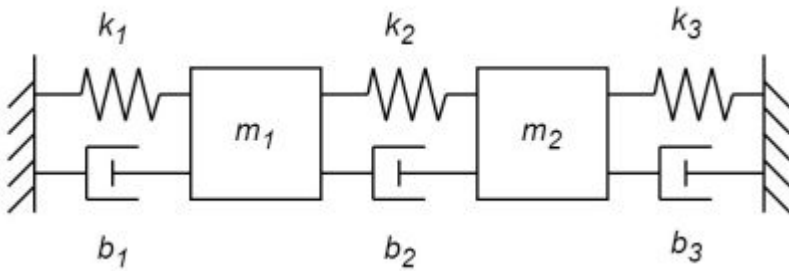


## Лабораторная работа №1

Дана следующая одномерная система:



Задание:

1. Вывести в аналитическом виде уравнение динамики системы
2. Собрать имитационную модель из блоков MATLAB Simulink
3. Собрать имитационную модель из блоков MATLAB Simscape
4. Сравнить поведений моделей посредством:
  - Отклонения от положения равновесия тела  $x$ ,  $2x$ ,  $5x$ . Величина отклонения  $x$  выражена в метрах или радианах, значение выбирается самостоятельно
  - Импульсного внешнего воздействия (сила импульса воздействия 10 Н, длительность импульса 0,5 сек)

### Аналитическое моделирование

Функцию Лагранжа для всей системы можно записать в следующем виде:

$$L = L_1 + L_2 = K_1 - P_1 + K_2 - P_2, \text{ где}$$

$$L_1 = \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 - \left( \frac{1}{2} k_1 x_1^2 + \frac{1}{2} k_2 [x_1 - x_2]^2 \right), \quad L_2 = \frac{1}{2} m_2 \dot{x}_2^2 - \left( \frac{1}{2} k_3 x_2^2 + \frac{1}{2} k_2 [x_1 - x_2]^2 \right)$$

Уравнения Эйлера-Лагранжа для механической системы можно записать в виде

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial L}{\partial x} = Q, \text{ где } Q - \text{внешняя сила}$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L_1}{\partial \dot{x}_1} \right) = m \ddot{x}_1, \quad \frac{\partial L_1}{\partial x_1} = -k_1 x_1 - k_2 [x_1 - x_2], \quad Q_1 = -b_1 \dot{x}_1 - b_2 [\dot{x}_1 - \dot{x}_2]$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L_2}{\partial \dot{x}_2} \right) = m \ddot{x}_2, \quad \frac{\partial L_2}{\partial x_2} = -k_3 x_2 + k_2 [x_1 - x_2], \quad Q_2 = -b_3 \dot{x}_2 - b_2 [\dot{x}_1 - \dot{x}_2]$$

Тогда итоговую систему можно переписать так

$$\begin{cases} m \ddot{x}_1 = -k_1 x_1 - k_2 [x_1 - x_2] - b_1 \dot{x}_1 - b_2 [\dot{x}_1 - \dot{x}_2] \\ m \ddot{x}_2 = -k_3 x_2 + k_2 [x_1 - x_2] - b_3 \dot{x}_2 - b_2 [\dot{x}_1 - \dot{x}_2] \end{cases}$$

Задание начальных данных:

```
clc; clear all;
m1 = 20; m2 = 21; % kg
b1 = 0.04; b2 = 3.57; b3 = 6.34; % N/(m/s)
k1 = 1e-9; k2 = 1e-9; k3 = 26.89; % N/m
dx1_0 = 0; dx2_0 = 0; % m/s
x1_0 = 5; x2_0 = 5; % m

F_1 = 0; F_2 = 10; % N
time_F_1 = 0.5; time_F_2 = 0.5; % s
t = 20; %s [simulation time]
% all time must be >0 !!!
```

Запуск модели:

```
F_1r = [F_1, 0]; F_1 = 0; F_2r = [F_2, 0]; F_2 = 0;
x1 = [x1_0, x1_0 * 2, x1_0 * 5, 0];
x2 = [x2_0, x2_0 * 2, x2_0 * 5, 0];

x1_0 = x1(1); x2_0 = x2(1);
simu_1 = sim('simulink_block_diagram',...
    'StartTime','0','StopTime', num2str(t));
sims_1= sim('simscape_block_diagram',...
    'StartTime','0','StopTime', num2str(t));
x1_0 = x1(2); x2_0 = x2(2);
simu_2 = sim('simulink_block_diagram',...
    'StartTime','0','StopTime', num2str(t));
sims_2= sim('simscape_block_diagram',...
    'StartTime','0','StopTime', num2str(t));
x1_0 = x1(3); x2_0 = x2(3);
simu_3 = sim('simulink_block_diagram',...
    'StartTime','0','StopTime', num2str(t));
sims_3= sim('simscape_block_diagram',...
    'StartTime','0','StopTime', num2str(t));
F_1 = F_1r(1); F_2 = F_2r(1);
x1_0 = x1(4); x2_0 = x2(4);
simu_F = sim('simulink_block_diagram',...
    'StartTime','0','StopTime', num2str(t));
sims_F= sim('simscape_block_diagram',...
    'StartTime','0','StopTime', num2str(t));
```

