

Национальный исследовательский университет "МЭИ"



---

Кафедра РЗиАЭ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1  
АНАЛИЗ ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ АСУ

Выполнил:	Трошин А.И.
Группа:	Э-13м-23
Вариант	15
Проверил:	Дегтярев Д.А.

Москва 2023

## Введение

Типовое звено – это звено, которое выполняет определенную функцию в системе регулирования и математически описывает типовой физический процесс в системе регулирования.

В предварительном отчете представлено исследование типовых звеньев по переходным/импульсным характеристикам, АЧХ, ФЧХ, АФЧХ, ЛАЧХ в зависимости от коэффициента  $k$  и  $T$ . Сделаны выводы по каждому звену.

### Пункт 1.

Табл.1 коэффициенты для каждого из звеньев

№ Вар. 15	1	2		3		4		5	
	k	k	T, с	k, 1/с	T, с	k, с	T,с	k, с	T,с
	5	4	1	3	-	5	-	1	3

### Пункт 2.

Таблица 2 – W(p) по условию пункта(k , T по табл 1))

№ Звена	Название звена	W(p)
1	Безынерционное	$W(p) = 5$
2	Апериодическое	$W(p) = \frac{4}{p + 1}$
3	Интегрирующее	$W(p) = \frac{3}{p}$
4	Идеальное дифф-е	$W(p) = 5p$
5	Реальное дифф-е	$W(p) = \frac{p}{3p + 1}$

### Пункт 3.

Пример для пропорционального звена(№1):

$h(t) = 5$  – переходная характеристика(обратный Лаплас от W(p))\* 1/p)

$w(t) = 5 * \delta(t)$  – импульсная характеристика(обратный Лаплас от п W(p)))

$A(w) = 5$  – АЧХ(действительная часть W(jw))

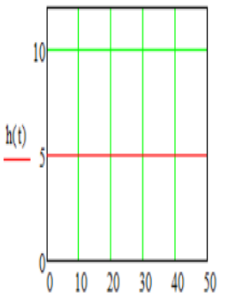
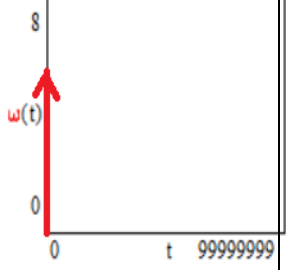
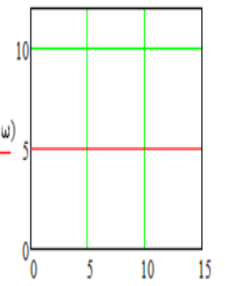
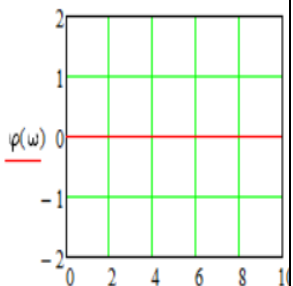
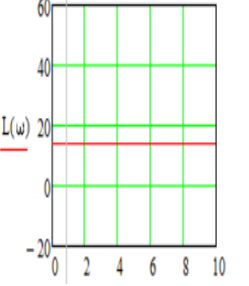
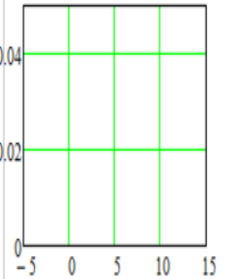
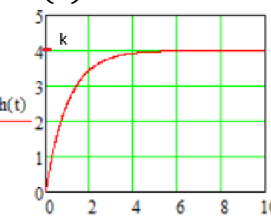
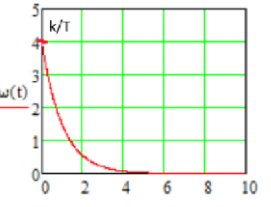
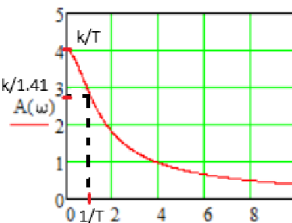
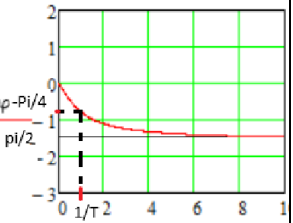
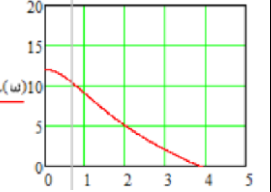
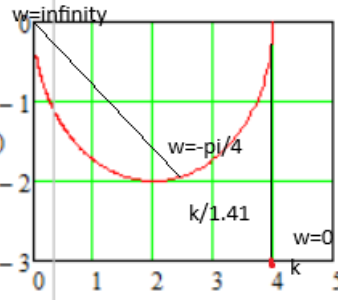
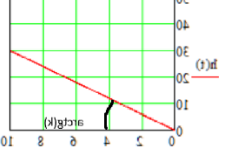
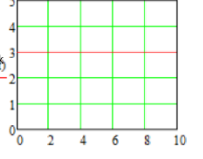
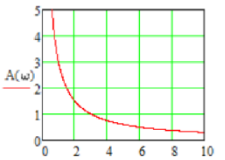

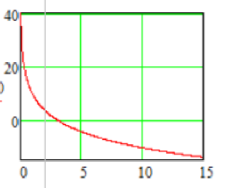
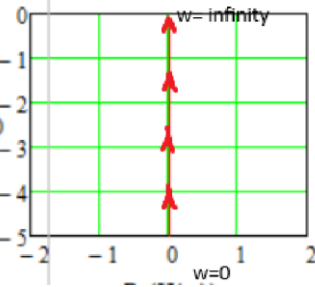
$\varphi(w) = 0$  – ФЧХ( $\arctg(\frac{Q}{p})$ )

$L(w) = 20 \lg(A(w)) = 20 \lg(5)$

## Пункт 4

Таблица 3 –  $W(p)$  по условию пункта(к увел в 2 р., Т уменьш в 2 раза)

№ звена	$W(p)$
1	$W(p) = 10$
2	$W(p) = \frac{8}{0.5p + 1}$
3	$W(p) = \frac{6}{p}$
4	$W(p) = 10p$
5	$W(p) = \frac{2p}{1.5p + 1}$

No	$h(t)$	$w(t)$	$A(w)$	$\varphi(w)$	$L(w)$	$P+jQ$
1	$h(t) = 5$ 	$w(t) = 5 * \delta(t)$ 	$A(w) = 5$ 	$\varphi(w) = 0$ 	$L(w) = 20\lg(5)$ 	
2	$h(t) = 4(1 - e^{-t}) * 1(t)$ 	$w(t) = 4(e^{-t})$ 	$A(w) = \frac{4}{\sqrt{w^2 + 1}}$ 	$\varphi(w) = \arctg(-w)$ 	$L(w) = 20\lg\left(\frac{4}{\sqrt{w^2 + 1}}\right)$ 	
3	$h(t) = 3 * t$ 	$w(t) = 3 * 1(t)$ 	$A(w) = \frac{3}{w}$ 	$\varphi(w) = \frac{-\pi}{2}$ 	$L(w) = 20\lg\left(\frac{3}{w}\right)$ 	

