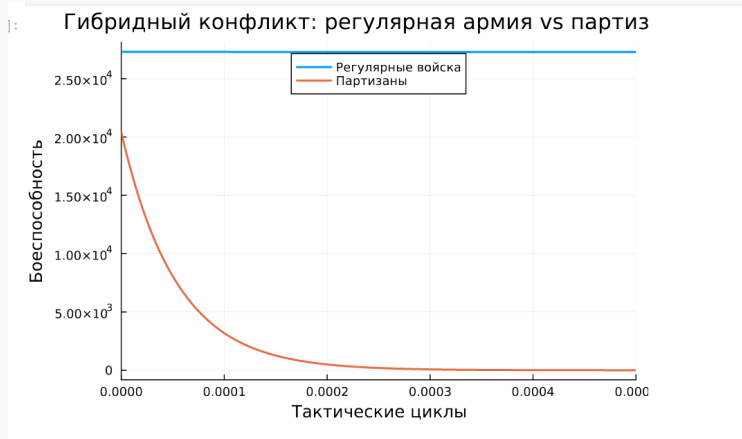


Рис. 3: Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов (Julia)

## Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов (Julia)

```
function reg_part(u, p, t)
    x, y = u
    a, b, c, h = p
    dx = -a*x - b*y + 2*sin(2*t)  # Потери от боев + циклические подкрепления
    dy = -c*x*y - h*y + 2*cos(2*t) # Партизанские потери от взаимодействия
    return [dx, dy]
end
```

## Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов (Julia)

```
# Исходные параметры конфликта
# Начальная численность: [Регулярные войска, Партизанские отряды]
u0 = [27300, 20400]
# Коэффициенты:
# [a - эффективность Y против X,
#  b - потери X от партизан,
#  c - интенсивность партизанской войны,
#  h - собственные потери Y]
p = [0.304, 0.78, 0.68, 0.2]
# Масштаб времени: краткосрочный конфликт (1 условная единица)
tspan = (0, 0.0005)
```

## Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов (Julia)

```
prob2 = ODEProblem(reg_part, u0, tspan, p)
# Используется адаптивный метод Tsitouras 5/4 Runge-Kutta
# с автоматическим выбором шага для обеспечения точности
sol2 = solve(prob2, Tsit5())
plot(sol2,
      title = "Гибридный конфликт: регулярная армия vs партизаны",
      label = ["Регулярные войска" "Партизаны"],
      xaxis = "Тактические циклы",
      yaxis = "Боеспособность",
      linewidth = 2,
      legend = :top)
```

# Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов (OpenModelica)

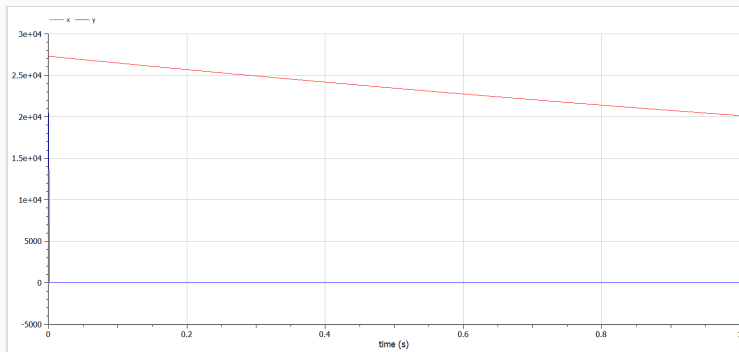


Рис. 4: Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов в OpenModelica

# Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов (OpenModelica)

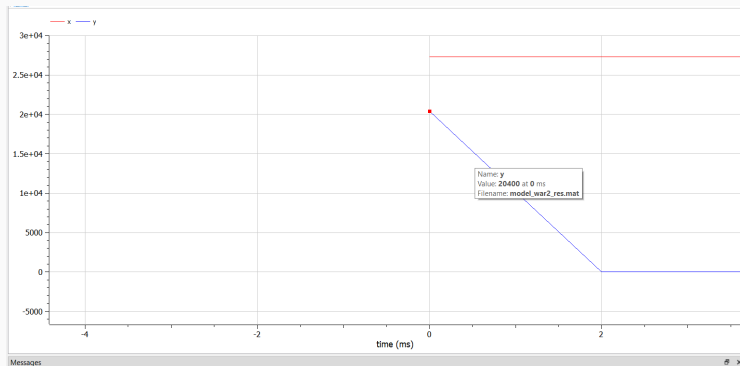


Рис. 5: Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов в OpenModelica, var. 2

## Модель ведение боевых действий с участием регулярных войск и партизанских отрядов (OpenModelica)

```
model model_war2
  parameter Real a = 0.304;
  parameter Real b = 0.78;
  parameter Real c = 0.68;
  parameter Real h = 0.2;
  parameter Real x0 = 27300;
  parameter Real y0 = 20400;
  Real x(start=x0);
  Real y(start=y0);
equation
  der(x) = -a*x - b*y + 2*sin(2*time);
  der(y) = -c*x*y - h*y + 2*cos(2*time);
end model_war2;
```



# Меняем коэффициенты

```
: # Параметры моделирования
# Начальные численности войск: [Армия X, Армия Y]
u0 = [27300, 20400]
# Коэффициенты модели: [a, b, c, h]
p = [0.905, 0.9, 0.3, 0.001]
# Временной интервал исследования (в днях/неделях)
tspan = (0, 1)
```

```
: (0, 1)
```

Рис. 6: Измененные параметры

[95]:

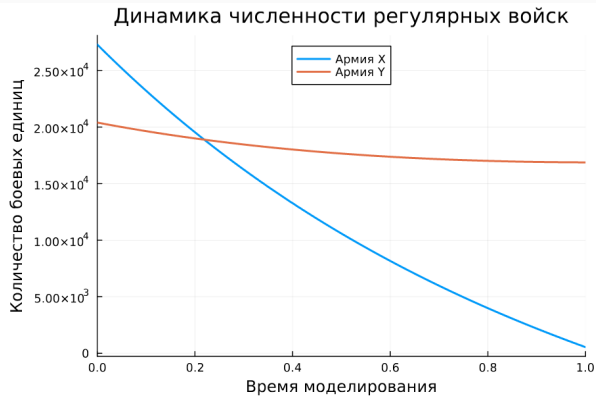


Рис. 7: Результат моделирования со сменой параметров

Таблица 1: Сравнение коэффициентов

| Параметр              | Первый случай (победа X) | Второй случай (победа Y) |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Эффективность Y (b)   | 0.7                      | <b>0.9</b>               |
| Эффективность X (c)   | <b>0.68</b>              | 0.3                      |
| Небоевые потери X (a) | 0.405                    | <b>0.905</b>             |
| Небоевые потери Y (h) | 0.37                     | <b>0.001</b>             |

## Результаты

---

В процессе выполнения данной лабораторной работы я построила модель боевых действий на языке программирования Julia и посредством ПО OpenModelica, а также провела сравнительный анализ.