Построение графиков положений и скоростей

```
figure;
subplot(2,2,1)
plot(simu_1.simout.x1.time, simu_1.simout.x1.data,...
    'linewidth',1)
hold on
plot(simu_1.simout.x2.time, simu_1.simout.x2.data,...
    'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
```

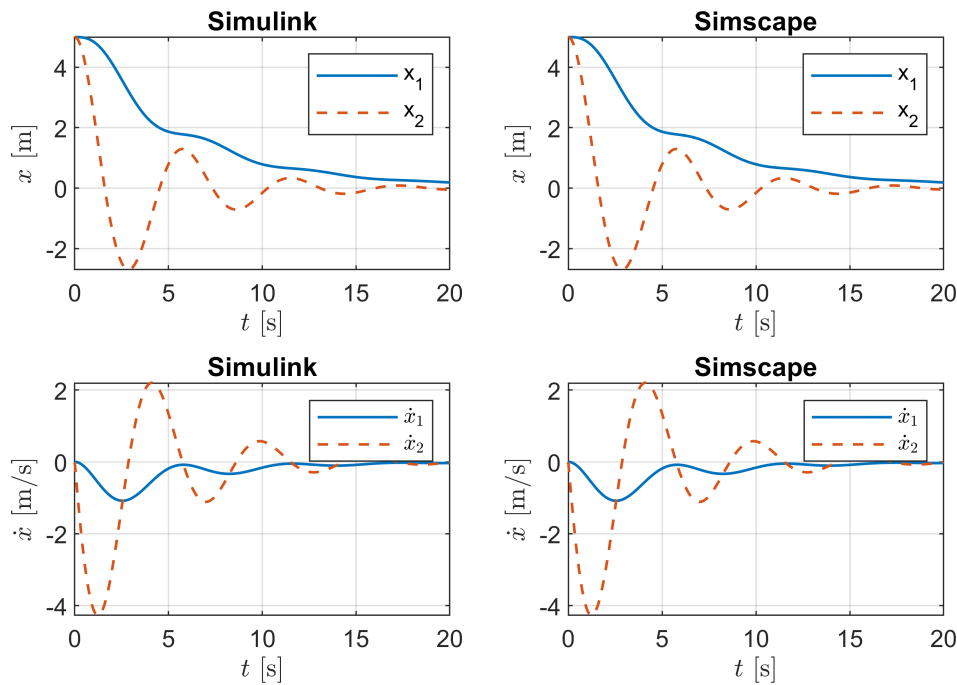
```

ylabel('$x$ [m]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('x_1', 'x_2');
title('Simulink');
subplot(2,2,3)
plot(simu_1.simout.dx1.time, simu_1.simout.dx1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(simu_1.simout.dx2.time, simu_1.simout.dx2.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$\dot{x}$ [m/s]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('$\dot{x}_1$', '$\dot{x}_2$', 'interpreter', 'latex');
title('Simulink');
subplot(2,2,2)
plot(sims_1.simout.x1.time, sims_1.simout.x1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(sims_1.simout.x2.time, sims_1.simout.x2.data,...
     'linewidth',1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$x$ [m]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('x_1', 'x_2');
title('Simscape');
subplot(2,2,4)
plot(sims_1.simout.dx1.time, sims_1.simout.dx1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(sims_1.simout.dx2.time, sims_1.simout.dx2.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$\dot{x}$ [m/s]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('$\dot{x}_1$', '$\dot{x}_2$', 'interpreter', 'latex');
title('Simscape');
sgtitle(['Сравнение поведения моделей'];...
        ['x1_0 = ', num2str(x1(1)), ' м, x2_0 = ', num2str(x2(1)), ' м, '...
        'F1 = ', num2str(F_1r(2)), ' Н, F2 = ', num2str(F_2r(2)), ' Н;'])