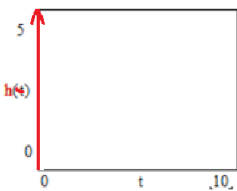
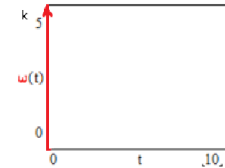
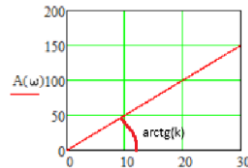
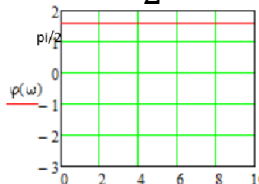
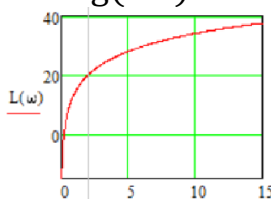
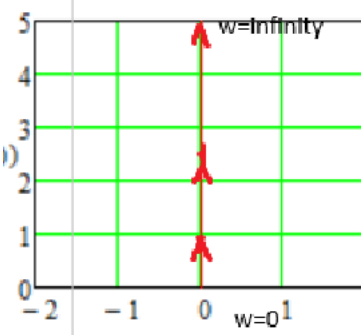
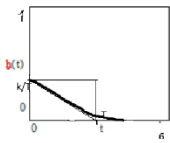
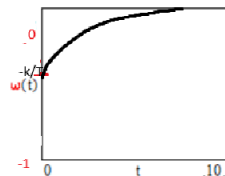
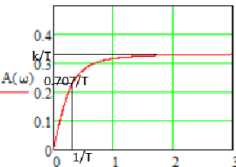
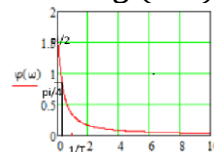
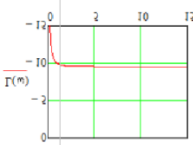
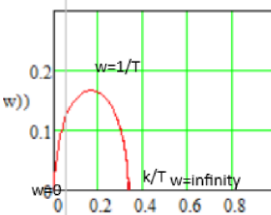
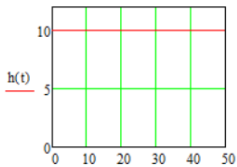
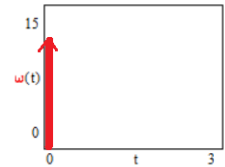
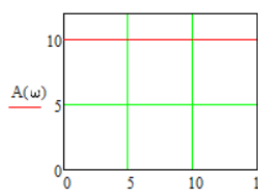
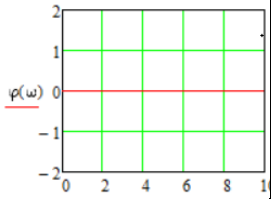
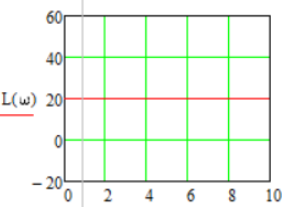
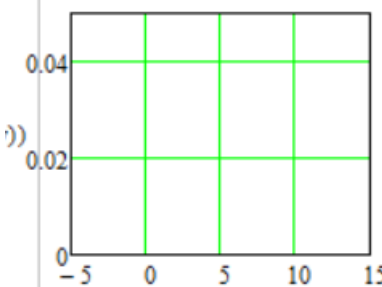
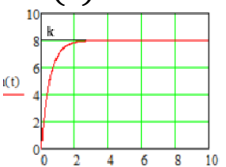
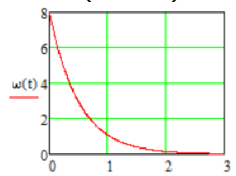
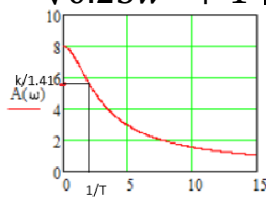
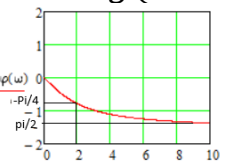
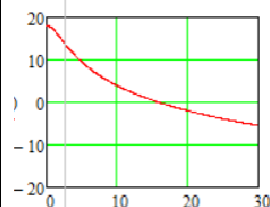
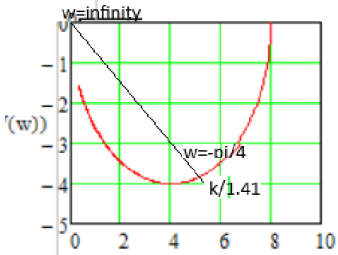
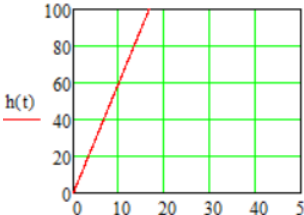
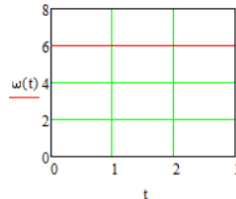
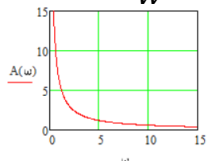
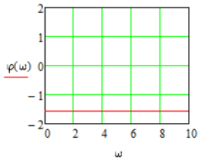
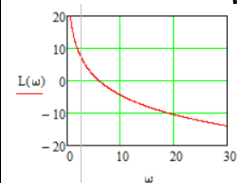
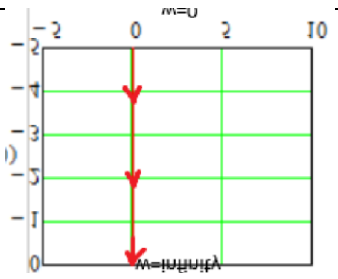
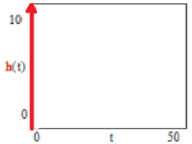
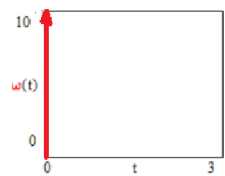
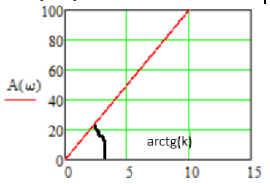
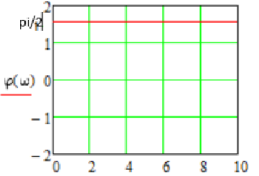
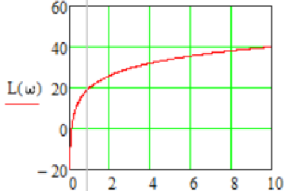
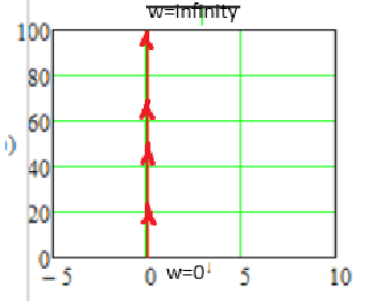
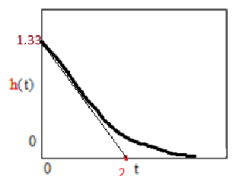
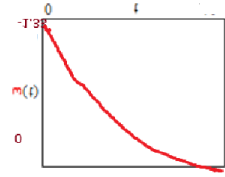
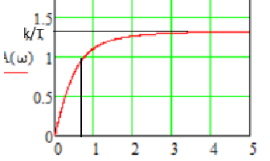
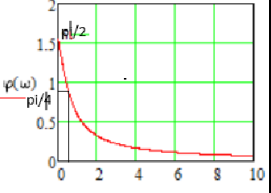
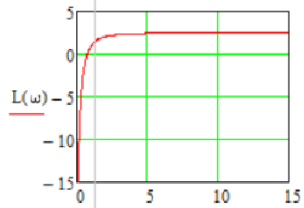
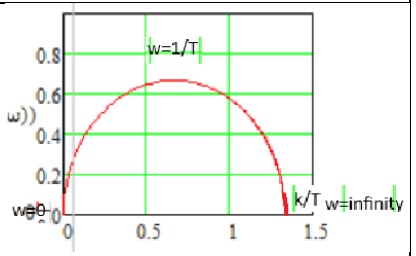
4	$h(t) = 5 * \delta(t)$ 	$w(t) = 5 * \frac{d\delta(t)}{dt}$ 	$A(w) = 5w$ 	$\varphi(w) = \frac{\pi}{2}$ 	$L(w) = 20\lg(5w)$ 	
5	$h(t) = \frac{1}{3} \left( e^{-\frac{t}{3}} \right) * 1(t)$ 	$w(t) = \delta(t) - \frac{1}{3} \left( e^{-\frac{t}{3}} \right)$ 	$A(w) = \frac{w}{\sqrt{9w^2 + 1}}$ 	$\varphi(w) = \frac{w}{2} - \arctg(3w)$ 	$L(w) = 20\lg\left(\frac{w}{\sqrt{9w^2 + 1}}\right)$ 	

