

**Министерство образования Российской Федерации**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**  
**им. Н.Э. БАУМАНА**

Факультет: Информатика и системы управления  
Кафедра: Информационная безопасность (ИУ8)

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ**

**Лабораторная работа №2 на тему:**  
«Типовые динамические звенья систем автоматического регулирования»

Вариант 4

**Преподаватель:**  
Чернега Е.В.

**Студент:**  
Девяткин Е.Д.

**Группа:**  
ИУ8-44

**Репозиторий работы:** <https://github.com/ledibonibell/Module04-BMT>

Москва 2024

## Цель работы

Исследование переходных характеристик и динамических свойств типовых звеньев систем автоматического управления.

## Порядок выполнения работы

1. Построить схемы моделирования динамических звеньев
  - 1.1. Усилительного  $W_1(S)$
  - 1.2. Интегрирующего  $W_2(S)$
  - 1.3. Апериодического  $W_3(S)$
  - 1.4. Реального дифференцирующего  $W_4(S)$
  - 1.5. Колебательного со значением  $K = 2$ ,  $T = 0.5$ ,  $\xi = 0.4$   $W_5(S)$
  - 1.6. Колебательного со значением  $K_1 = 2 \cdot K$  (сравнение  $W_5(S)$  и  $W_6(S)$ )
  - 1.7. Колебательного со значением  $T_1 = 2 \cdot T$  (сравнение  $W_5(S)$  и  $W_7(S)$ )
  - 1.8. Колебательного со значением  $K = \xi / 2$  (сравнение  $W_5(S)$  и  $W_8(S)$ )
  - 1.9. Консервативного ( $E = 0$ , сравнение  $W_5(S)$  и  $W_9(S)$ )
2. Осуществить моделирования и снять переходные характеристики типовых динамических звеньев
3. Сделать выводы о влиянии параметров на характеристики колебательного звена
4. Анализ результатов моделирования