```

# Сравнение поведения моделей

$x1_0 = 5 \text{ м}$ ,  $x2_0 = 5 \text{ м}$ ,  $F1 = 0 \text{ Н}$ ,  $F2 = 0 \text{ Н}$ ;



```
figure;
subplot(2,2,1)
plot(simu_2.simout.x1.time, simu_2.simout.x1.data,...
    'linewidth',1)
hold on
plot(simu_2.simout.x2.time, simu_2.simout.x2.data,...
    'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$x$ [m]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('x_1', 'x_2');
title('Simulink');
subplot(2,2,3)
plot(simu_2.simout.dx1.time, simu_2.simout.dx1.data,...
    'linewidth',1)
hold on
plot(simu_2.simout.dx2.time, simu_2.simout.dx2.data,...
    'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$\dot{x}$ [m/s]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('$\dot{x}_1$', '$\dot{x}_2$', 'interpreter', 'latex');
title('Simulink');
subplot(2,2,2)
plot(sims_2.simout.x1.time, sims_2.simout.x1.data,...
    'linewidth',1)
```

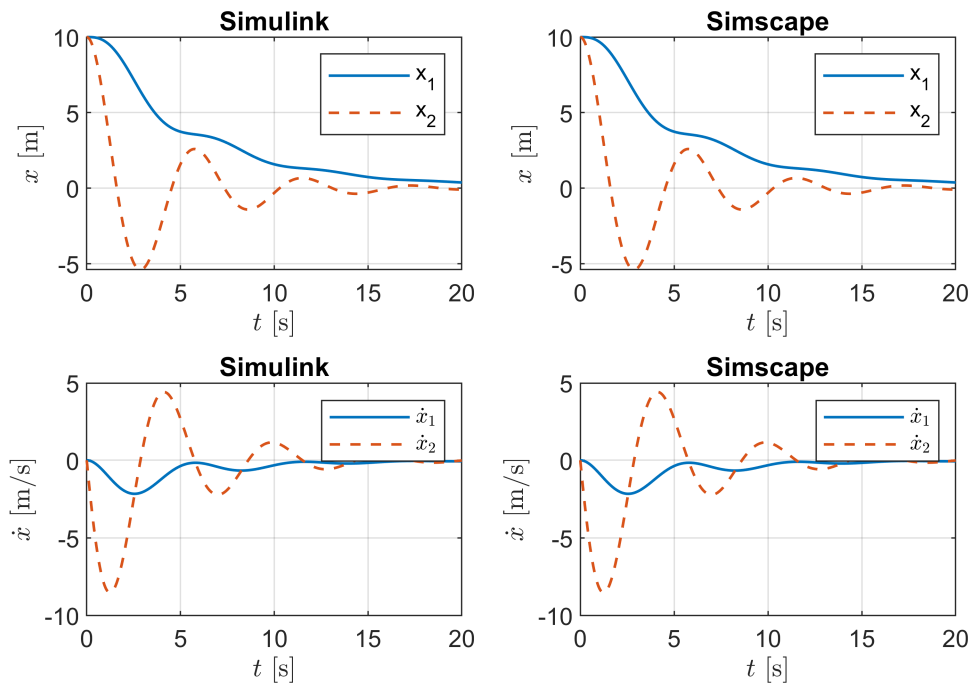
```

hold on
plot(sims_2.simout.x2.time, sims_2.simout.x2.data,...
     'linewidth',1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$x$ [m]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('x_1', 'x_2');
title('Simscape');
subplot(2,2,4)
plot(sims_2.simout.dx1.time, sims_2.simout.dx1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(sims_2.simout.dx2.time, sims_2.simout.dx2.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$\dot{x}$ [m/s]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('$\dot{x}_1$', '$\dot{x}_2$', 'interpreter', 'latex');
title('Simscape');
sgtitle(['Сравнение поведения моделей'];...
        ['x1_0 = ', num2str(x1(2)), ' м, x2_0 = ', num2str(x2(2)), ' м, '...
        'F1 = ', num2str(F_1r(2)), ' Н, F2 = ', num2str(F_2r(2)), ' Н;'])

```

### Сравнение поведения моделей

$x1_0 = 10$  м,  $x2_0 = 10$  м,  $F1 = 0$  Н,  $F2 = 0$  Н;



```

figure;
subplot(2,2,1)
plot(simu_3.simout.x1.time, simu_3.simout.x1.data,...
     'linewidth',1)