Табл.4 – результаты по пункту 4

№	$h(t)$	$w(t)$	$A(w)$	$\varphi(w)$	$L(w)$	$P+jQ$
---	--------	--------	--------	--------------	--------	--------

1	$h(t) = 10$ 	$w(t) = 10 * \delta(t)$ 	$A(w) = 10$ 	$\varphi(w) = 0$ 	$L(w) = 20\lg(10)$ 	
2	$h(t) = 8 \left(1 - e^{-\frac{t}{0.5}}\right) * 1(t)$ 	$w(t) = 8 \left(e^{-\frac{t}{0.5}}\right)$ 	$A(w) = \frac{8}{\sqrt{0.25w^2 + 1}}$ 	$\varphi(w) = \arctg(-0.5w)$ 	$L(w) = 20\lg\left(\frac{4}{\sqrt{0.25w^2 + 1}}\right)$ 	
3	$h(t) = 6 * t$ 	$w(t) = 6 * 1(t)$ 	$A(w) = \frac{6}{w}$ 	$\varphi(w) = \frac{-\pi}{2}$ 	$L(w) = 20\lg\left(\frac{6}{w}\right)$ 	

4	$h(t) = 10 * \delta(t)$ 	$w(t) = 10 * \frac{d\delta(t)}{dt}$ 	$A(w) = 10w$ 	$\varphi(w) = \frac{\pi}{2}$ 	$L(w) = 20\lg(10w)$ 	
5	$h(t) = \frac{1}{3} \left( e^{-\frac{t}{3}} \right) * 1(t)$ 	$w(t) = \delta(t) - \frac{1}{3} \left( e^{-\frac{t}{3}} \right)$ 	$A(w) = \frac{w}{\sqrt{9w^2 + 1}}$ 	$\varphi(w) = \frac{w}{2} - \arctg(3w)$ 	$L(w) = 20\lg\left(\frac{w}{\sqrt{9w^2 + 1}}\right)$ 	



## Пункт 5.

1) С увеличением  $k$  просто усиливается сигнал на входе и, соответственно, на выходе. При этом, амплитуда и фаза от частоты не зависят.

2) Т.к.  $T$  уменьшилось, то время переходы системы к уст. Режиму тоже уменьшилось. Это видно по переходной характеристике  $h(t)$  и импульсной характеристике  $w(t)$ . Также появился более сильный сдвиг по фазе. Это видно по  $\varphi(\omega)$  и годографу. Увеличение коэффициента  $k$  просто усилило амплитуду.

3) Чем больше  $k$ , тем быстрее переход к уст. Режиму. ЛАЧХ при  $\omega=k$  обращается в нуль. Фаза постоянна.

4) Чем больше  $k$ , тем быстрее увеличивается амплитуда в зависимости от частоты, то есть коэффициент  $k$  усиливает сигнал пропорционально частоте, в отличие от безынерционного звена.

5) По сути это последовательное соединение идеального дифф-го и апериодического звеньев, так что увеличение  $k$  дает прирост амплитуда в зависимости от частоты, уменьшение  $T$  уменьшает инерционность и переход к уст. режиму идет быстрее. Сдвиг по фазе замедляется, так как  $T$  уменьшает.