## Исходные данные

$k$	$T$	$\xi$
2	0.5	0.4

# Ход Работы

## Усилительное звено

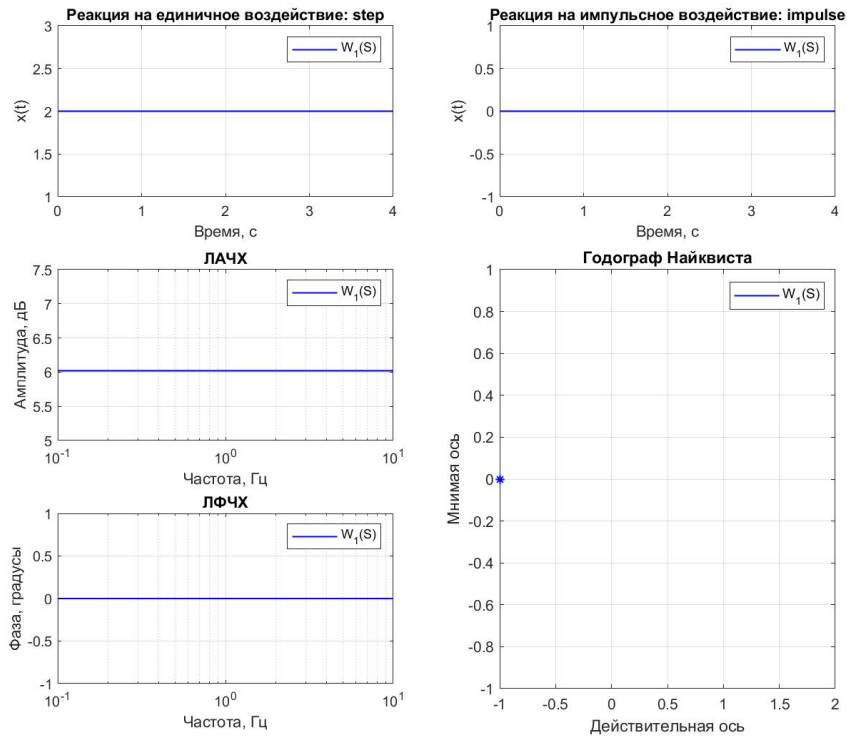


Рис. 1 - Усилительное звено

## Интегрирующее звено

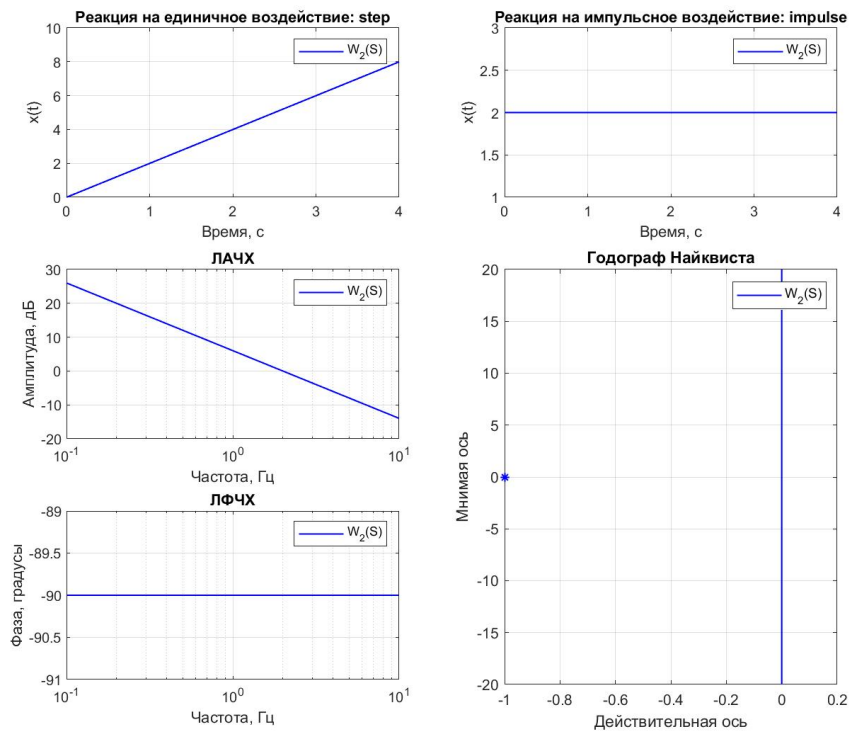


Рис. 2 - Интегрирующее звено

### Апериодическое звено

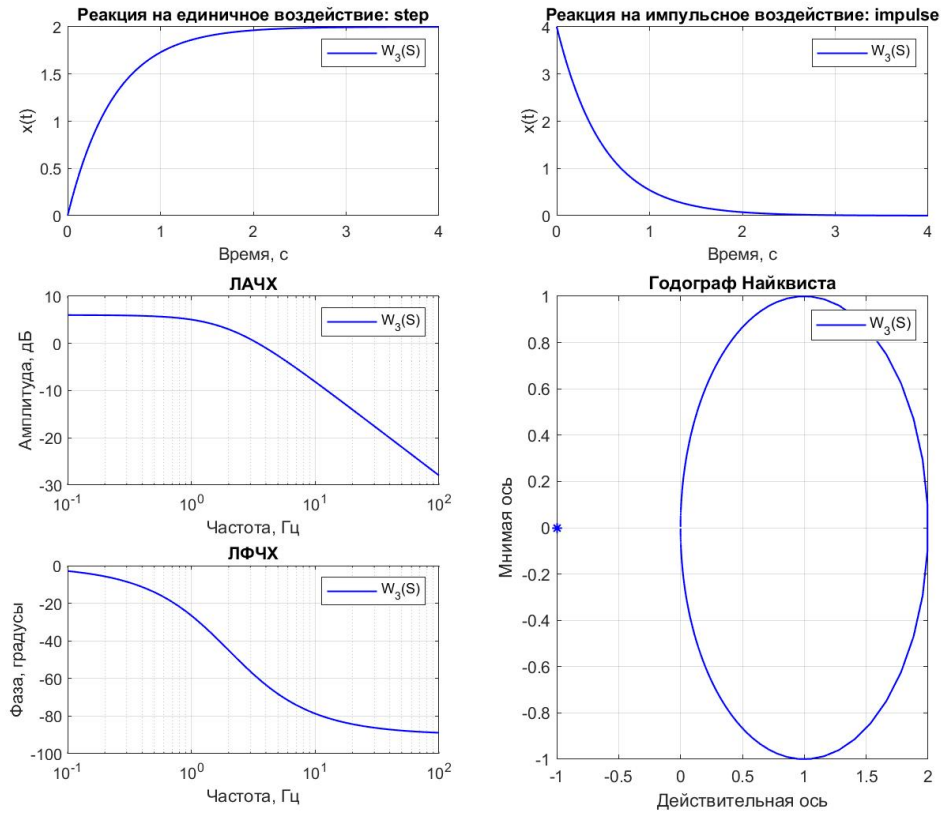