```

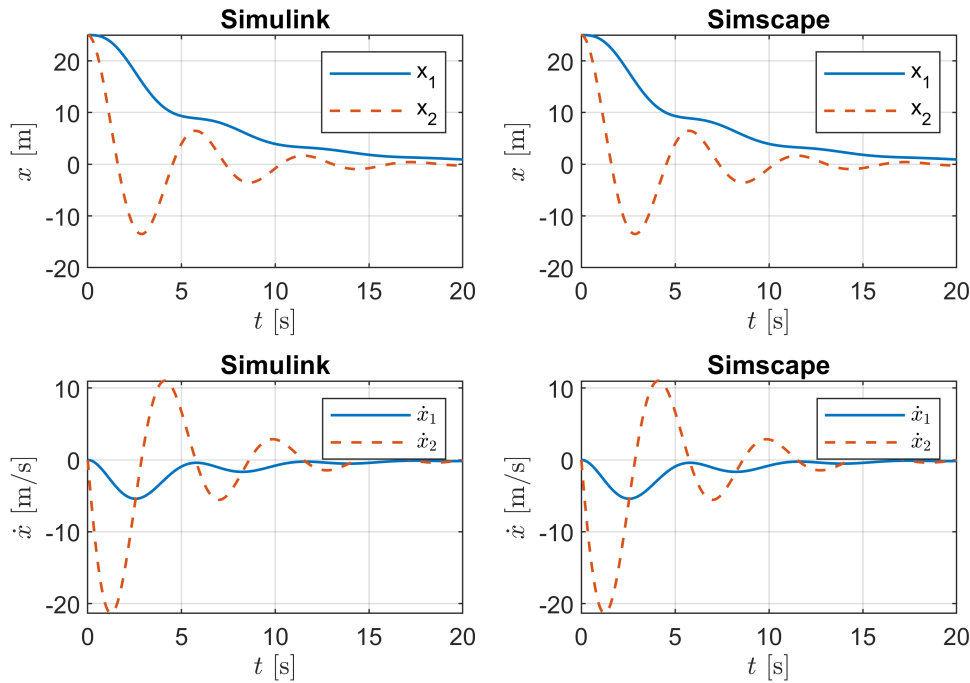
```

hold on
plot(simu_3.simout.x2.time, simu_3.simout.x2.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$x$ [m]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('x_1', 'x_2');
title('Simulink');
subplot(2,2,3)
plot(simu_3.simout.dx1.time, simu_3.simout.dx1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(simu_3.simout.dx2.time, simu_3.simout.dx2.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$\dot{x}$ [m/s]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('$\dot{x}_1$', '$\dot{x}_2$', 'interpreter', 'latex');
title('Simulink');
subplot(2,2,2)
plot(sims_3.simout.x1.time, sims_3.simout.x1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(sims_3.simout.x2.time, sims_3.simout.x2.data,...
     'linewidth',1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$x$ [m]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('x_1', 'x_2');
title('Simscape');
subplot(2,2,4)
plot(sims_3.simout.dx1.time, sims_3.simout.dx1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(sims_3.simout.dx2.time, sims_3.simout.dx2.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$\dot{x}$ [m/s]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('$\dot{x}_1$', '$\dot{x}_2$', 'interpreter', 'latex');
title('Simscape');
sgtitle(['Сравнение поведения моделей'];...
        ['x1_0 = ', num2str(x1(3)), ' м, x2_0 = ', num2str(x2(3)), ' м, '...
        'F1 = ', num2str(F_1r(2)), ' Н, F2 = ', num2str(F_2r(2)), ' Н;'])