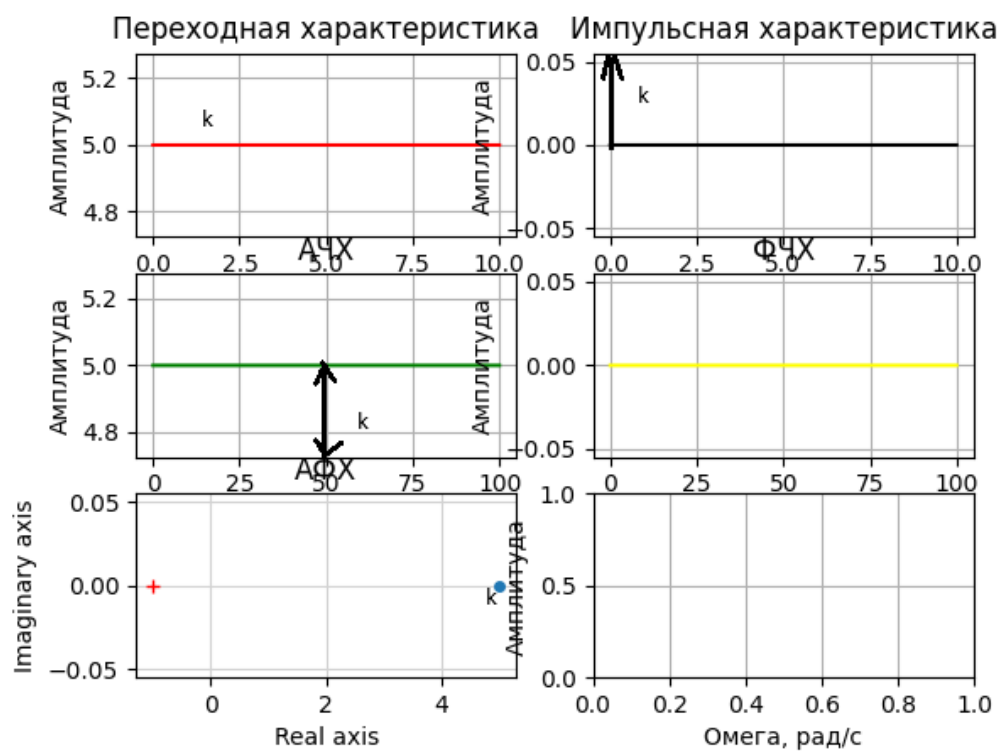


Рис.1 – безынерционное звено(1)

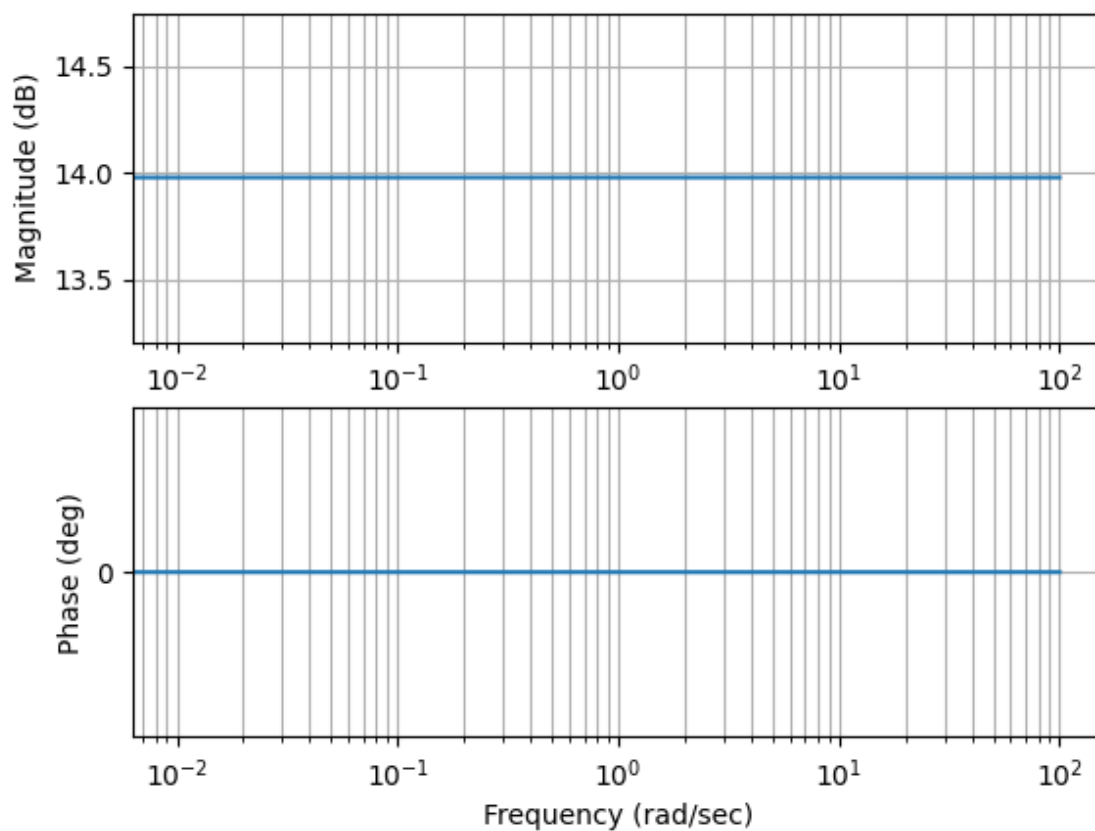


Рис.2 – безынерционное звено(1)

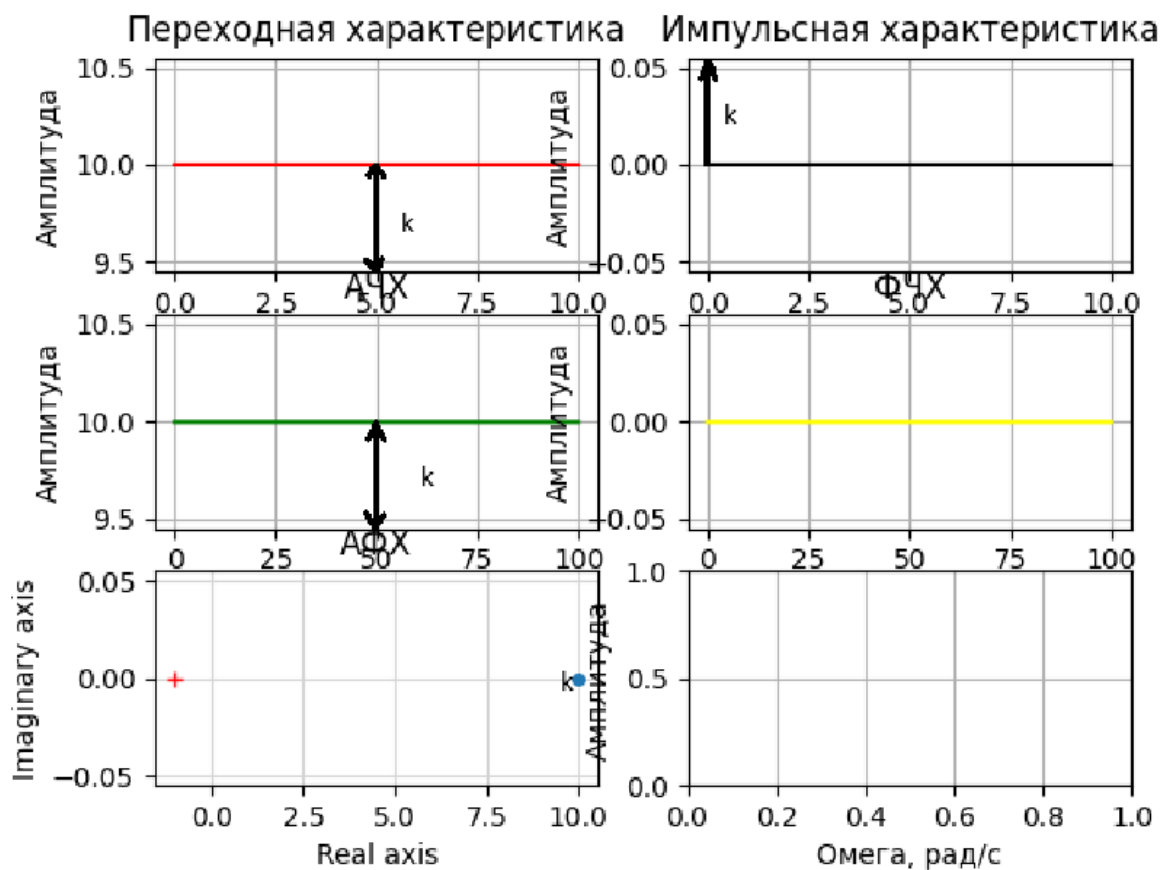


Рис.3 – безынерционное звено(2)

