

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации



Калужский филиал
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования

*«Московский государственный технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский университет)»*

(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИУК «Информатика и управление»

КАФЕДРА ИУК3 «Системы автоматического управления»

ОТЧЁТ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

«Временные характеристики линейных систем управления.

Определение реакции системы на произвольное входное воздействие»

ДИСЦИПЛИНА: «Общая теория автоматического управления»

Выполнил: студент гр. ИУК3-51Б

_____ (Смирнов Ф.С.)
(Подпись) (Ф.И.О.)

Проверил:

_____ (Корнюшин Ю.П.)
(Подпись) (Ф.И.О.)

Дата сдачи (защиты):

Результаты сдачи (защиты):

- Балльная оценка:

- Оценка:

Калуга , 2023

Цель лабораторной работы - формирование практических навыков по нахождению временных характеристик линейных систем управления.

Задача лабораторной работы - освоение технологии нахождения временных характеристик линейных систем управления экспериментальным методом и согласно формул, в случае задания системы с использованием передаточных функций. Закрепление полученных знаний на практике.

Задание 1. Определение временных характеристик.

1. Для заданных функций лабораторной работы № 2:

задание 1 и 3 - вычислить импульсные переходные функции с использованием стандартной функции *impulse*.

задание 1 и 3 - вычислить переходные функции с использованием стандартной функции *step*.

2. Сравнить полученные графики с графиками лабораторной работы № 2.

10	$\frac{2+s}{s^2+7s+10}$	$\frac{4s}{s^2+4s+20}$
----	-------------------------	------------------------

```
q=[2 1];  
p= [1 7 10];  
t=[0:0.01:5];  
sys=tf(q,p)  
w=impulse(sys,t);  
plot(t, w); grid on, xlabel ('Time(sec)'), ylabel('x(t)')
```

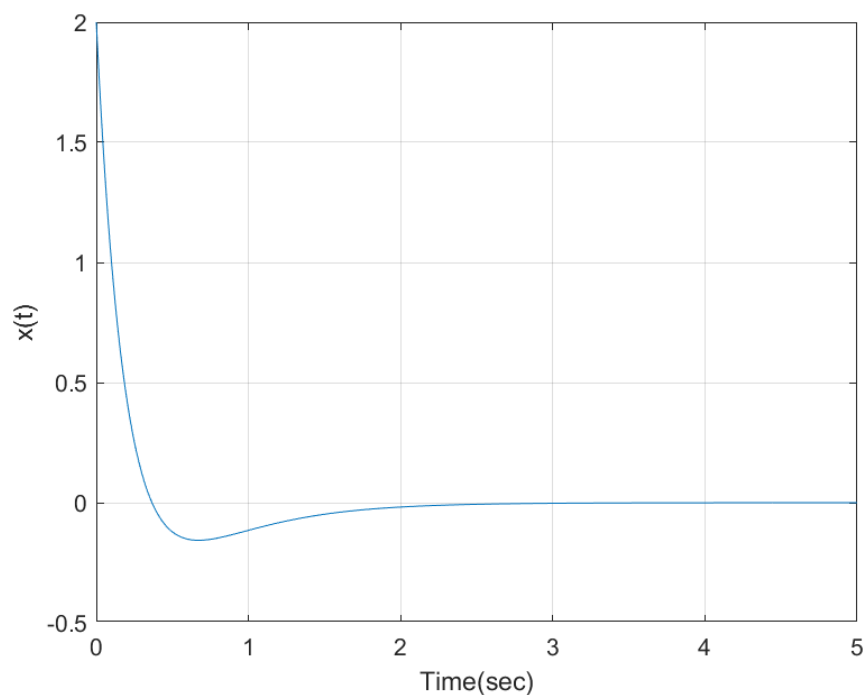


Рис. 1 – Импульсная переходная характеристика для функции из задания

```

q=[2 1];
p= [1 7 10];
t=[0:0.01:5];
sys=tf(q,p)
h=step (sys, t);
plot(t, h); grid on, xlabel ('Time(sec)'), ylabel('h(t)')

```

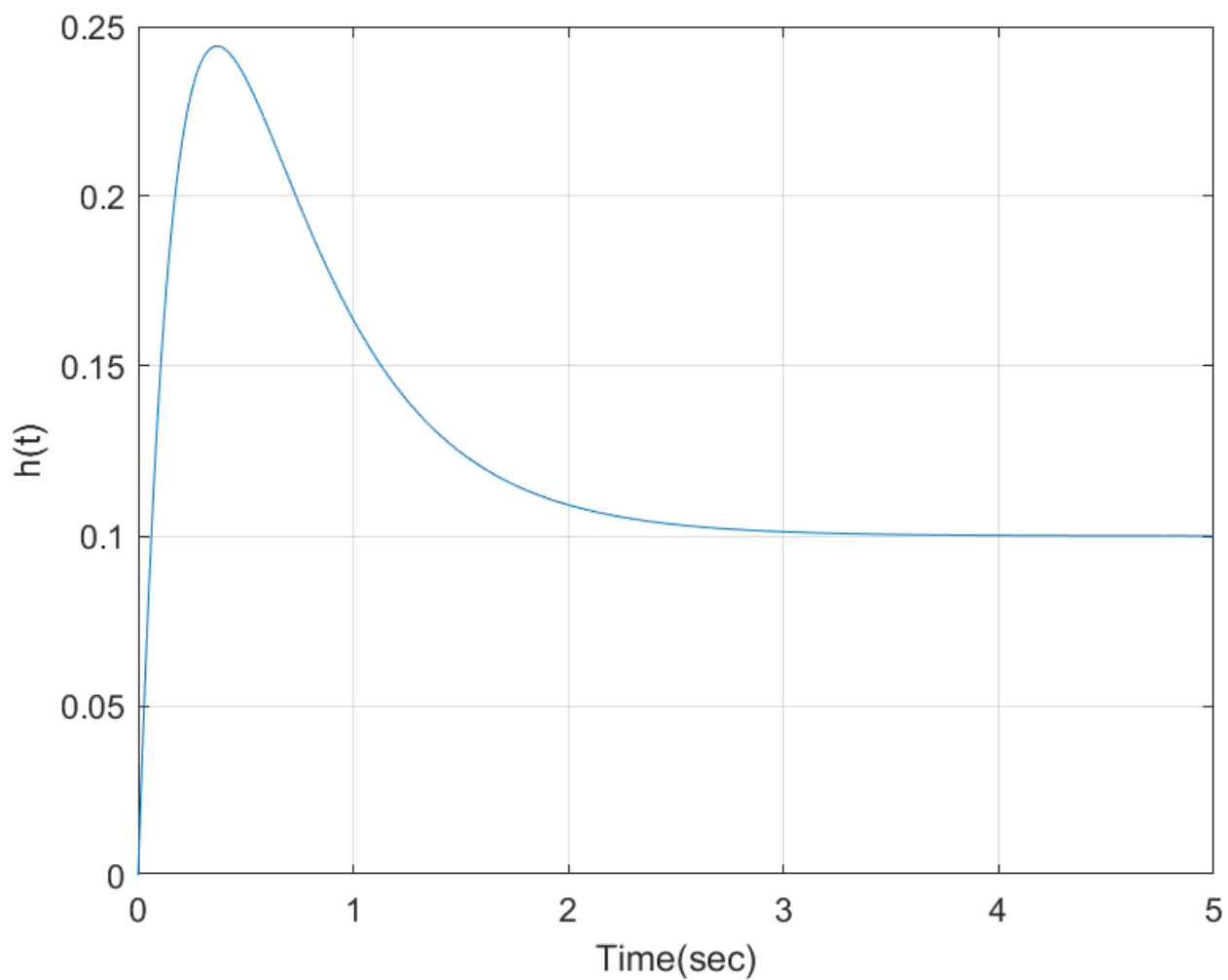


Рис. 2 – Переходная характеристика для функции из задания 1

```

q=[4];
p= [1 4 20];
t=[0:0.01:5];
sys=tf(q,p)
w=impulse (sys, t);