```

## Сравнение поведения моделей

$x1_0 = 25 \text{ м}, x2_0 = 25 \text{ м}, F1 = 0 \text{ Н}, F2 = 0 \text{ Н};$



```
figure;
subplot(2,2,1)
plot(simu_F.simout.x1.time, simu_F.simout.x1.data,...
    'linewidth',1)
hold on
plot(simu_F.simout.x2.time, simu_F.simout.x2.data,...
    'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$x$ [m]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('x_1', 'x_2');
title('Simulink');
subplot(2,2,3)
plot(simu_F.simout.dx1.time, simu_F.simout.dx1.data,...
    'linewidth',1)
hold on
plot(simu_F.simout.dx2.time, simu_F.simout.dx2.data,...
    'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$\dot{x}$ [m/s]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('$\dot{x}_1$', '$\dot{x}_2$', 'interpreter', 'latex');
title('Simulink');
subplot(2,2,2)
plot(sims_F.simout.x1.time, sims_F.simout.x1.data,...
    'linewidth',1)
```

```

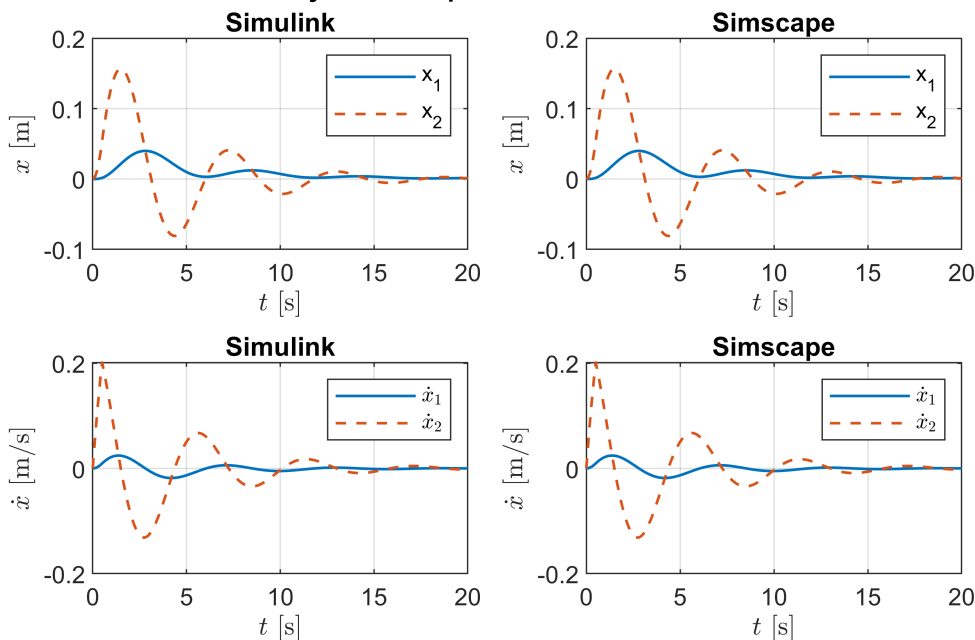
hold on
plot(sims_F.simout.x2.time, sims_F.simout.x2.data,...
     'linewidth',1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$x$ [m]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('x_1', 'x_2');
title('Simscape');
subplot(2,2,4)
plot(sims_F.simout.dx1.time, sims_F.simout.dx1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(sims_F.simout.dx2.time, sims_F.simout.dx2.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","--")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$\dot{x}$ [m/s]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('$\dot{x}_1$', '$\dot{x}_2$', 'interpreter', 'latex');
title('Simscape');
sgtitle(['Сравнение поведения моделей'];...
        ['x1_0 = ', num2str(x1(4)), ' м, x2_0 = ', num2str(x2(4)), ' м, ' ...
        'F1 = ', num2str(F_1r(1)), ' Н, F2 = ', num2str(F_2r(1)), ' Н;']; ...
        ['длительность импульсов равны соответственно ', num2str(time_F_1),...
        ' и ', num2str(time_F_1), ' с']})

```

### Сравнение поведения моделей

$x1_0 = 0$  м,  $x2_0 = 0$  м,  $F1 = 0$  Н,  $F2 = 10$  Н;

длительность импульсов равны соответственно 0.5 и 0.5 с



Построение графиков усилий пружин и демпферов



```

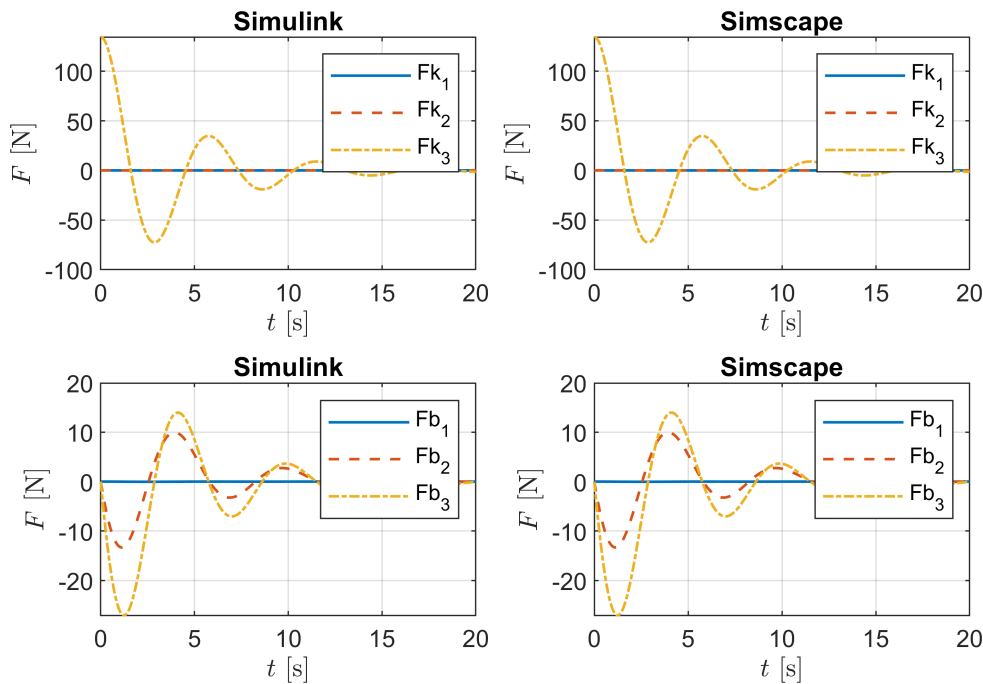
figure;
subplot(2,2,1)
plot(simu_1.simout.Fk1.time, simu_1.simout.Fk1.data,...
'linewidth',1)
hold on
plot(simu_1.simout.Fk2.time, simu_1.simout.Fk2.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(simu_1.simout.Fk3.time, simu_1.simout.Fk3.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fk_1', 'Fk_2', 'Fk_3');
title('Simulink');
subplot(2,2,3)
plot(simu_1.simout.Fb1.time, simu_1.simout.Fb1.data,...
'linewidth',1)
hold on
plot(simu_1.simout.Fb2.time, simu_1.simout.Fb2.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(simu_1.simout.Fb3.time, simu_1.simout.Fb3.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fb_1', 'Fb_2', 'Fb_3');
title('Simulink');
subplot(2,2,2)
plot(sims_1.simout.Fk1.time, sims_1.simout.Fk1.data,...
'linewidth',1)
hold on
plot(sims_1.simout.Fk2.time, sims_1.simout.Fk2.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(sims_1.simout.Fk3.time, sims_1.simout.Fk3.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fk_1', 'Fk_2', 'Fk_3');
title('Simscape');
subplot(2,2,4)
plot(sims_1.simout.Fb1.time, sims_1.simout.Fb1.data,...
'linewidth',1)
hold on
plot(sims_1.simout.Fb2.time, sims_1.simout.Fb2.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(sims_1.simout.Fb3.time, sims_1.simout.Fb3.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fb_1', 'Fb_2', 'Fb_3');
title('Simscape');
sgtitle(['Сравнение поведения моделей'];...