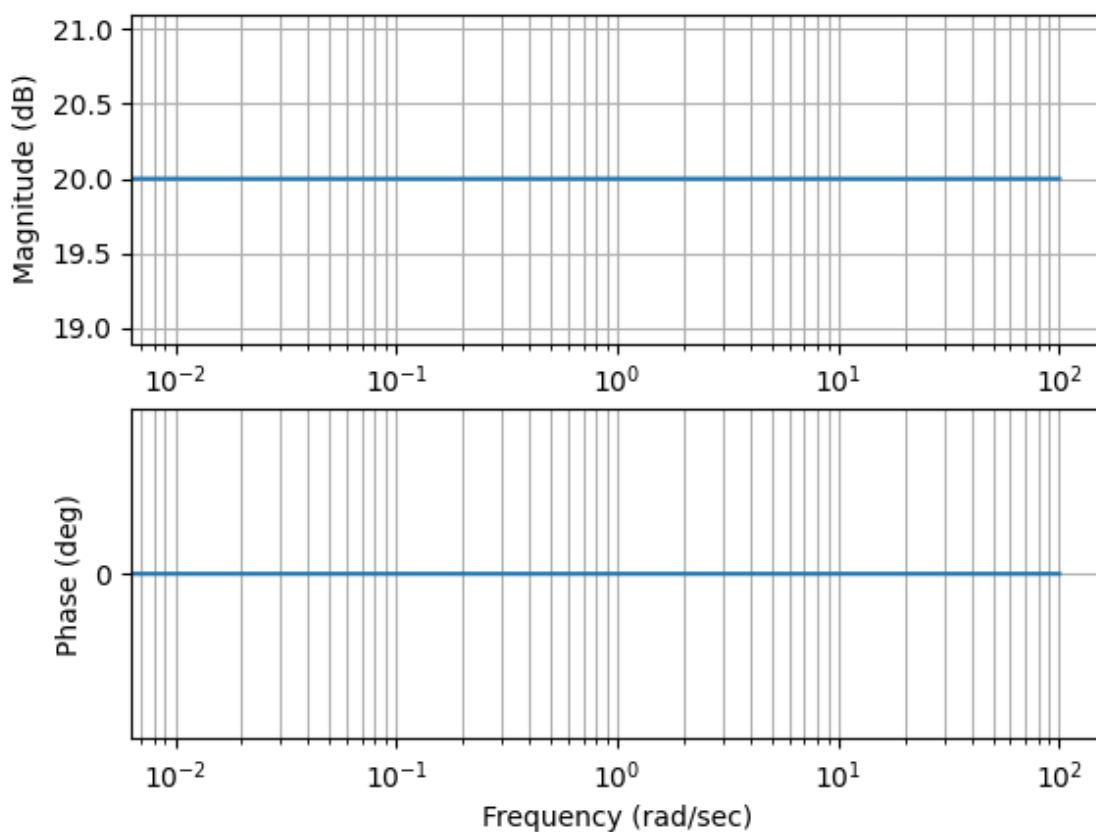


Рис.4 – безынерционное звено(2)

В сравнении с результатами предварительного отчета изменений не обнаружено. Возникли трудности в построении импульсной характеристики, так как она представляет из себя функцию Хевисайда.

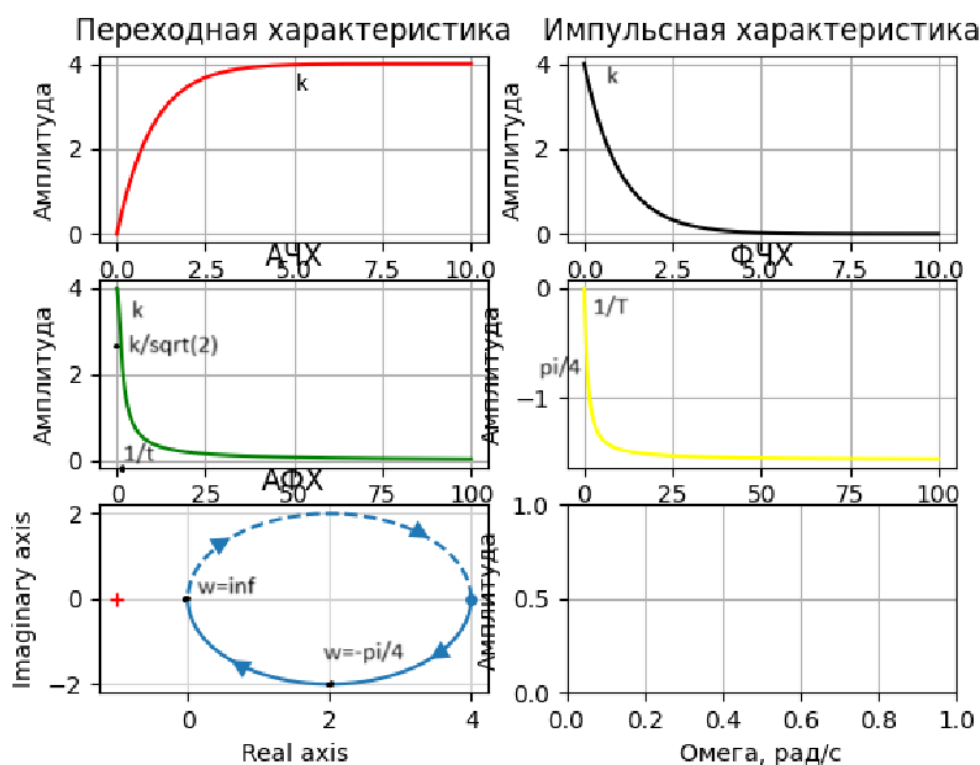


Рис.5-апериодическое звено(1)