```

```
plot(t, w); grid on, xlabel ('Time(sec)'), ylabel('x(t)')
```

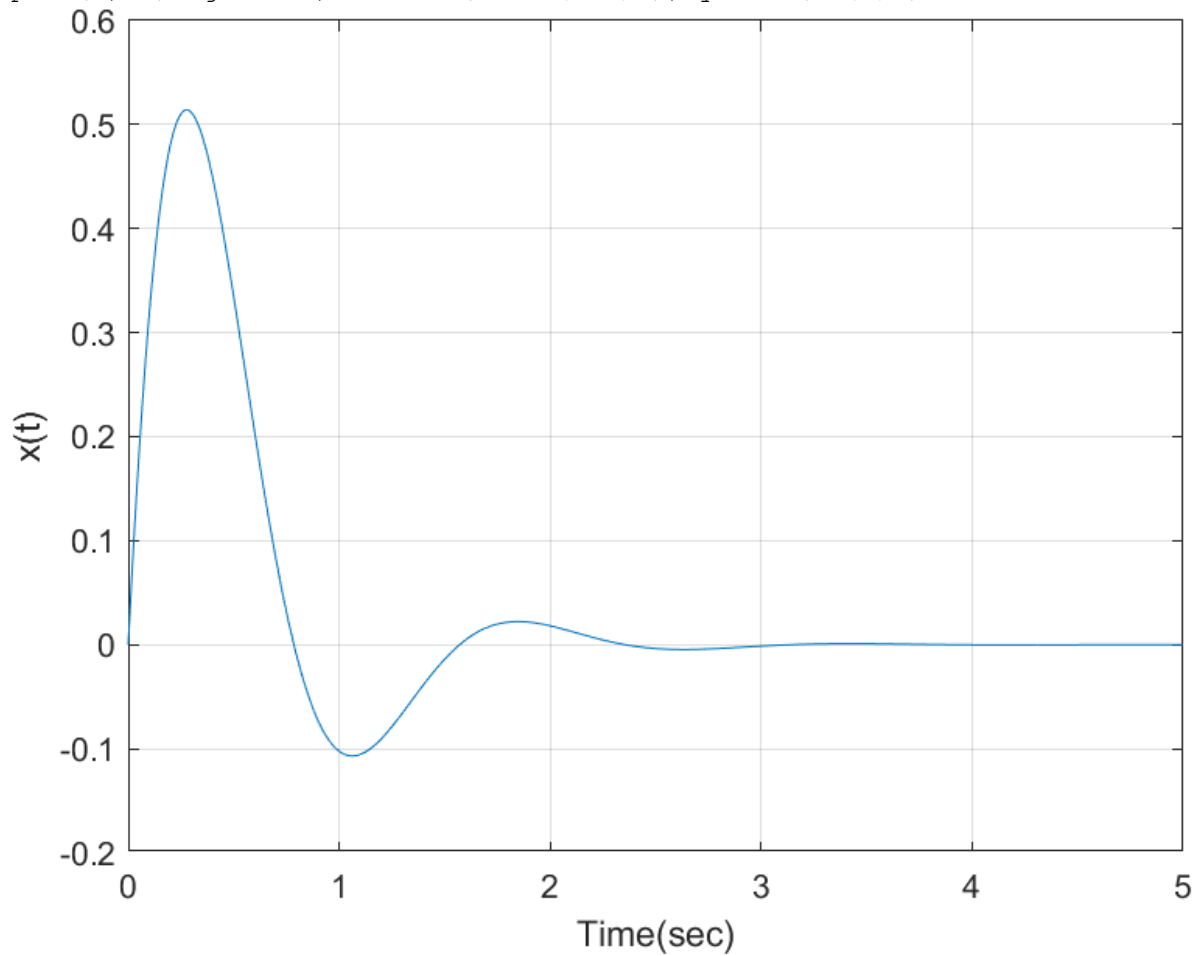


Рис. 3 – Импульсная переходная характеристика для функции из задания 3

```
q=[4];  
p= [1 4 20];  
t=[0:0.01:5];  
sys=tf(q,p)  
h=step (sys, t);  
plot(t, h); grid on, xlabel ('Time(sec)'), ylabel('h(t)')
```

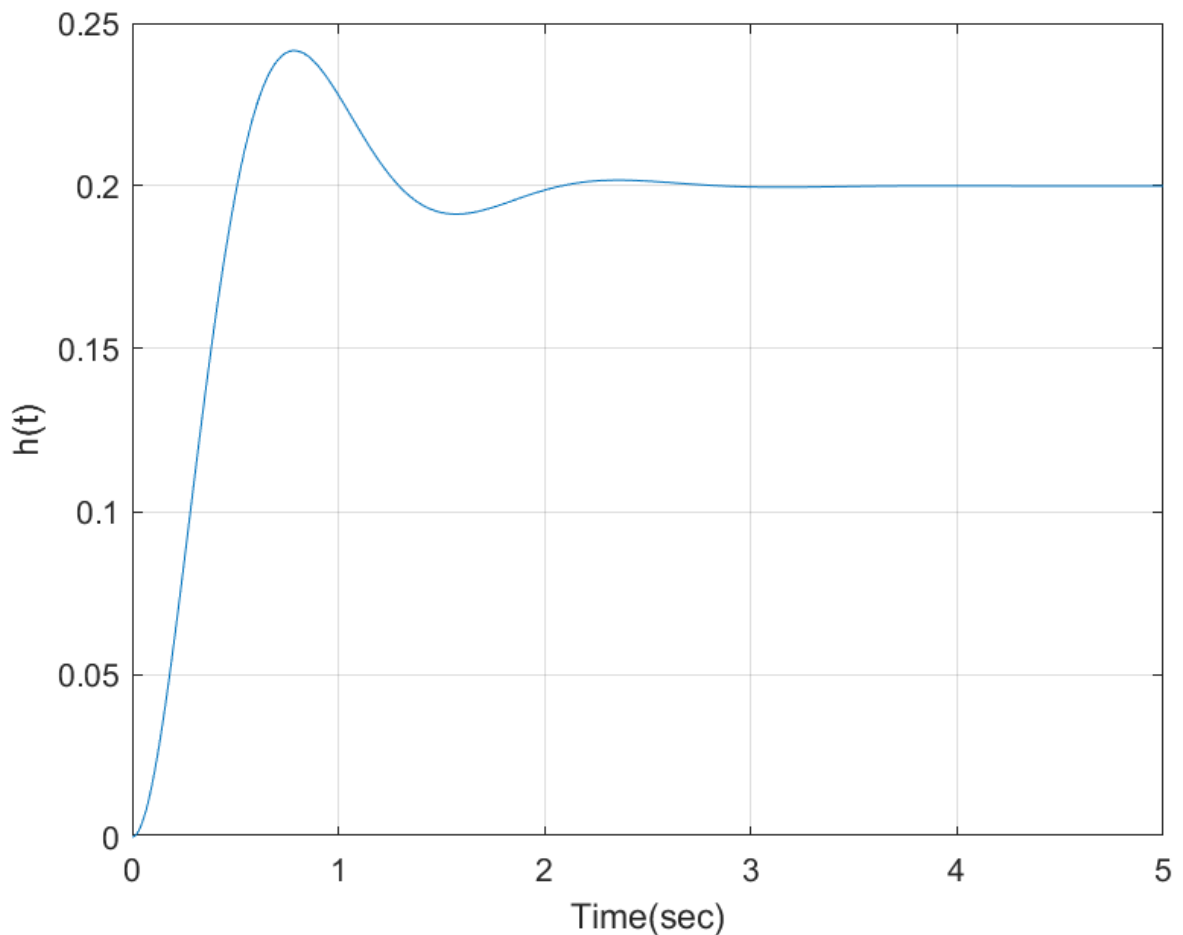


Рис. 4 – Переходная характеристика для функции из задания 3

Графики совпадают с графиками лабораторной работы № 2.

Задание 2. Исследование вынужденного и свободного движения системы

Эксперимент 1. Исследование выходного сигнала интегрирующего звена при ненулевых начальных условиях при подаче на вход единичного воздействия.

Порядок выполнения эксперимента:

1. Изучить порядок дифференцирования оригинала при ненулевых начальных условиях на примере интегрирующего звена.
2. Для проведения эксперимента используйте схему моделирования интегрирующего звена из лабораторной работы № 1, эксперимент 2.

На осциллограф должны поступать сигналы:

1. Входной сигнал с блока *Step*;

2. Сигнал, проходящий через усилитель и интегратор, при нулевых начальных условиях на интеграторе – *вынужденное движение системы*;

3. Сигнал, проходящий через усилитель и интегратор, при установке ненулевых начальных условий на интеграторе, и при отсутствии входного сигнала на усилителе (отключить блок *Step*) – *свободное движение системы*.

4. Сигнал, проходящий через усилитель и интегратор, при установке ненулевых начальных условий на интеграторе и наличии входного сигнала;

3. Схему моделирования и осциллограммы эксперимента привести в отчёте.