```

```
['x1_0 = ', num2str(x1(1)), ' м, x2_0 = ', num2str(x2(1)), ' м, '...  
'F1 = ', num2str(F_1r(2)), ' Н, F2 = ', num2str(F_2r(2)), ' Н; '}]}
```

## Сравнение поведения моделей

$x1_0 = 5$  м,  $x2_0 = 5$  м,  $F1 = 0$  Н,  $F2 = 0$  Н;



```
figure;  
subplot(2,2,1)  
plot(simu_2.simout.Fk1.time, simu_2.simout.Fk1.data,...  
      'linewidth',1)  
hold on  
plot(simu_2.simout.Fk2.time, simu_2.simout.Fk2.data,...  
      'linewidth', 1, "LineStyle","--")  
plot(simu_2.simout.Fk3.time, simu_2.simout.Fk3.data,...  
      'linewidth', 1, "LineStyle","-.")  
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');  
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');  
grid on;  
legend('Fk_1', 'Fk_2', 'Fk_3');  
title('Simulink');  
subplot(2,2,3)  
plot(simu_2.simout.Fb1.time, simu_2.simout.Fb1.data,...  
      'linewidth',1)  
hold on  
plot(simu_2.simout.Fb2.time, simu_2.simout.Fb2.data,...  
      'linewidth', 1, "LineStyle","--")  
plot(simu_2.simout.Fb3.time, simu_2.simout.Fb3.data,...  
      'linewidth', 1, "LineStyle","-.")  
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
```