Рис. 3 - Апериодическое звено

### Реальное дифференцирующее звено 1-го порядка

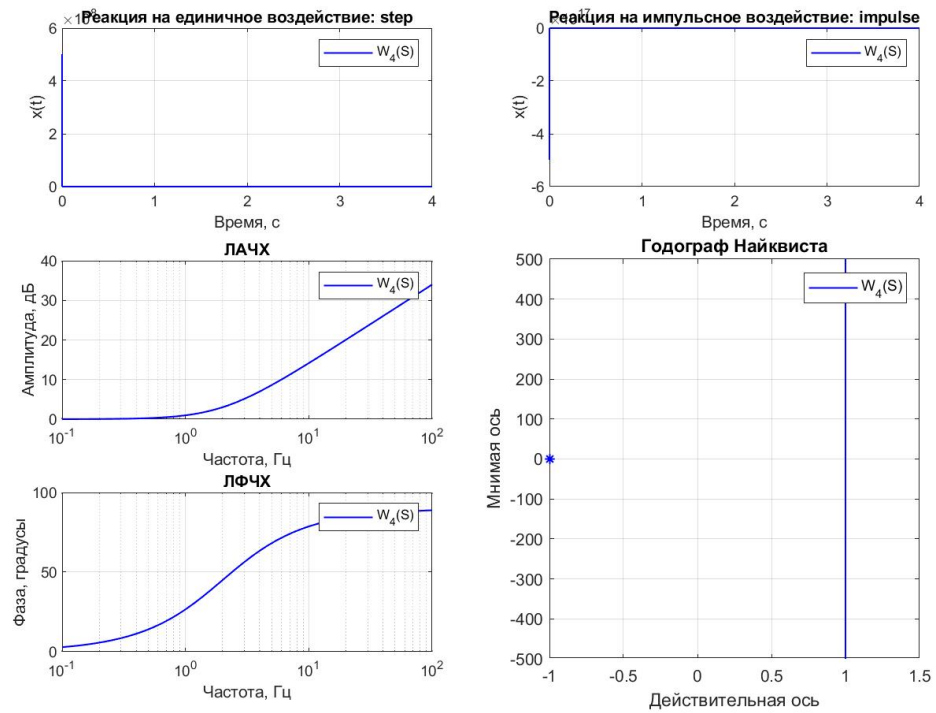


Рис. 4 - Реальное дифференцирующее звено первого порядка

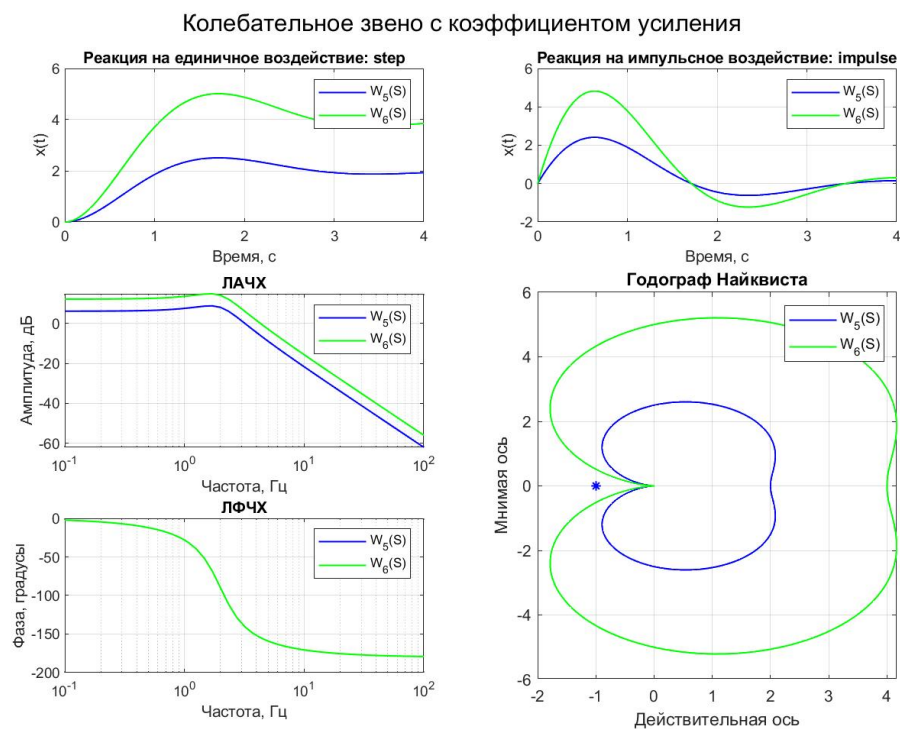


Рис. 5 - Колебательное звено. Графики переходных процессов для колебательных звеньев с разным коэффициентом усиления