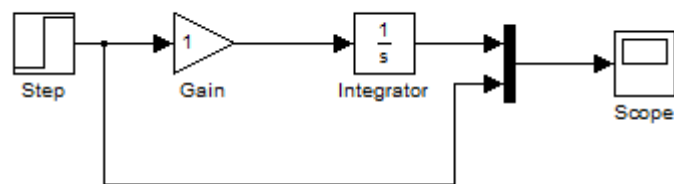


Рис. 5 – Схема моделирования вынужденного движения системы

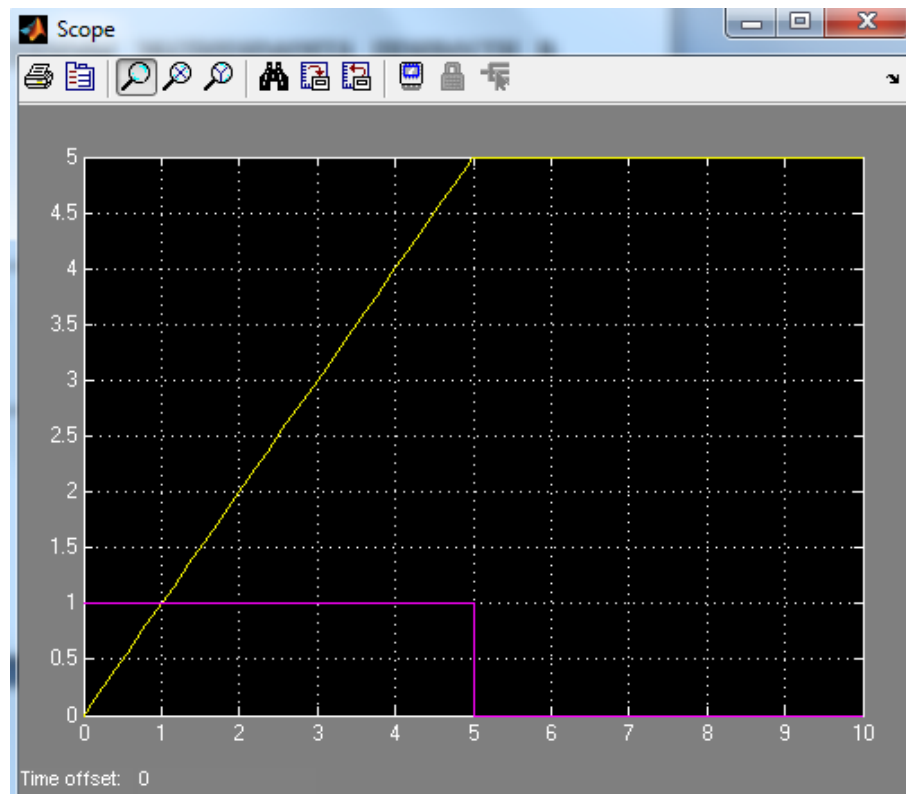


Рис. 6 – Осциллограмма вынужденного движения системы

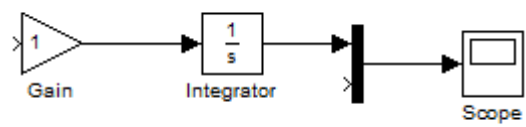


Рис. 7 – Схема свободного движения системы

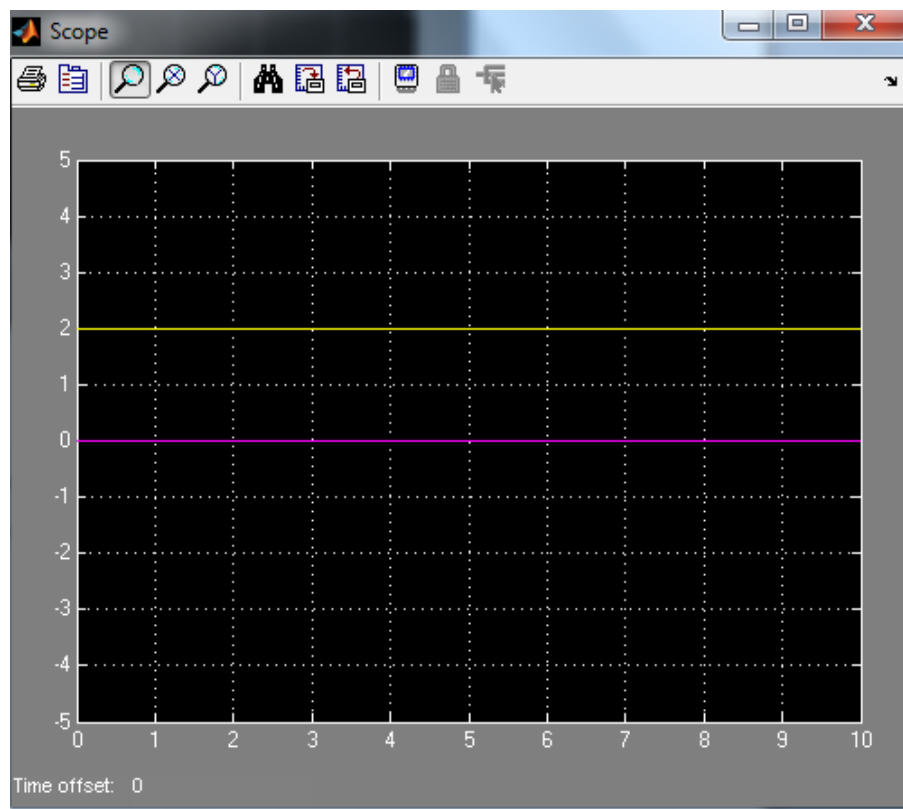


Рис. 8 – Осциллограмма свободного движения системы

Эксперимент 2. Исследование выходного сигнала апериодического звена первого порядка при ненулевых начальных условиях при подаче на вход единичного воздействия.

Порядок выполнения эксперимента:

1. Для дифференциального уравнения апериодического звена первого порядка (эксперимент 3 лабораторная работа № 1) определить вынужденную и свободную составляющую выходного сигнала.
2. Для проведения эксперимента использовать схему моделирования апериодического звена первого порядка.

На осциллограф должны поступать сигналы:

1. Входной сигнал с блока *Step*;
2. Сигнал, проходящий через усилитель и интегратор, при нулевых начальных условиях на интеграторе – *вынужденное движение системы*;

3. Сигнал, проходящий через усилитель и интегратор, при установке ненулевых начальных условий на интеграторе, и при отсутствии входного сигнала на усилителе (отключить блок *Step*) – свободное движение системы.

4. Сигнал, проходящий через усилитель и интегратор, при установке ненулевых начальных условий на интеграторе и наличии входного сигнала;

3. Схему моделирования и осциллограммы эксперимента привести в отчёте.