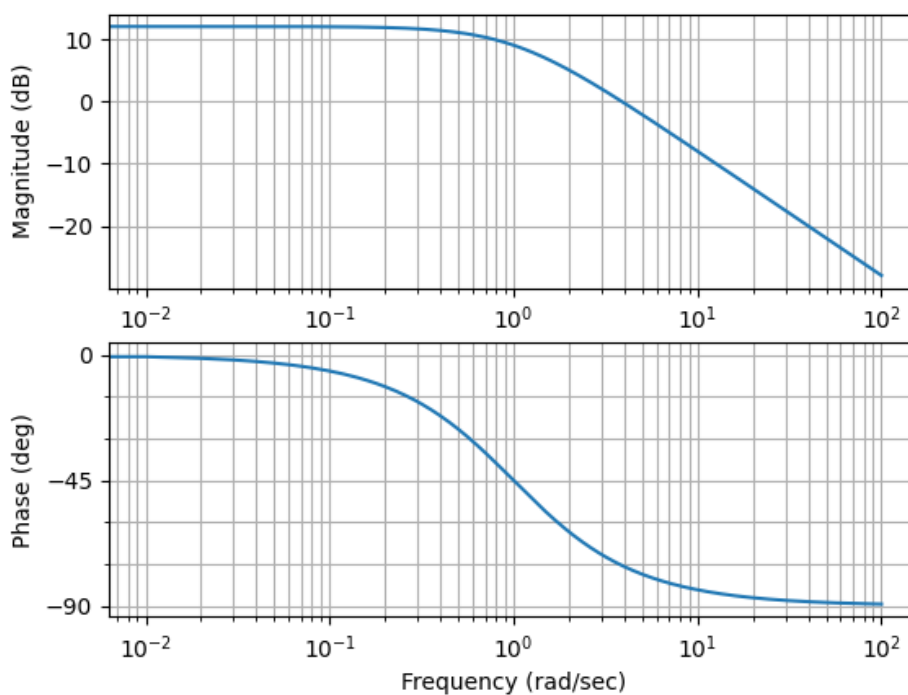


Рис.6-апериодическое звено(1)

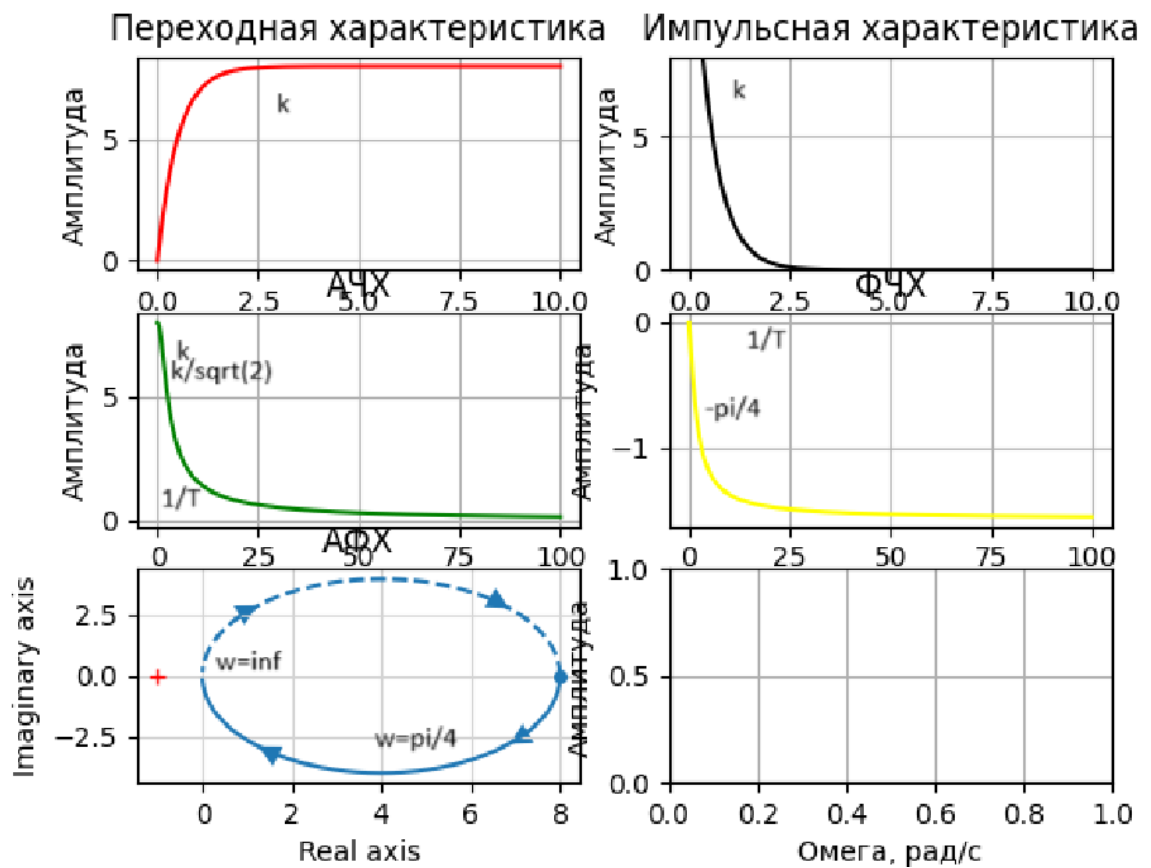


Рис.7-аперидическое звено(2)

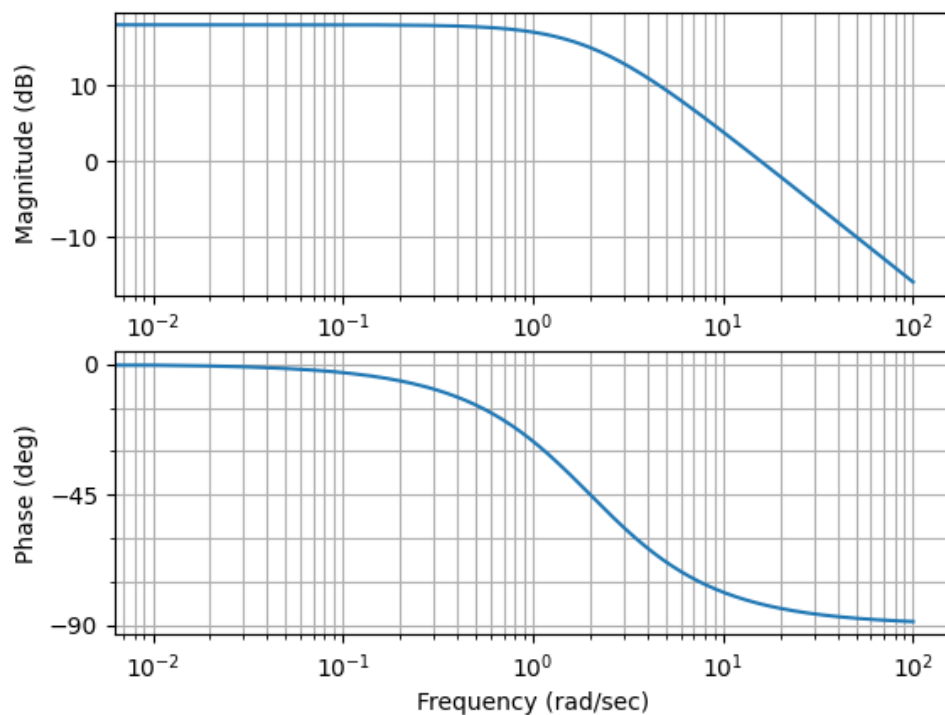


Рис.8-аперидическое звено(2)

В сравнении с результатами предварительного отчета изменений не обнаружено.