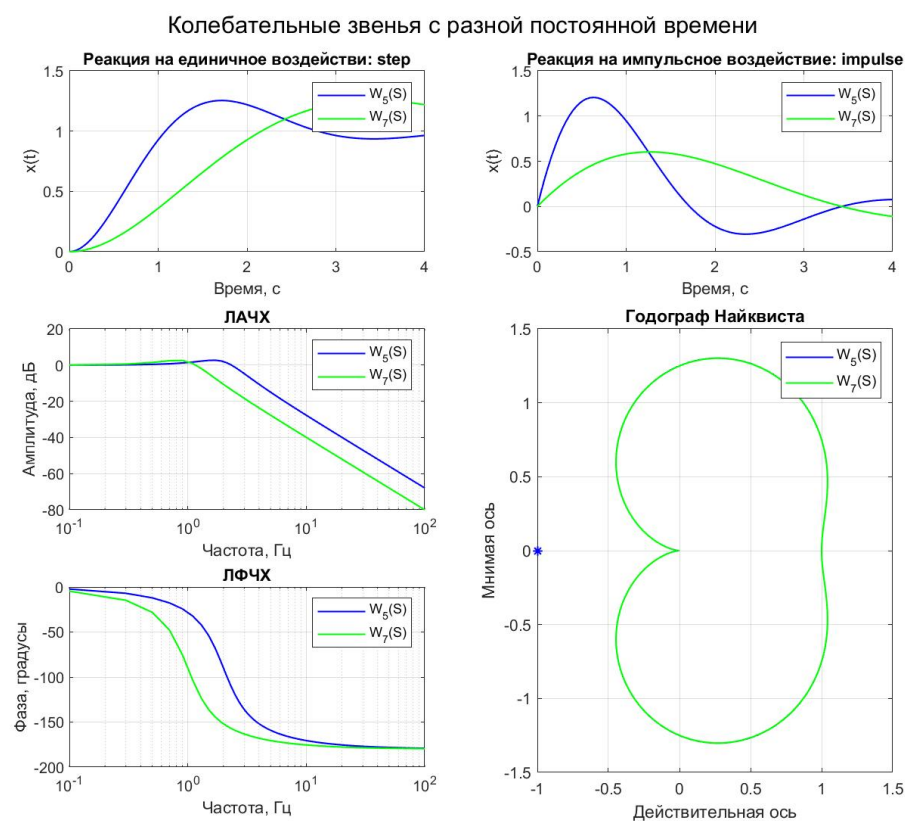


Рис. 6 - Колебательное звено. Графики переходных процессов для колебательных звеньев с разной постоянной времени

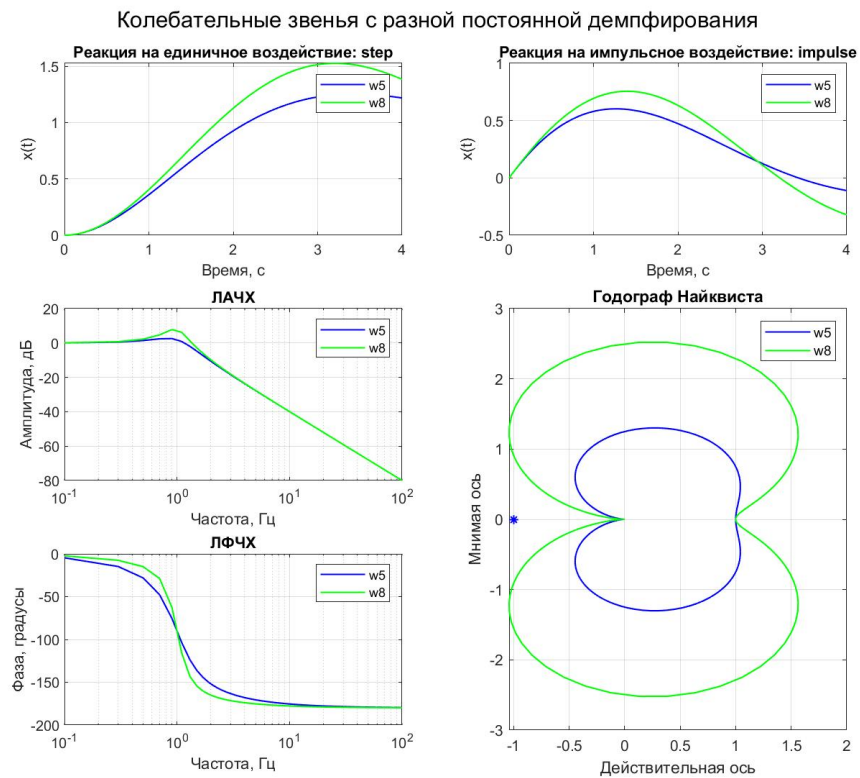


Рис. 7 - Колебательное звено. Графики переходных процессов для колебательных звеньев с разным коэффициентом демпфирования

Колебательные звенья с разным коэффициентом демпфирования (консервативное звено)

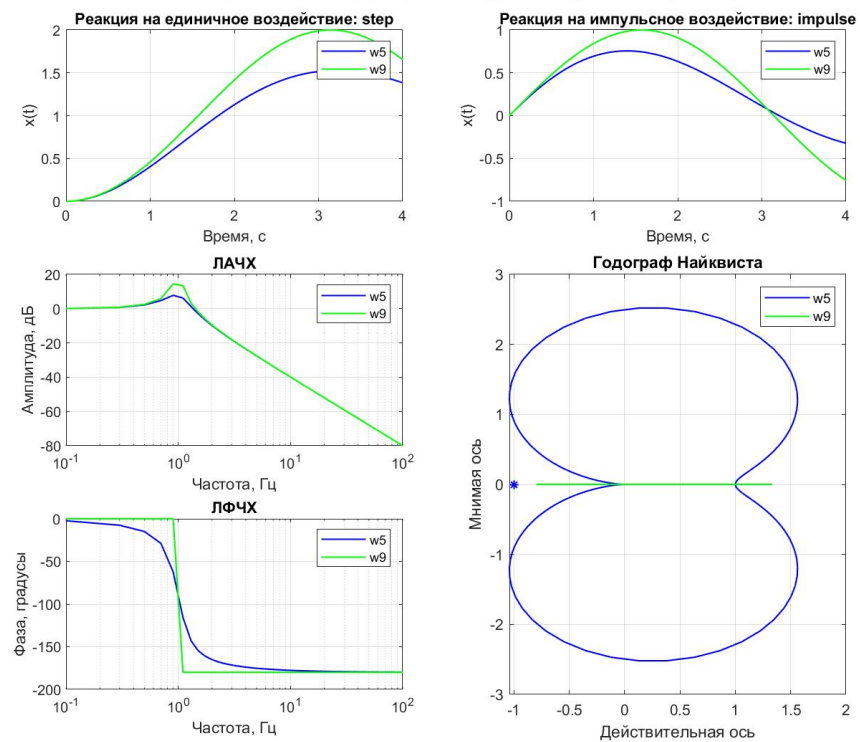


Рис. 8 - Колебательное звено. Графики переходных процессов для колебательного звена и консервативного звена

## **Вывод**

В ходе выполнения лабораторной работы были улучшены навыки владения MatLab. Также были изучены и построены основные типы динамических звеньев.