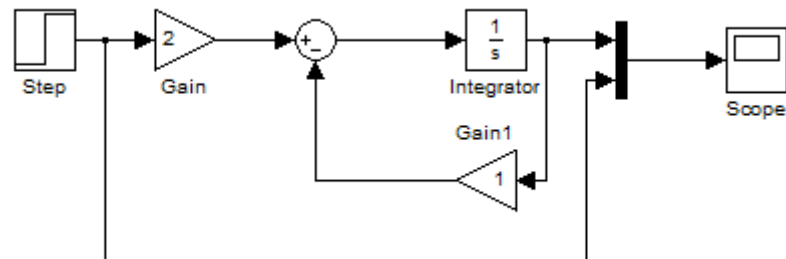


Рис. 9 – Схема вынужденного движения системы

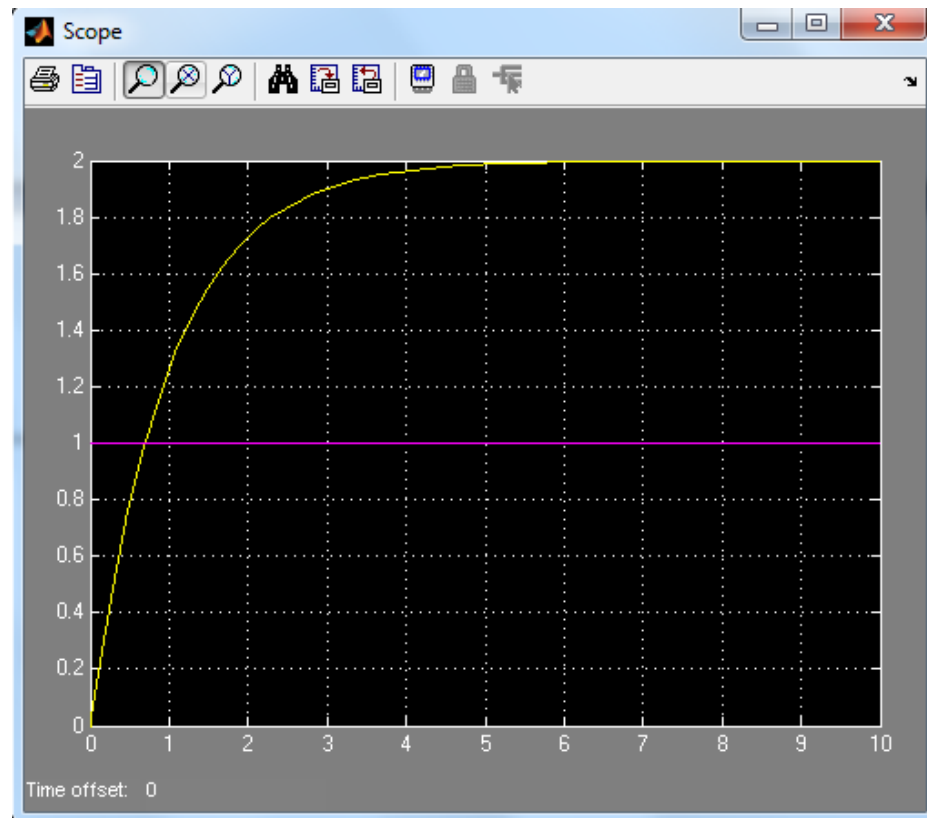


Рис. 10 – Осциллограмма вынужденного движения системы

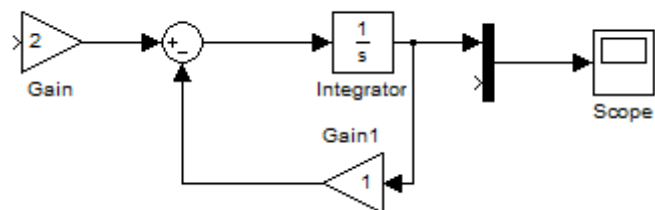


Рис. 11 – Схема свободного движения системы

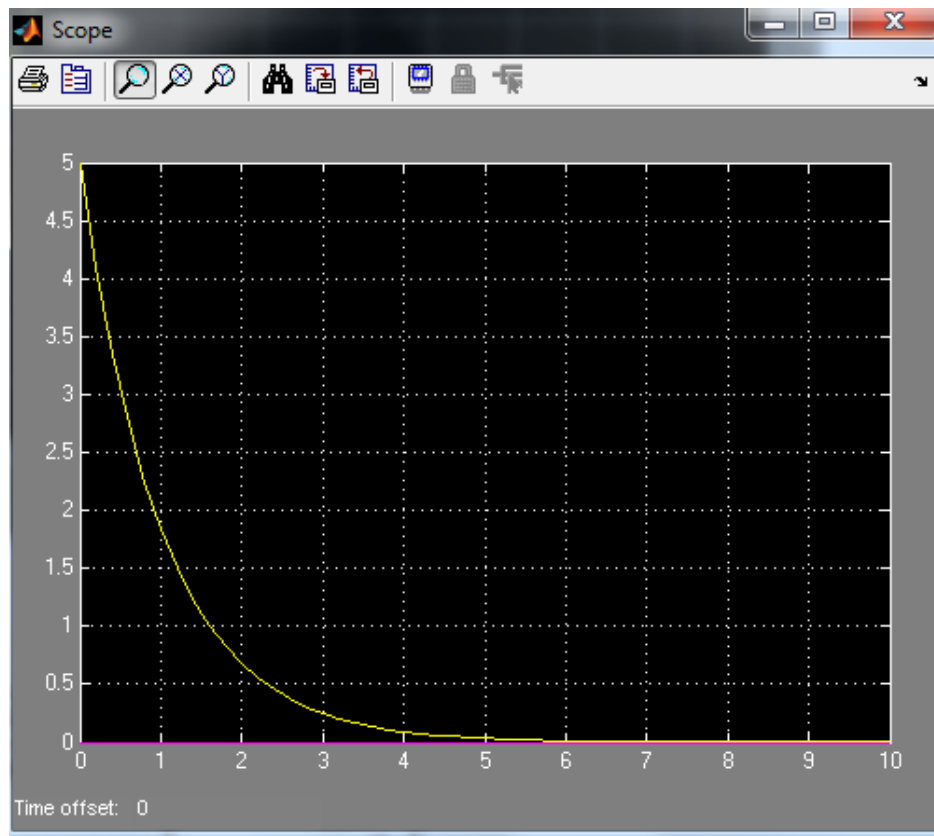


Рис. 12 – Осциллограмма свободного движения системы

Эксперимент 3. Исследование выходного сигнала колебательного звена при ненулевых начальных условиях при подаче на вход единичного воздействия.

Порядок выполнения эксперимента:

1. Для дифференциального уравнения второго порядка (эксперимент 6 лабораторная работа № 1) определить вынужденную и свободную составляющую выходного сигнала.

2. Для проведения эксперимента использовать схему моделирования колебательного звена из лабораторной работы № 1, эксперимент 6 (вторая схема). На осциллограф должны поступать сигналы:

1. Входной сигнал с блока *Step*;
2. Сигнал, проходящий через систему, при нулевых начальных условиях на интеграторах – *вынужденное движение системы*;

3). Сигнал, проходящий через систему, при установке ненулевых начальных условий на втором интеграторе, и при отсутствии входного сигнала на усилителе (отключить блок *Step*) – свободное движение системы.

4. Сигнал, проходящий через систему, при установке ненулевых начальных условий на втором интеграторе $X(0)$ и наличии входного сигнала;

3. Повторить эксперимент для первого интегратора при установке ненулевых условий $X'(0)$ при $X(0)=0$.

4. Повторить эксперимент при установке ненулевых начальных условий на первом и втором интеграторах.

5. Схему моделирования и осциллограммы эксперимента привести в отчёте.