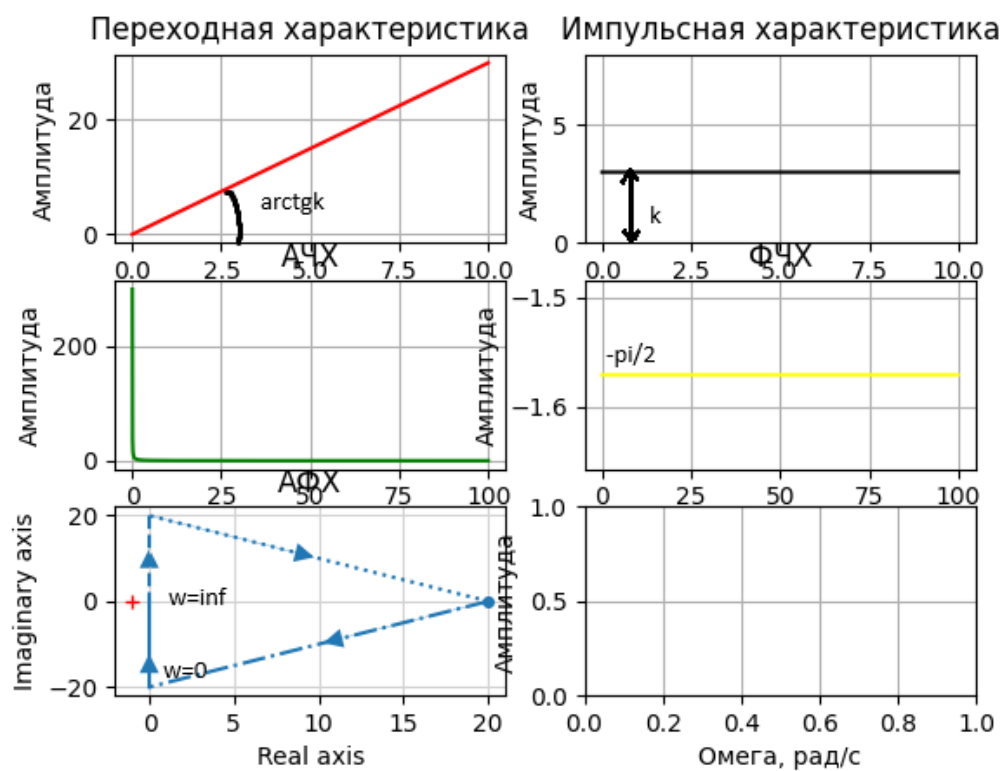


Рис.9-интегрирующее звено(1)

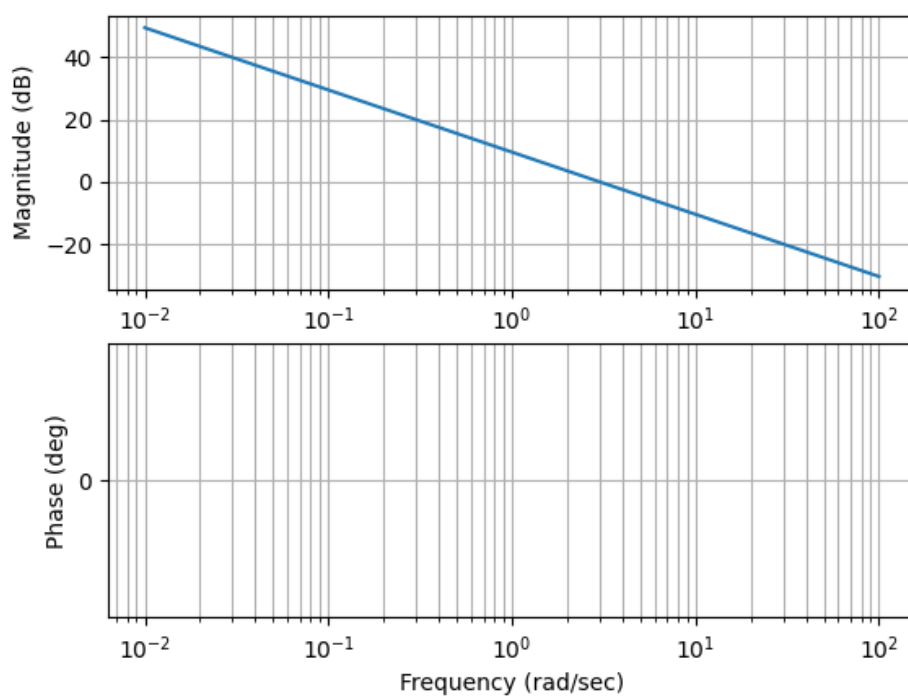


Рис.10-интегрирующее звено(1)