Переходные процессы были проиллюстрированы с помощью каскада графиков:

1. Весовая функция
2. Переходная функция
3. Диаграмма Бode
4. Годограф Найквиста

С помощью которых также были сравнены различные колебательные звенья, включая консервативное звено ( $\xi = 0$ ).

## Листинг 1

Константы (исходные данные):

**options.m:**

%initial conditions

K = 2;

T = 0.5;

ksi = 0.4;

%K = 2;

%T = 0.2;

%T\_1 = 0.25;

%T\_2 = 0.3;

%ksi = 0.55;



## Листинг 2.1

Построение графиков воздействия на единичное (step и impulse), ЛАФЧХ, а также годограф Найквиста для усилительного звена.

```
w1 = tf(K, 1);
lable_name = 'W_1(S)';

figure('position', [400, 200, 900, 750])
t = tiledlayout(3, 4);
title(t, "Усилительное звено");

% Реакция на единичное воздействие: step
subplot(3, 2, 1);

[y1, tOut] = step(w1, 4);
plot(tOut, y1, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name)
title('Реакция на единичное воздействие: step')
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% Реакция на единичное воздействие: impulse
subplot(3, 2, 2);

[y1, tOut] = impulse(w1, 4);
plot(tOut, y1, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name);
title('Реакция на единичное воздействие: impulse');
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% ЛАФЧХ
subplot(3, 2, 3);

[mag, ph, wout] = bode(w1);
mag = squeeze(mag);
semilogx(wout, mag2db(abs(mag)), 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on
```

```

legend(lable_name);
title('ЛАЧХ');
ylabel('Амплитуда, дБ');
xlabel('Частота, Гц');

% ЛФЧХ
subplot(3, 2, 5);

[mag, phase, wout] = bode(w1);
phase = squeeze(phase);
semilogx(wout, phase, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name);
title('ЛФЧХ')
ylabel('Фаза, градусы');
xlabel('Частота, Гц');

% Годограф Найквиста
subplot(3, 2, [4, 6]);

k = 1000;
w = linspace(-k, k, 10*k);
[re, im, wout] = nyquist(w1, w);
re = squeeze(re);
im = squeeze(im);
plot(re, im, 'b-', -1, 0, 'b*', 'LineWidth', 1)
grid on

legend(lable_name);
title('Годограф Найквиста')
xlabel('Действительная ось');
ylabel('Мнимая ось');

saveas(gcf, 'graphics/Усилительное звено.png');

```

## Листинг 2.2

Построение графиков воздействия на единичное (step и impulse), ЛАФЧХ, а также годограф Найквиста для интегрирующего звена.

```
w2 = tf(K, [1, 0]);
lable_name = 'W_2(S)';

figure('position', [400, 200, 900, 750])
t = tiledlayout(3, 4);
title(t, "Интегрирующее звено");

% Реакция на единичное воздействие: step
subplot(3, 2, 1);

[y2, tOut] = step(w2, 4);
plot(tOut, y2, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name)
title('Реакция на единичное воздействие: step')
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% Реакция на единичное воздействие: impulse
subplot(3, 2, 2);

[y2, tOut] = impulse(w2, 4);
plot(tOut, y2, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name);
title('Реакция на единичное воздействие: impulse');
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% ЛАФЧХ
subplot(3, 2, 3);

[mag, ph, wout] = bode(w2);
mag = squeeze(mag);
semilogx(wout, mag2db(abs(mag))), 'b-', 'LineWidth', 1);
```

```

grid on

legend(lable_name);
title('ЛАЧХ');
ylabel('Амплитуда, дБ');
xlabel('Частота, Гц');

% ЛФЧХ
subplot(3, 2, 5);

[mag, phase, wout] = bode(w2);
phase = squeeze(phase);
semilogx(wout, phase, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name);
title('ЛФЧХ')
ylabel('Фаза, градусы');
xlabel('Частота, Гц');

% Годограф Найквиста
subplot(3, 2, [4, 6]);

k = 1000;
w = linspace(-k, k, 10*k);
[re, im, wout] = nyquist(w2, w);
re = squeeze(re);
im = squeeze(im);
plot(re, im, 'b-', -1, 0, 'b*', 'LineWidth', 1)
grid on

legend(lable_name);
title('Годограф Найквиста')
xlabel('Действительная ось');
ylabel('Мнимая ось');

saveas(gcf, 'graphics/Интегрирующее звено.png');