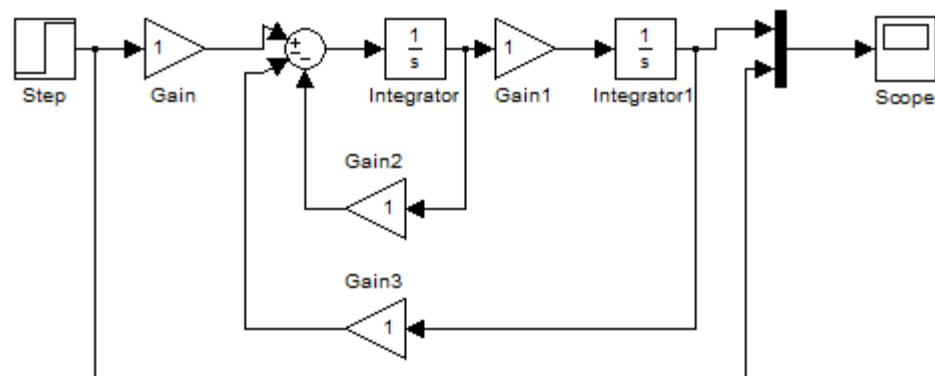


Рис. 13 – Схема вынужденного движения системы

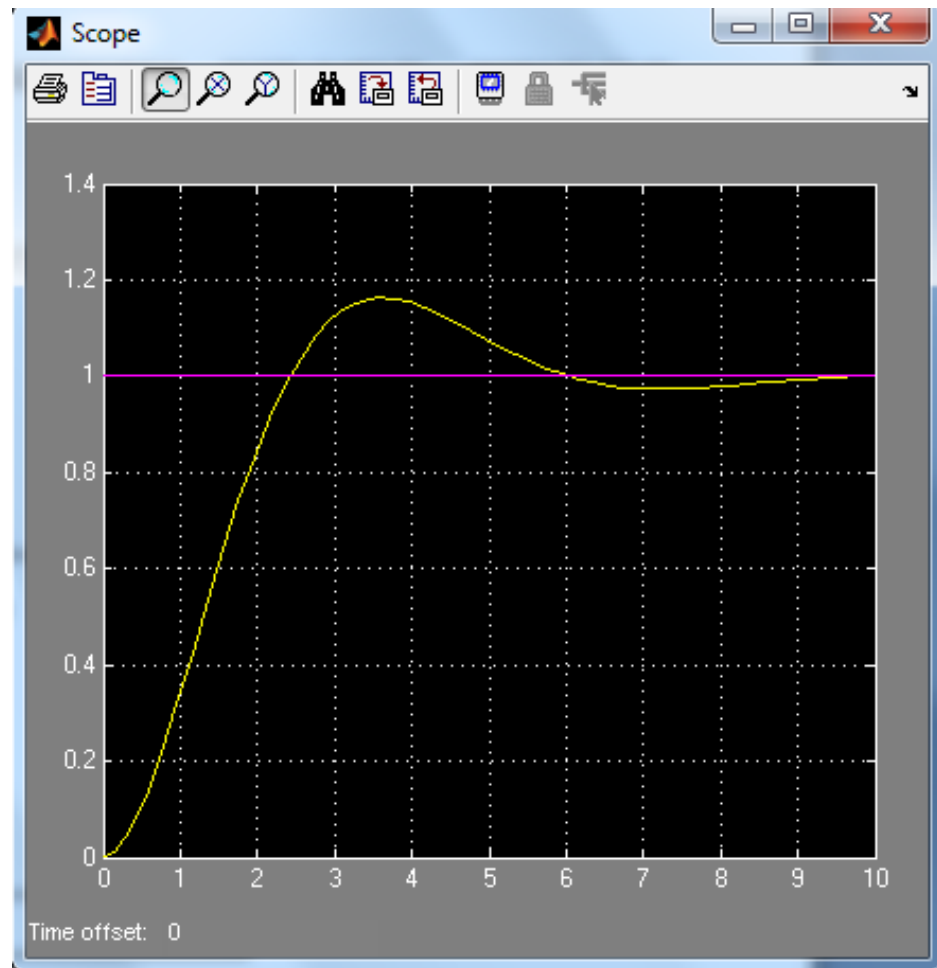


Рис. 14 – Осциллограмма вынужденного движения системы

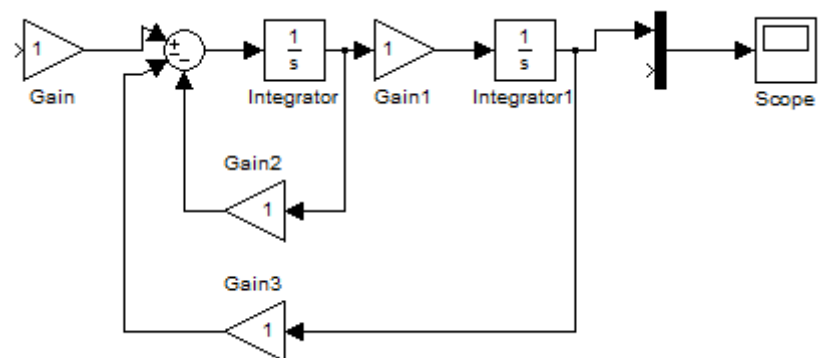


Рис. 15 – Схема свободного движения системы

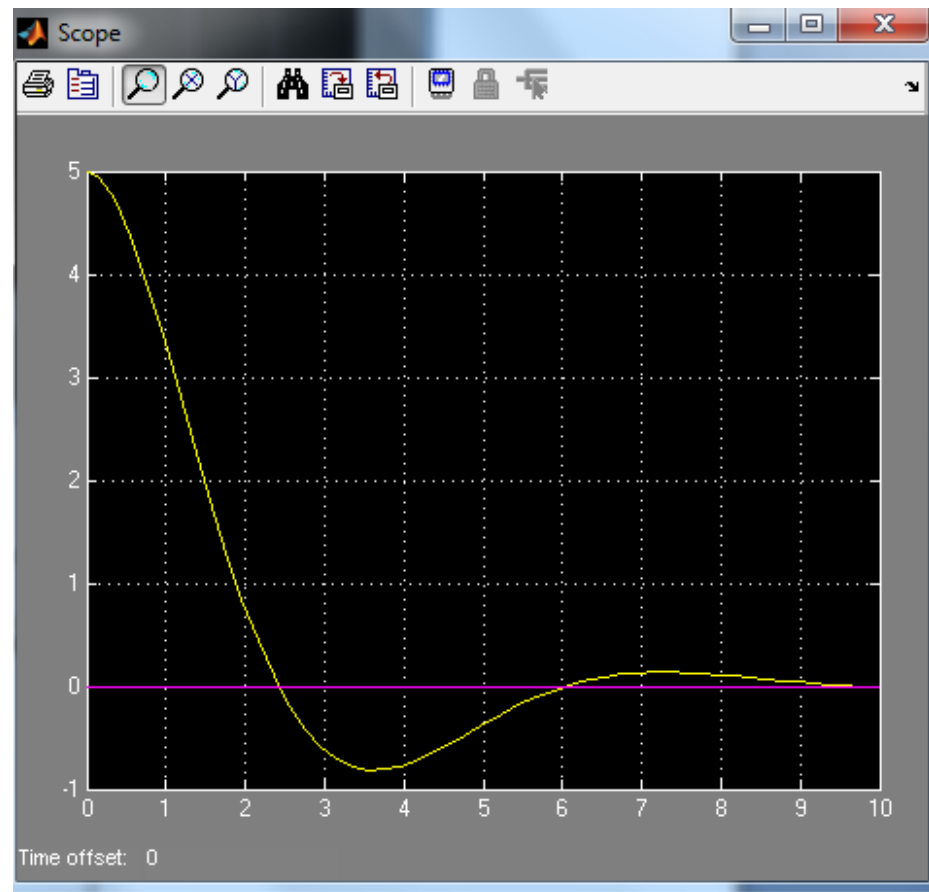


Рис. 16 – Осциллограмма свободного движения системы

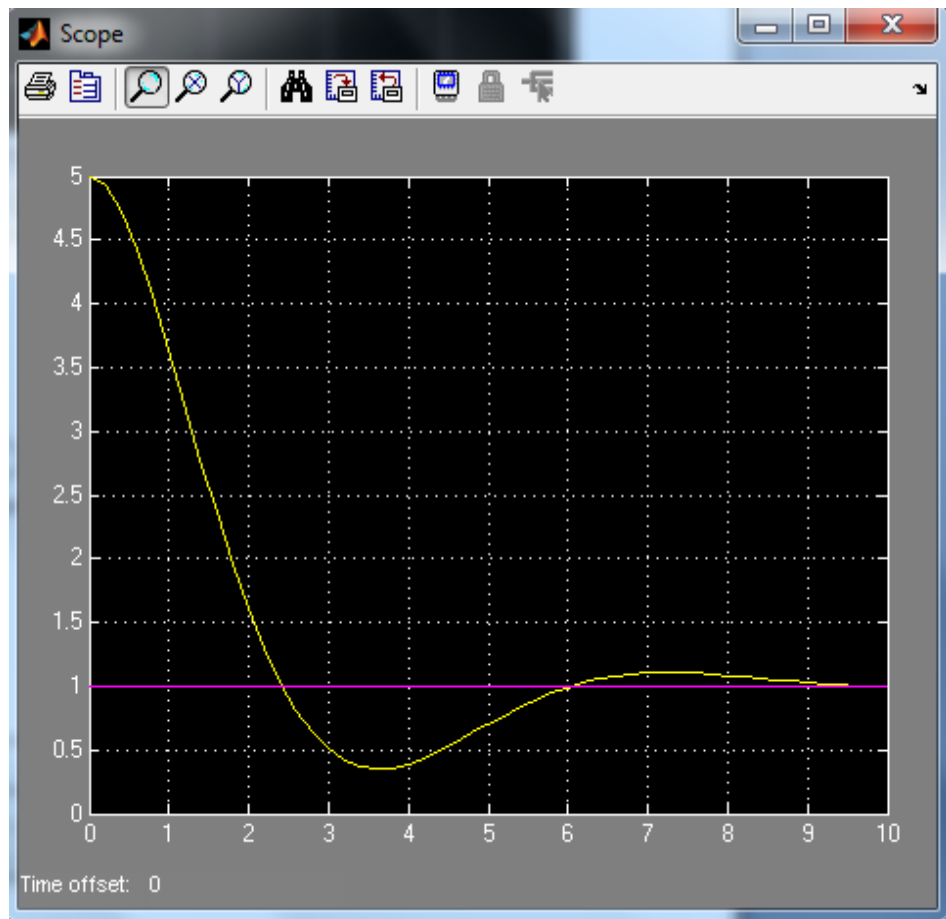


Рис. 17 – Осциллограмма с ненулевыми н.у. на 2-ом интеграторе и входным сигналом

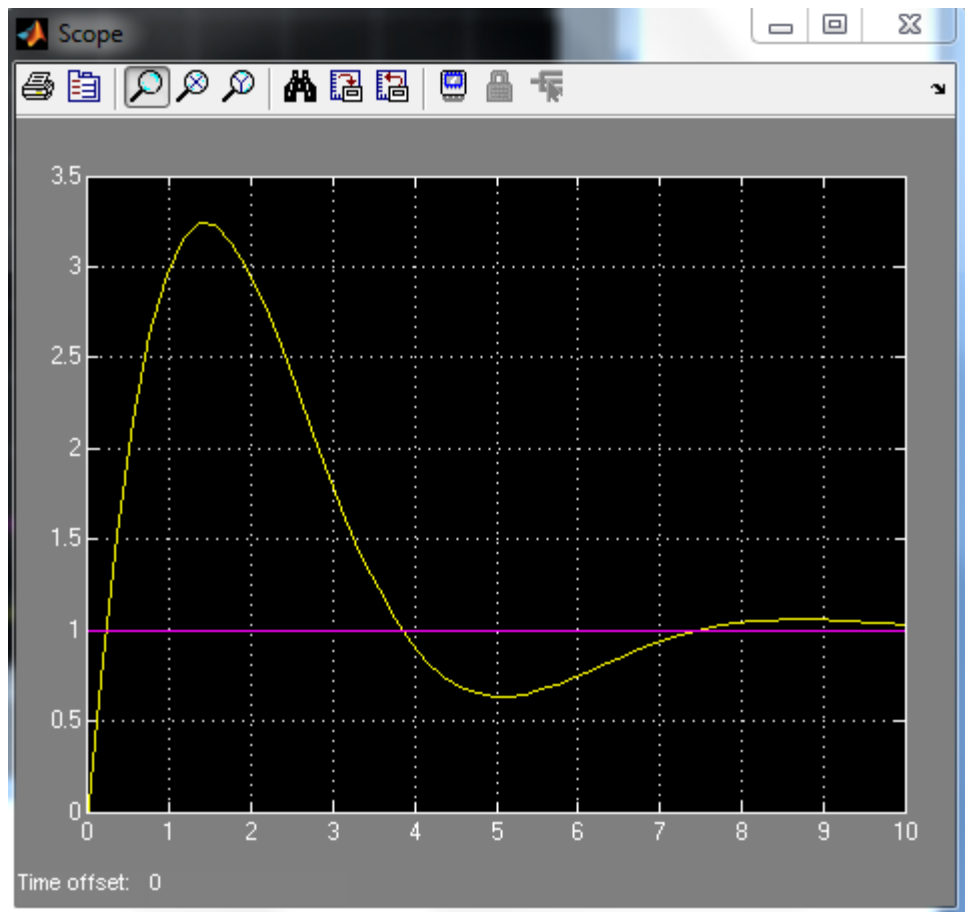


Рис. 18 – Осциллограмма с ненулевыми начальными условиями на 1-ом интеграторе и входным сигналом

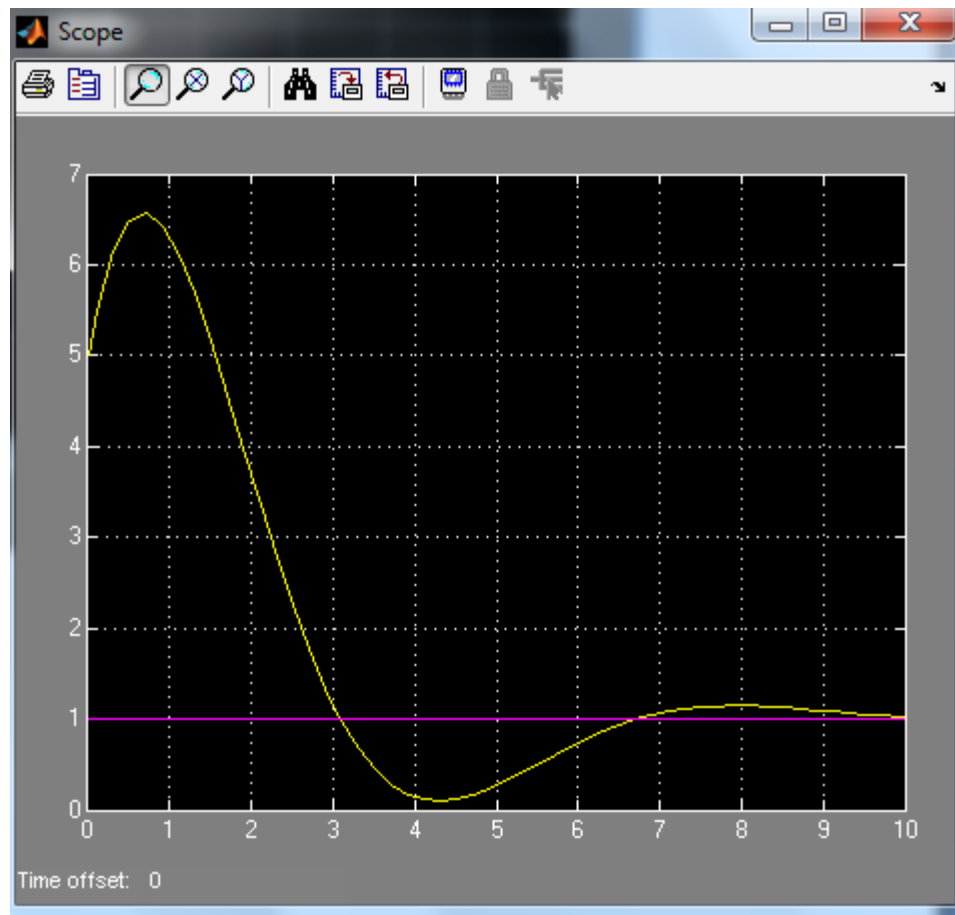


Рис. 19 – Осциллограмма с ненулевыми начальными условиями двух интеграторов и входным сигналом