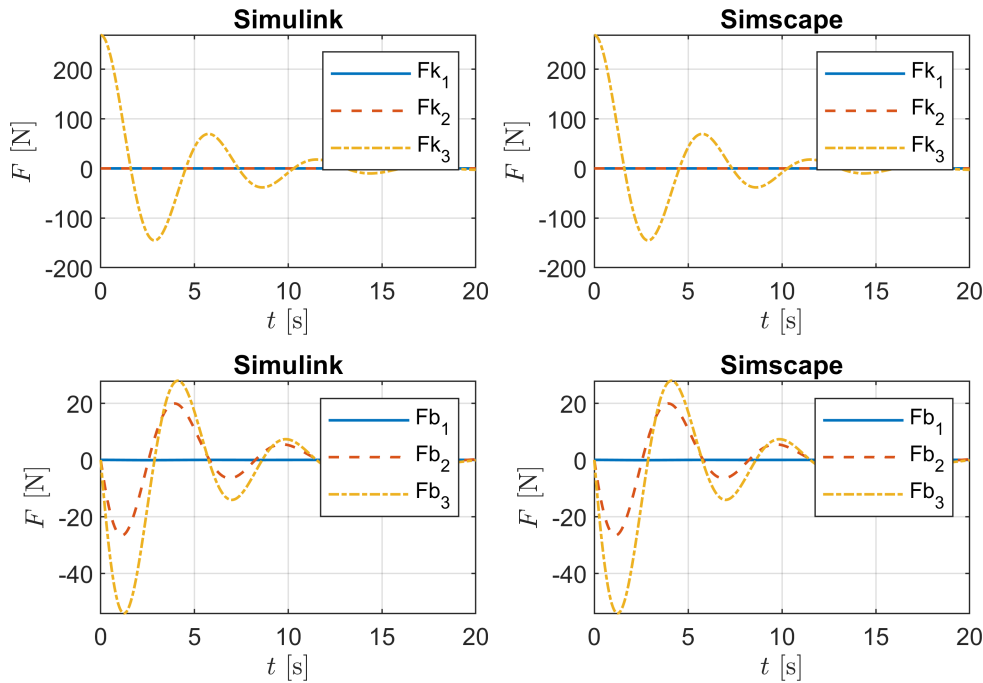
```

ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fb_1', 'Fb_2', 'Fb_3');
title('Simulink');
subplot(2,2,2)
plot(sims_2.simout.Fk1.time, sims_2.simout.Fk1.data,...
      'linewidth',1)
hold on
plot(sims_2.simout.Fk2.time, sims_2.simout.Fk2.data,...
      'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(sims_2.simout.Fk3.time, sims_2.simout.Fk3.data,...
      'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fk_1', 'Fk_2', 'Fk_3');
title('Simscape');
subplot(2,2,4)
plot(sims_2.simout.Fb1.time, sims_2.simout.Fb1.data,...
      'linewidth',1)
hold on
plot(sims_2.simout.Fb2.time, sims_2.simout.Fb2.data,...
      'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(sims_2.simout.Fb3.time, sims_2.simout.Fb3.data,...
      'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fb_1', 'Fb_2', 'Fb_3');
title('Simscape');
sgtitle(['Сравнение поведения моделей'];...
        ['x1_0 = ', num2str(x1(2)), ' м, x2_0 = ', num2str(x2(2)), ' м, '...
        'F1 = ', num2str(F_1r(2)), ' Н, F2 = ', num2str(F_2r(2)), ' Н;'])

```

## Сравнение поведения моделей

$x1_0 = 10 \text{ м}, x2_0 = 10 \text{ м}, F1 = 0 \text{ Н}, F2 = 0 \text{ Н};$



```
figure;
subplot(2,2,1)
plot(simu_3.simout.Fk1.time, simu_3.simout.Fk1.data,...
'linewidth',1)
hold on
plot(simu_3.simout.Fk2.time, simu_3.simout.Fk2.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(simu_3.simout.Fk3.time, simu_3.simout.Fk3.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fk_1', 'Fk_2', 'Fk_3');
title('Simulink');
subplot(2,2,3)
plot(simu_3.simout.Fb1.time, simu_3.simout.Fb1.data,...
'linewidth',1)
hold on
plot(simu_3.simout.Fb2.time, simu_3.simout.Fb2.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(simu_3.simout.Fb3.time, simu_3.simout.Fb3.data,...
'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
```