```

### Листинг 2.3

Построение графиков воздействия на единичное (step и impulse), ЛАФЧХ, а также годограф Найквиста для апериодического звена.

```
w3 = tf(K, [T, 1]);
lable_name = 'W_3(S)';

figure('position', [400, 200, 900, 750])
t = tiledlayout(3, 4);
title(t, "Апериодическое звено");

% Реакция на единичное воздействие: step
subplot(3, 2, 1);

[y3, tOut] = step(w3, 4);
plot(tOut, y3, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name)
title('Реакция на единичное воздействие: step')
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% Реакция на единичное воздействие: impulse
subplot(3, 2, 2);

[y3, tOut] = impulse(w3, 4);
plot(tOut, y3, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name);
title('Реакция на единичное воздействие: impulse');
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% ЛАФЧХ
subplot(3, 2, 3);

[mag, ph, wout] = bode(w3);
mag = squeeze(mag);
semilogx(wout, mag2db(abs(mag)), 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name);
```

```

title('ЛАЧХ');
ylabel('Амплитуда, дБ');
xlabel('Частота, Гц');

% ЛФЧХ
subplot(3, 2, 5);

[mag, phase, wout] = bode(w3);
phase = squeeze(phase);
semilogx(wout, phase, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name);
title('ЛФЧХ')
ylabel('Фаза, градусы');
xlabel('Частота, Гц');

% Годограф Найквиста
subplot(3, 2, [4, 6]);

k = 1000;
w = linspace(-k, k, 10*k);
[re, im, wout] = nyquist(w3, w);
re = squeeze(re);
im = squeeze(im);
plot(re, im, 'b-', -1, 0, 'b*', 'LineWidth', 1)
grid on

legend(lable_name);
title('Годограф Найквиста')
xlabel('Действительная ось');
ylabel('Мнимая ось');

saveas(gcf, 'graphics/Апериодическое звено.png');

```

## Листинг 2.4

Построение графиков воздействия на единичное (step и impulse), ЛАФЧХ, а также годограф Найквиста для реального дифференцирующего звена 1-го порядка.

```
s = tf('s');
sys = T*s + 1;
w4 = sys*tf(1, [0.000000001 1]);
lable_name = 'W_4(S)';

figure('position', [400, 200, 900, 750])
t = tiledlayout(3, 4);
title(t, "Реальное дифференцирующее звено 1–го порядка");

% Реакция на единичное воздействие: step
subplot(3, 2, 1);

[y4, tOut] = step(w4, 4);
plot(tOut, y4, 'b-', 'LineWidth', 1);
legend(lable_name)
grid on

title('Реакция на единичное воздействие: step')
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% Реакция на единичное воздействие: impulse
subplot(3, 2, 2);

[y4, tOut] = impulse(w4, 4);
plot(tOut, y4, 'b-', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(lable_name);
title('Реакция на единичное воздействие: impulse');
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% ЛАФЧХ
subplot(3, 2, 3);

[mag, ph, wout] = bode(w4);
mag = squeeze(mag);
semilogx(wout, mag2db(abs(mag))), 'b-', 'LineWidth', 1);
```

```
grid on
```

```
legend(lable_name);  
title('ЛАЧХ');  
ylabel('Амплитуда, дБ');  
xlabel('Частота, Гц');
```

```
% ЛФЧХ  
subplot(3, 2, 5);
```

```
[mag, phase, wout] = bode(w4);  
phase = squeeze(phase);  
semilogx(wout, phase, 'b-', 'LineWidth', 1);  
grid on
```

```
legend(lable_name);  
title('ЛФЧХ')  
ylabel('Фаза, градусы');  
xlabel('Частота, Гц');
```

```
% Годограф Найквиста  
subplot(3, 2, [4, 6]);
```

```
k = 1000;  
w = linspace(-k, k, 10*k);  
[re, im, wout] = nyquist(w4, w);  
re = squeeze(re);  
im = squeeze(im);  
plot(re, im, 'b-', -1, 0, 'b*', 'LineWidth', 1)  
grid on
```

```
legend(lable_name);  
title('Годограф Найквиста')  
xlabel('Действительная ось');  
ylabel('Мнимая ось');
```

```
saveas(gcf, 'graphics/Реальное дифференцирующее звено 1-го порядка.png');
```