Задание 3. Определение выходного сигнала на произвольное воздействие

1. Определить аналитически и с использованием пакета Simulink реакцию системы с передаточной функцией $W(s) = \frac{K}{s}$ при подаче на вход сигнала:

- 1.) $y(t) = 1(t)$ - функция *Step*;
- 2.) $y(t) = at$ - функция *Ramp* ;
- 3.) $y(t) = \sin \omega t$ - функция *Sine Wave*

Коэффициенты функций задать произвольно.

2. Определить изображение выходного сигнала для заданных входных воздействий. Вычислить оригиналы выходных сигналов по их изображениям.

1)

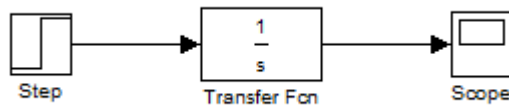


Рис. 20 – Схема единичного воздействия на систему

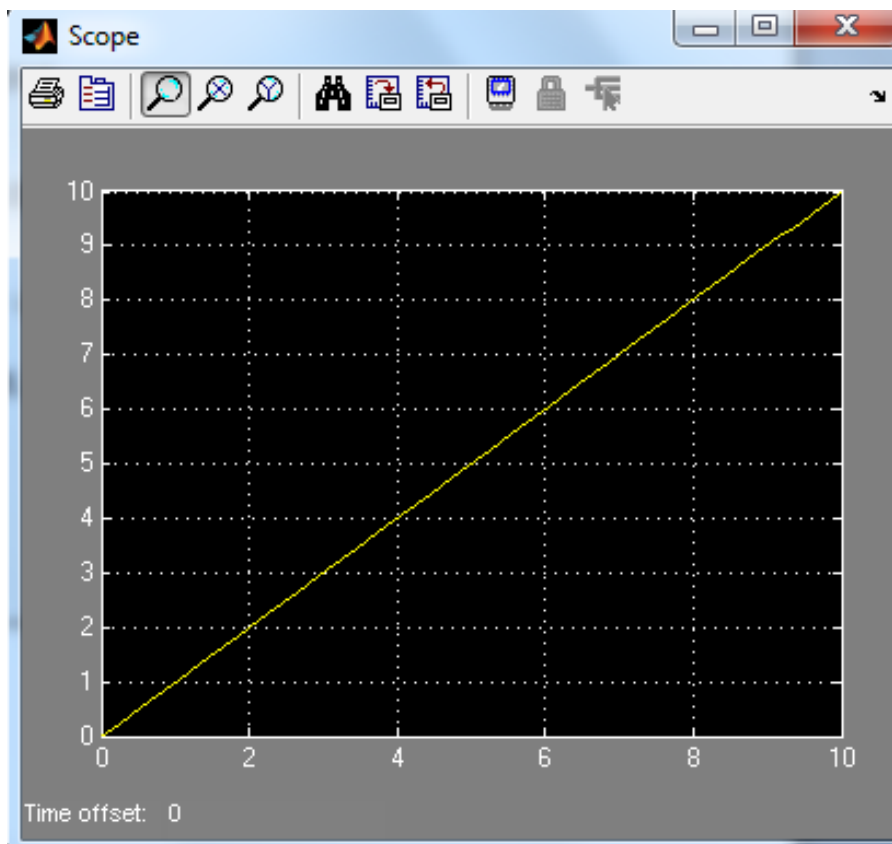


Рис. 21 – Осциллограмма реакции системы на единичное воздействие

2)