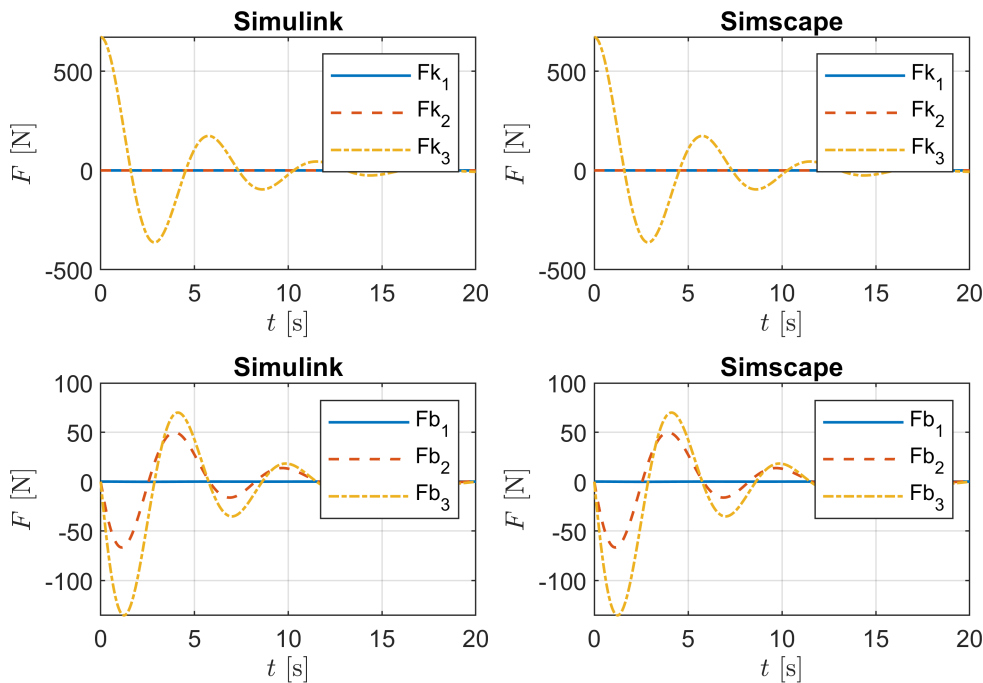
```

legend('Fb_1','Fb_2','Fb_3');
title('Simulink');
subplot(2,2,2)
plot(sims_3.simout.Fk1.time, sims_3.simout.Fk1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(sims_3.simout.Fk2.time, sims_3.simout.Fk2.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(sims_3.simout.Fk3.time, sims_3.simout.Fk3.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]','interpreter','latex');
ylabel('$F$ [N]','interpreter','latex');
grid on;
legend('Fk_1','Fk_2','Fk_3');
title('Simscape');
subplot(2,2,4)
plot(sims_3.simout.Fb1.time, sims_3.simout.Fb1.data,...
     'linewidth',1)
hold on
plot(sims_3.simout.Fb2.time, sims_3.simout.Fb2.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(sims_3.simout.Fb3.time, sims_3.simout.Fb3.data,...
     'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]','interpreter','latex');
ylabel('$F$ [N]','interpreter','latex');
grid on;
legend('Fb_1','Fb_2','Fb_3');
title('Simscape');
sgtitle(['Сравнение поведения моделей'];...
        ['x1_0 = ', num2str(x1(3)), ' м, x2_0 = ', num2str(x2(3)), ' м, '...
        'F1 = ', num2str(F_1r(2)), ' Н, F2 = ', num2str(F_2r(2)), ' Н;'])

```

## Сравнение поведения моделей

$x1_0 = 25 \text{ м}, x2_0 = 25 \text{ м}, F1 = 0 \text{ Н}, F2 = 0 \text{ Н};$



```
figure;
subplot(2,2,1)
plot(simu_F.simout.Fk1.time, simu_F.simout.Fk1.data,...
    'linewidth',1)
hold on
plot(simu_F.simout.Fk2.time, simu_F.simout.Fk2.data,...
    'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(simu_F.simout.Fk3.time, simu_F.simout.Fk3.data,...
    'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fk_1', 'Fk_2', 'Fk_3');
title('Simulink');
subplot(2,2,3)
plot(simu_F.simout.Fb1.time, simu_F.simout.Fb1.data,...
    'linewidth',1)
hold on
plot(simu_F.simout.Fb2.time, simu_F.simout.Fb2.data,...
    'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(simu_F.simout.Fb3.time, simu_F.simout.Fb3.data,...
    'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fb_1', 'Fb_2', 'Fb_3');
```

```

title('Simulink');
subplot(2,2,2)
plot(sims_F.simout.Fk1.time, sims_F.simout.Fk1.data,...
      'linewidth',1)
hold on
plot(sims_F.simout.Fk2.time, sims_F.simout.Fk2.data,...
      'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(sims_F.simout.Fk3.time, sims_F.simout.Fk3.data,...
      'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fk_1', 'Fk_2', 'Fk_3');
title('Simscape');
subplot(2,2,4)
plot(sims_F.simout.Fb1.time, sims_F.simout.Fb1.data,...
      'linewidth',1)
hold on
plot(sims_F.simout.Fb2.time, sims_F.simout.Fb2.data,...
      'linewidth', 1, "LineStyle","--")
plot(sims_F.simout.Fb3.time, sims_F.simout.Fb3.data,...
      'linewidth', 1, "LineStyle","-.")
xlabel('$t$ [s]', 'interpreter', 'latex');
ylabel('$F$ [N]', 'interpreter', 'latex');
grid on;
legend('Fb_1', 'Fb_2', 'Fb_3');
title('Simscape');
sgtitle({'Сравнение поведения моделей'};...
        ['x1_0 = ', num2str(x1(4)), ' м, x2_0 = ', num2str(x2(4)), ' м, '...
        'F1 = ', num2str(F_1r(1)), ' Н, F2 = ', num2str(F_2r(1)), ' Н;'])

```

# Сравнение поведения моделей

$x1_0 = 0$  м,  $x2_0 = 0$  м,  $F1 = 0$  Н,  $F2 = 10$  Н;