### Листинг 3.1

Построение графиков воздействия на единичное (step и impulse), ЛАФЧХ, а также годограф Найквиста для колебательных звеньев с разным коэффициентом усиления.

```
w5 = tf(K, [T^2, 2*T*ksi, 1]);
w6 = tf(2*K, [T^2, 2*T*ksi, 1]);
first_legend = 'W_5(S)';
second_legend = 'W_6(S)';

figure('position', [400, 200, 900, 750])
t = tiledlayout(3, 4);
title(t, "Колебательные звенья с разным коэффициентом усиления");

% Реакция на единичное воздействие: step
subplot(3, 2, 1);
[y5, tOut] = step(w5, 4);
y6 = step(w6, 4);
plot(tOut, y5, 'b', tOut, y6, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(first_legend, second_legend);
title('Реакция на единичное воздействие: step')
xlabel('Время, c');
ylabel('x(t)');

% Реакция на единичное воздействие: impulse
subplot(3, 2, 2);
[y5, tOut] = impulse(w5, 4);
y6 = impulse(w6, 4);
plot(tOut, y5, 'b', tOut, y6, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(first_legend, second_legend);
title('Реакция на единичное воздействие: impulse');
xlabel('Время, c');
ylabel('x(t)');

% ЛАЧХ
subplot(3, 2, 3);

[mag5, phase5, wout] = bode(w5);
mag5 = squeeze(mag5);
[mag6, phase6, wout] = bode(w6);
```

```

mag6 = squeeze(mag6);
semilogx(wout,mag2db(abs(mag5)),'b', wout,mag2db(abs(mag6)),'g',
'LineWidth', 1);
grid on

legend(first_legend, second_legend);
title('ЛАЧХ');
ylabel('Амплитуда, дБ');
xlabel('Частота, Гц');

% ЛФЧХ
subplot(3, 2, 5);

[mag5, phase5, wout] = bode(w5);
phase5 = squeeze(phase5);
[mag6, phase6, wout] = bode(w6);
phase6 = squeeze(phase6);
semilogx(wout, phase5, 'b', wout, phase6, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(first_legend, second_legend);
title('ЛФЧХ')
ylabel('Фаза, градусы');
xlabel('Частота, Гц');

% Годограф Найквиста
subplot(3, 2, [4, 6]);

k = 1000;
w = linspace(-k, k, 100*k);
[re5,im5, wout] = nyquist(w5, w);
re5 = squeeze(re5);
im5 = squeeze(im5);
[re6,im6, wout] = nyquist(w6, w);
re6 = squeeze(re6);
im6 = squeeze(im6);
plot(re5,im5,'b', re6,im6,'g', -1, 0, 'b*', 'LineWidth', 1)
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('Годограф Найквиста')
xlabel('Действительная ось');
ylabel('Мнимая ось');

saveas(gcf, 'graphics/Колебательное звено с коэффициентом усиления.png');

```

### Листинг 3.2

Построение графиков воздействия на единичное (step и impulse), ЛАФЧХ, а также годограф Найквиста для колебательных звеньев с разной постоянной времени.

```
w5 = tf(1, [T^2, 2*T*ksi, 1]);
T = T*2;
w7 = tf(1, [T^2, 2*T*ksi, 1]);
first_legend = 'W_5(S)';
second_legend = 'W_7(S)';

figure('position', [400, 200, 900, 750])
t = tiledlayout(3, 4);
title(t, "Колебательные звенья с разной постоянной времени");

% Реакция на единичное воздействие: step
subplot(3, 2, 1);

[y5, tOut] = step(w5, 4);
y7 = step(w7, 4);
plot(tOut, y5, 'b', tOut, y7, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('Реакция на единичное воздействие: step')
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% Реакция на единичное воздействие: impulse
subplot(3, 2, 2);
[y5, tOut] = impulse(w5, 4);
y7 = impulse(w7, 4);
plot(tOut, y5, 'b', tOut, y7, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(first_legend, second_legend);
title('Реакция на единичное воздействие: impulse');
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% ЛАЧХ
subplot(3, 2, 3);

k = 100;
t = linspace(-k, k, 10*k);
```

```

[mag5, phase5, wout] = bode(w5, t);
mag5 = squeeze(mag5);
[mag7, phase7, wout] = bode(w7, t);
mag7 = squeeze(mag7);
semilogx(wout, mag2db(abs(mag5)), 'b', wout, mag2db(abs(mag7)), 'g',
'LineWidth', 1);
grid on

legend(first_legend, second_legend);
title('ЛАЧХ');
ylabel('Амплитуда, дБ');
xlabel('Частота, Гц');

% ЛФЧХ
subplot(3, 2, 5);
[mag5, phase5, wout] = bode(w5, t);
phase5 = squeeze(phase5);
[mag7, phase7, wout] = bode(w7, t);
phase7 = squeeze(phase7);
semilogx(wout, phase5, 'b', wout, phase7, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('ЛФЧХ')
ylabel('Фаза, градусы');
xlabel('Частота, Гц');

% Годограф Найквиста
subplot(3, 2, [4, 6]);
t = linspace(-k, k, 100*k);
[re5,im5, wout] = nyquist(w5, t);
re5 = squeeze(re5);
im5 = squeeze(im5);
[re7,im7, wout] = nyquist(w7, t);
re7 = squeeze(re7);
im7 = squeeze(im7);
plot(re5,im5,'b', re7,im7,'g', -1, 0, 'b*', 'LineWidth', 1)
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('Годограф Найквиста')
xlabel('Действительная ось');
ylabel('Мнимая ось');

saveas(gcf, 'graphics/Колебательные звенья с разной постоянной
времени.png');