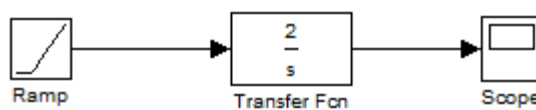


Рис. 22 – Схема воздействия at на систему

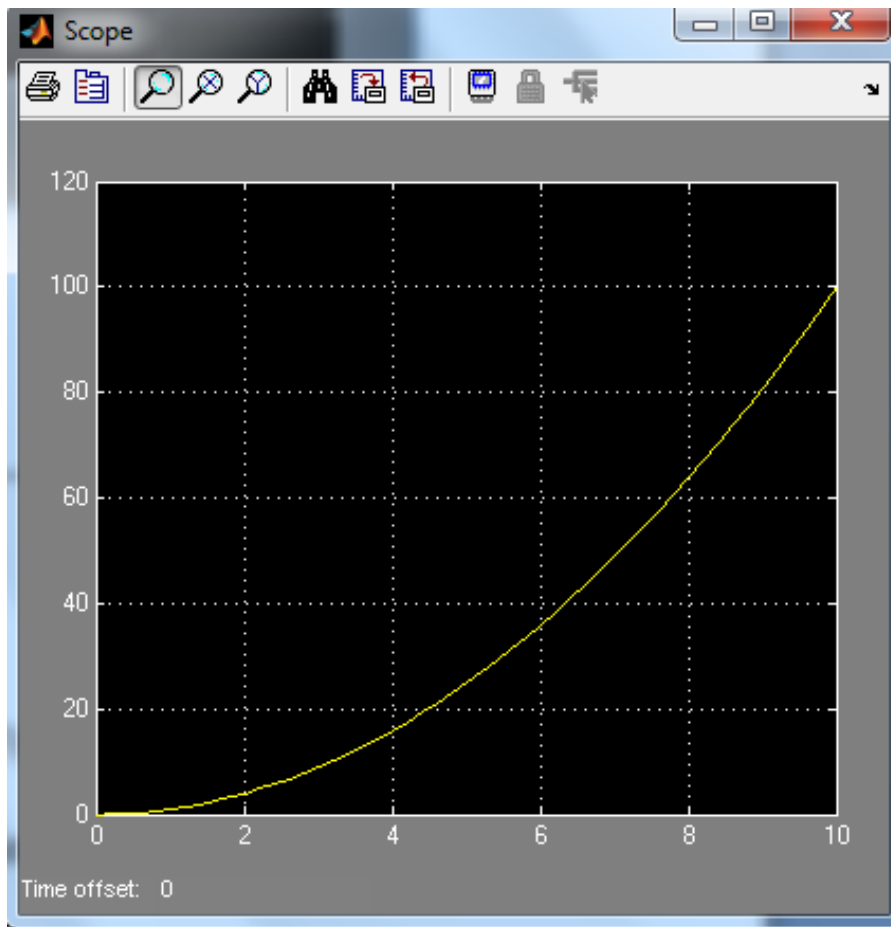


Рис. 23 Осциллограмма реакции системы на воздействие

3)

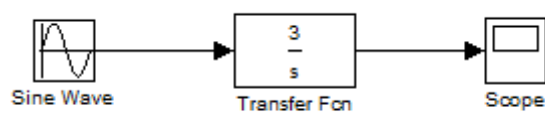


Рис. 24 – Схема реакции системы на синусоидальное воздействие

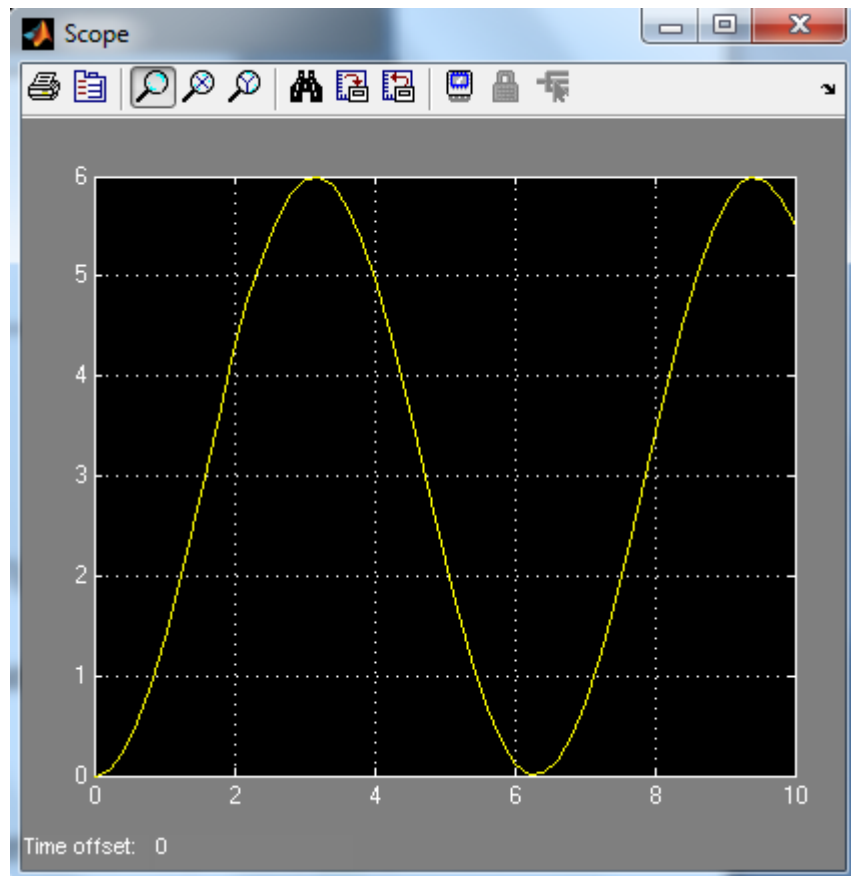


Рис. 25 – Реакция системы на синусоидальное воздействие

1) Выходной сигнал имеет вид $X(s) = W(s)Y(s)$.

Изображение входного сигнала найдем с помощью таблицы: $Y(s) = 1/s$.

Изображение выходного сигнала имеет вид: $X(s) = W(s)Y(s) = 1/s^2$.

Применим обратное преобразование Лапласа к изображению выходного сигнала и получим оригинал сигнала во временной области:

$$x(t) = L^{-1}\{X(s)\} = L^{-1}\{1/s^2\} = t.$$

2) Выходной сигнал имеет вид $X(s) = W(s)Y(s)$.

Изображение входного сигнала найдем с помощью таблицы: $Y(s) = a/s^2$.

Изображение выходного сигнала имеет вид: $X(s) = W(s)Y(s) = 2 \cdot a/s^2$.

Применим обратное преобразование Лапласа к изображению выходного сигнала и получим оригинал сигнала во временной области:

$$x(t) = L^{-1}\{X(s)\} = L^{-1}\{k \cdot a/s^2\} = a \cdot 2t.$$

3) Выходной сигнал имеет вид $X(s) = W(s)Y(s)$.

Изображение входного сигнала найдем с помощью таблицы: $Y(s) = \omega/(s^2 + \omega^2)$.

Изображение выходного сигнала имеет вид: $X(s) = W(s)Y(s) = 3/s \cdot \omega/(s^2 + \omega^2)$.

Применим обратное преобразование Лапласа к изображению выходного сигнала и получим оригинал сигнала во временной области:

$$x(t) = L^{-1}\{X(s)\} = L^{-1}\{3/s \cdot \omega/(s^2 + \omega^2)\} = [\omega = 5] = (3 - 3 \cdot \cos(5 \cdot t))/5.$$

Задание 4. Определение реакции системы на сигнал сложной формы.