```

### Листинг 3.3

Построение графиков воздействия на единичное (step и impulse), ЛАФЧХ, а также годограф Найквиста для колебательных звеньев с разным коэффициентом демпфирования.

```
w5 = tf(1, [T^2, 2*T*ksi, 1]);
ksi = ksi / 2;
w8 = tf(1, [T^2, 2*T*ksi, 1]);
first_legend = 'w5';
second_legend = 'w8';

figure('position', [400, 200, 900, 750])
t = tiledlayout(3, 4);
title(t, "Колебательные звенья с разным коэффициентом демпфирования");

% Реакция на единичное воздействие: step
subplot(3, 2, 1);

[y5, tOut] = step(w5, 4);
y8 = step(w8, 4);
plot(tOut, y5, 'b', tOut, y8, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(first_legend, second_legend);
title('Реакция на единичное воздействие: step')
xlabel('Время, c');
ylabel('x(t)');

% Реакция на единичное воздействие: impulse
subplot(3, 2, 2);

[y5, tOut] = impulse(w5, 4);
y8 = impulse(w8, 4);
plot(tOut, y5, 'b', tOut, y8, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('Реакция на единичное воздействие: impulse');
xlabel('Время, c');
ylabel('x(t)');

% ЛАЧХ
subplot(3, 2, 3);

k = 100;
```

```

t = linspace(-k, k, 10*k);
[mag5, phase5, wout] = bode(w5, t);
mag5 = squeeze(mag5);
[mag8, phase8, wout] = bode(w8, t);
mag8 = squeeze(mag8);
semilogx(wout, mag2db(abs(mag5)), 'b', wout, mag2db(abs(mag8)), 'g',
'LineWidth', 1);
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('ЛАЧХ');
ylabel('Амплитуда, дБ');
xlabel('Частота, Гц');

% ЛФЧХ
subplot(3, 2, 5);
[mag5, phase5, wout] = bode(w5, t);
phase5 = squeeze(phase5);
[mag8, phase8, wout] = bode(w8, t);
phase8 = squeeze(phase8);
semilogx(wout, phase5, 'b', wout, phase8, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('ЛФЧХ');
ylabel('Фаза, градусы');
xlabel('Частота, Гц');

% Годограф Найквиста
subplot(3, 2, [4, 6]);
t = linspace(-k, k, 100*k);
[re5, im5, wout] = nyquist(w5, t);
re5 = squeeze(re5);
im5 = squeeze(im5);
[re8, im8, wout] = nyquist(w8, t);
re8 = squeeze(re8);
im8 = squeeze(im8);
plot(re5, im5, 'b', re8, im8, 'g', -1, 0, 'b*', 'LineWidth', 1)
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('Годограф Найквиста');
xlabel('Действительная ось');
ylabel('Мнимая ось');

saveas(gcf, 'graphics/Колебательные звенья с разной постоянной
демпфирования.png');

```

### Листинг 3.4

Построение графиков воздействия на единичное (step и impulse), ЛАФЧХ, а также годограф Найквиста для колебательных звеньев с разным коэффициентом демпфирования (исходный и нулевой).

```
w5 = tf(1, [T^2, 2*T*ksi, 1]);
ksi = 0;
w9 = tf(1, [T^2, 2*T*ksi, 1]);
first_legend = 'w5';
second_legend = 'w9';

figure('position', [400, 200, 900, 750])
t = tiledlayout(3, 4);
title(t, "Колебательные звенья с разным коэффициентом демпфирования");
% Реакция на единичное воздействие: step
subplot(3, 2, 1);

[y5, tOut] = step(w5, 4);
y9 = step(w9, 4);
plot(tOut, y5, 'b', tOut, y9, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(first_legend, second_legend);
title('Реакция на единичное воздействие: step')
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');
% Реакция на единичное воздействие: impulse
subplot(3, 2, 2);
[y5, tOut] = impulse(w5, 4);
y9 = impulse(w9, 4);
plot(tOut, y5, 'b', tOut, y9, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on

legend(first_legend, second_legend);
title('Реакция на единичное воздействие: impulse');
xlabel('Время, с');
ylabel('x(t)');

% ЛАЧХ
subplot(3, 2, 3);
k = 100;
t = linspace(-k, k, 10*k);
[mag5, phase5, wout] = bode(w5, t);
mag5 = squeeze(mag5);
[mag9, phase9] = bode(w9, t);
```

```

mag9 = squeeze(mag9);
semilogx(wout,mag2db(abs(mag5)), 'b', wout,mag2db(abs(mag9)), 'g',
'LineWidth', 1);
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('ЛАЧХ');
ylabel('Амплитуда, дБ');
xlabel('Частота, Гц');

% ЛФЧХ
subplot(3, 2, 5);
[mag5, phase5, wout] = bode(w5, t);
phase5 = squeeze(phase5);
[mag9, phase9] = bode(w9, t);
phase9 = squeeze(phase9);
semilogx(wout, phase5, 'b', wout, phase9, 'g', 'LineWidth', 1);
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('ЛФЧХ')
ylabel('Фаза, градусы');
xlabel('Частота, Гц');

% Годограф Найквиста
subplot(3, 2, [4, 6]);

k = 1000;
t = linspace(-k, k, 100*k);
[re5,im5] = nyquist(w5, t);
re5 = squeeze(re5);
im5 = squeeze(im5);
t = linspace(-k, k, 2*k);
[re9,im9] = nyquist(w9, t);
re9 = squeeze(re9);
im9 = squeeze(im9);
plot(re5,im5,'b', re9,im9,'g', -1, 0, 'b*', 'LineWidth', 1)
grid on
legend(first_legend, second_legend);
title('Годограф Найквиста')
xlabel('Действительная ось');
ylabel('Мнимая ось');

saveas(gcf, 'graphics/Колебательные звенья с разным коэффициентом
демпфирования.png');

```