1. Сформировать сигнал сложной формы:

$$y(t) = a_1 l(t) + a_2 l(t - \tau_1) - a_3 l(t - \tau_2) - a_4 l(t - \tau_3)$$

Значения коэффициентов a_i и временных интервалов τ_i выбрать самостоятельно. Для получения сигнала сложной формы использовать необходимое количество блоков *Step*, на которых устанавливается необходимое конечное значение и время приложения, далее сигналы суммируются и подаются на вход системы.

2. Получить реакцию системы на входное воздействие аналитически и с использованием пакета Simulink для передаточных функций

$$W(s) = \frac{K}{s}; \quad W(s) = \frac{K}{Ts + 1}.$$

3. Сформировать сигнал сложной формы:

$$y(t) = a_1 t l(t) - a_2 (t - \tau_1) l(t - \tau_1) + a_3 (t - \tau_2) l(t - \tau_2) - a_4 (t - \tau_3) l(t - \tau_3).$$

Получить реакцию системы на входное воздействие для передаточных функций

$$W(s) = \frac{K}{s}; W(s) = \frac{K}{Ts+1}.$$

4. Самостоятельно сформировать сигнал произвольной формы и получить реакцию произвольно выбранной системы на входное воздействие.

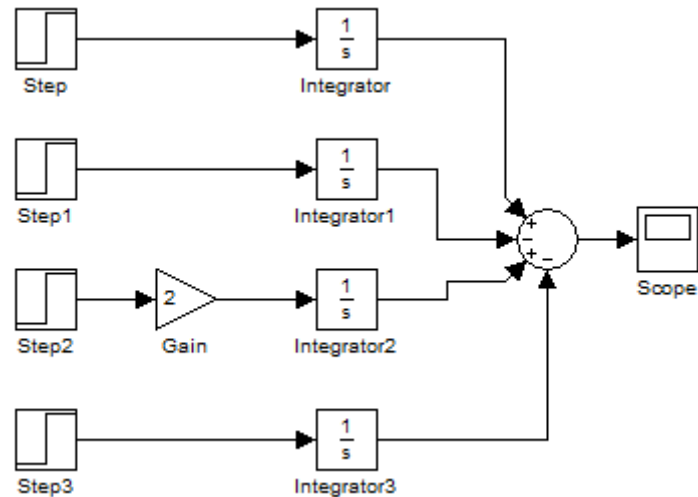


Рис. 26 – Схема системы воздействия сложной формы

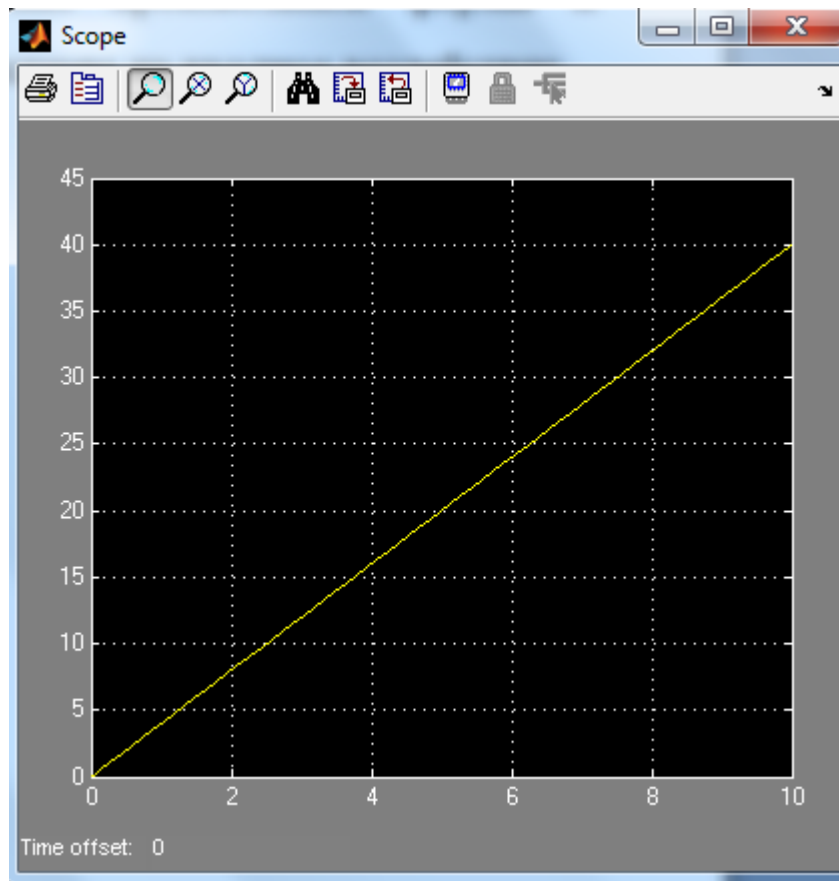


Рис. 27 – Реакция системы на сигнал сложной формы

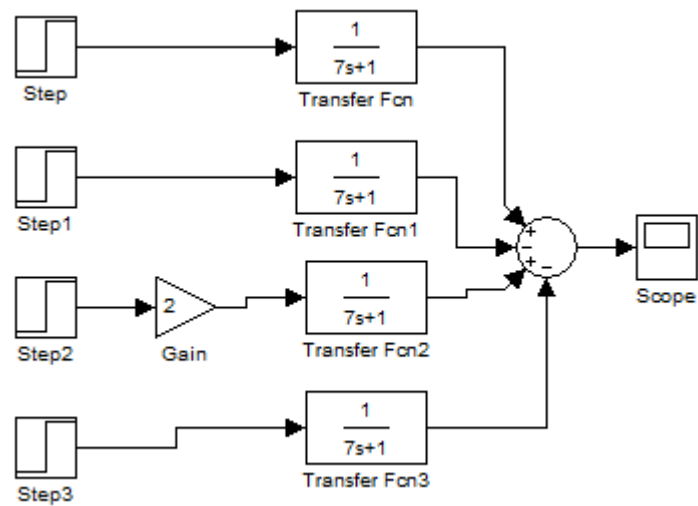


Рис. 28 – Схема системы воздействия сложной формы

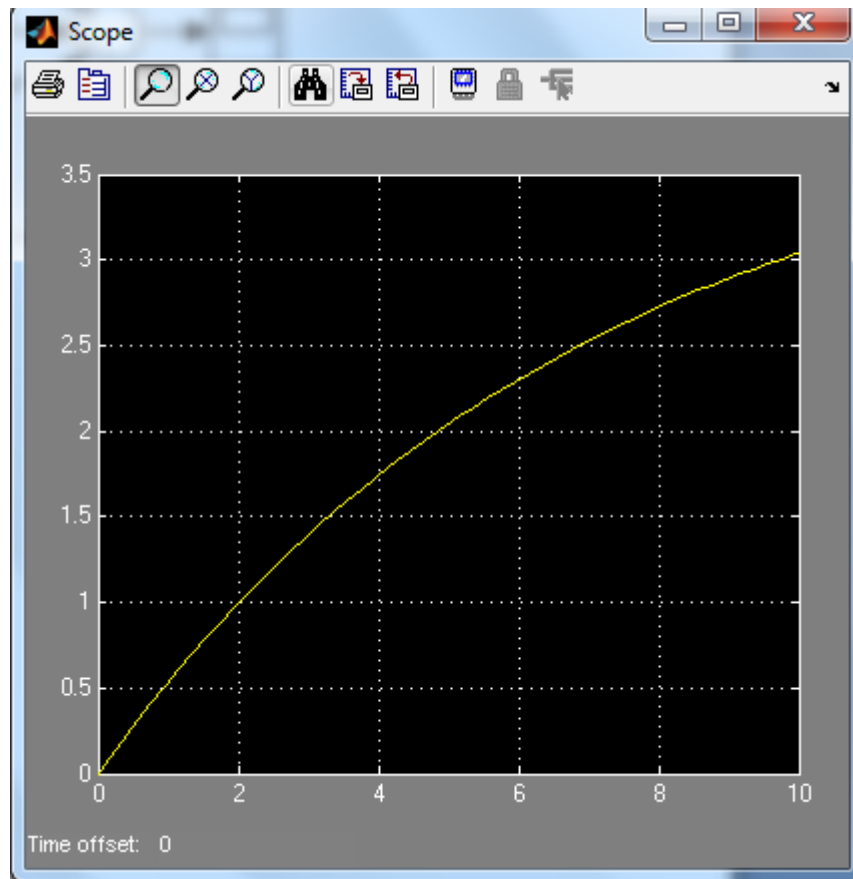


Рис. 29 – Реакция системы на сигнал сложной формы

Вывод: сформированы практические навыки по нахождению временных характеристик линейных систем управления.