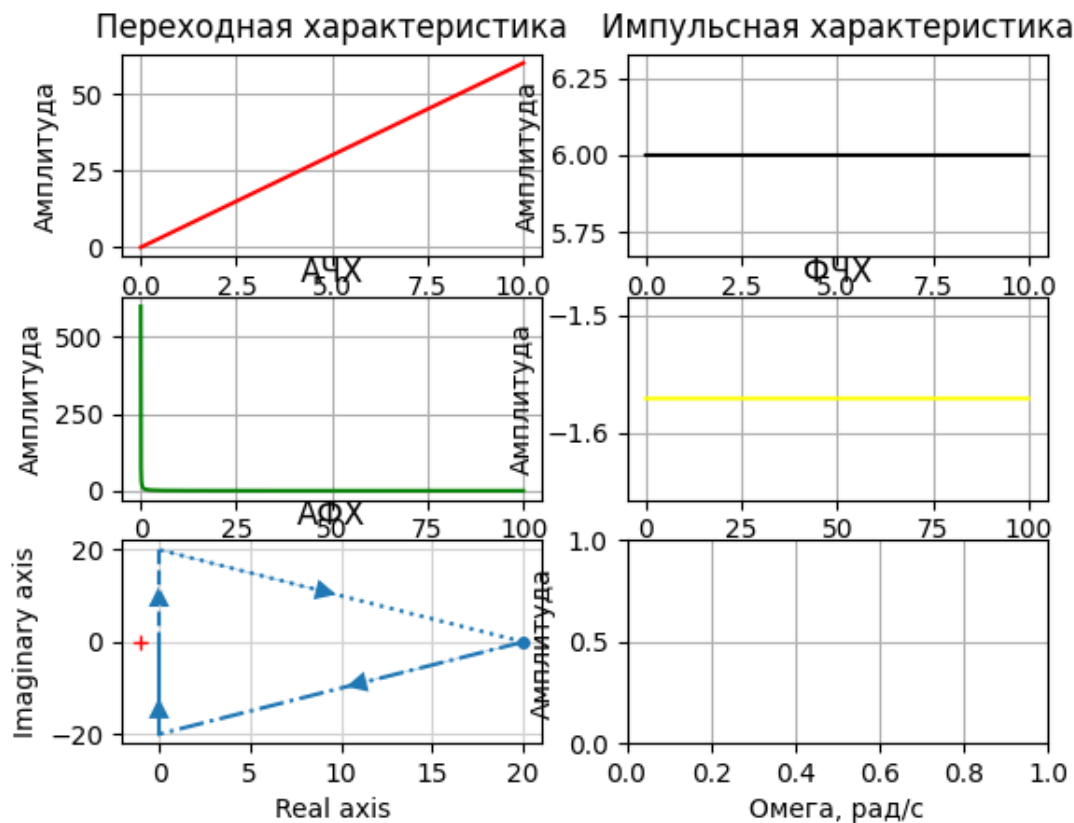


Рис.11-интегрирующее звено(2)

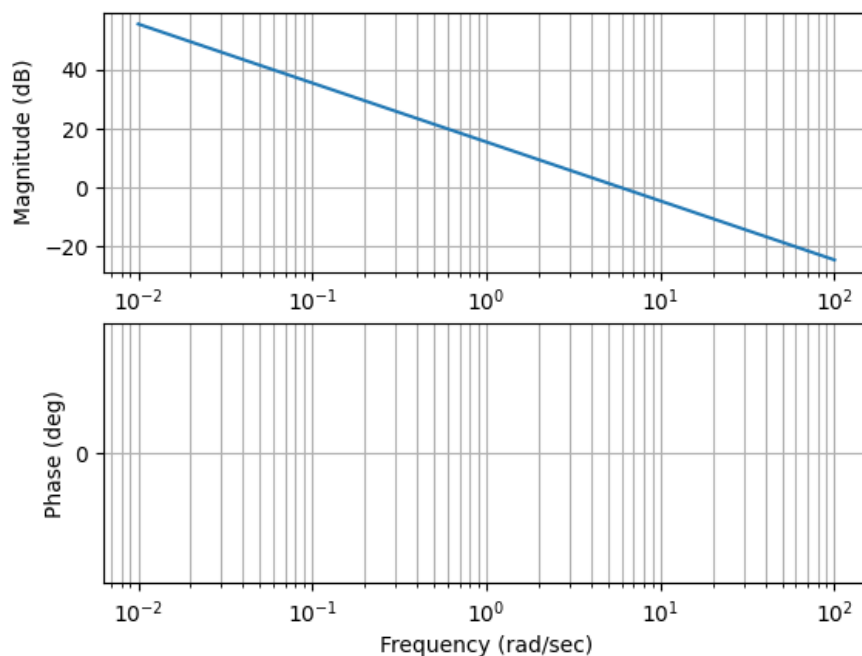


Рис.12-интегрирующее звено(2)

В сравнении с результатами предварительного отчета изменений не обнаружено. Некорректно изображается АФХ. При частоте 0, АЧХ уходит в бесконечность, так как  $A(w) = \frac{k}{w}$

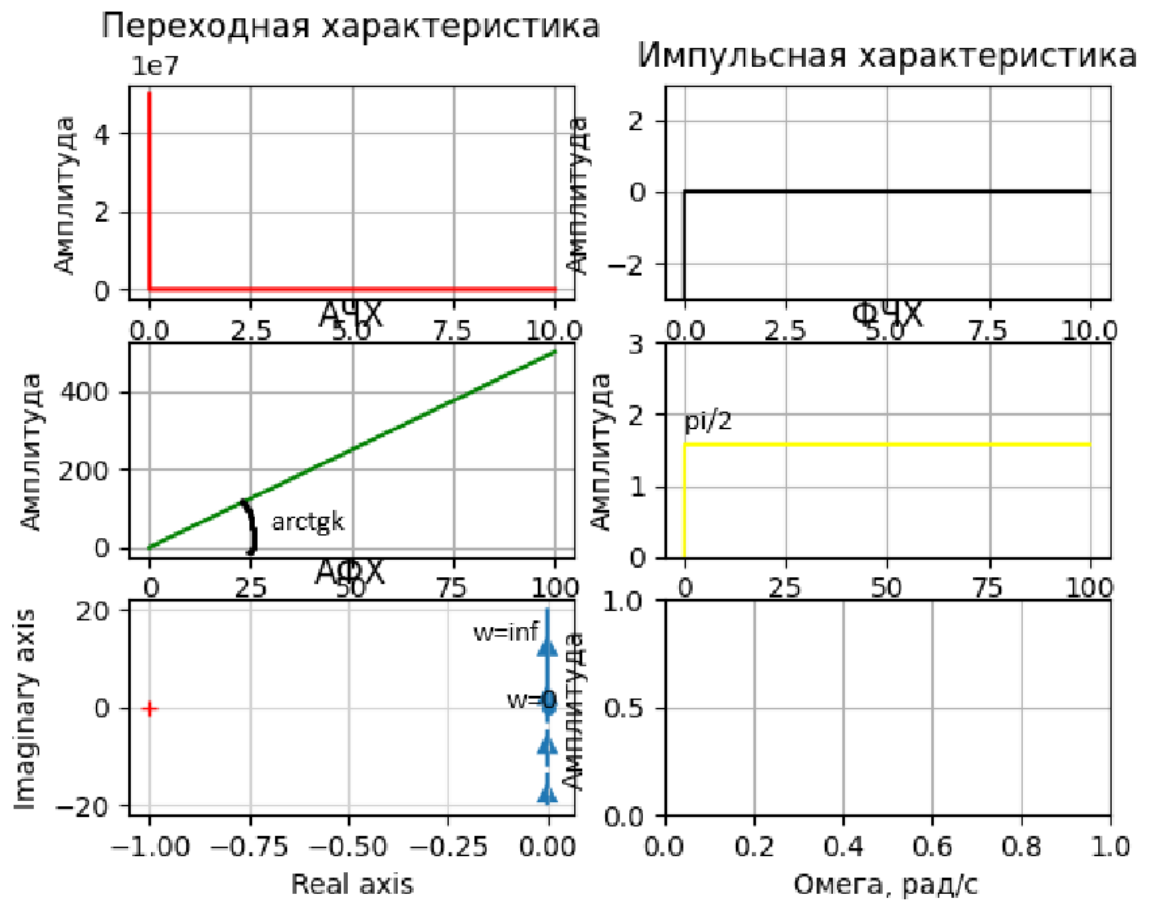


Рис.13-ИД звено(1)

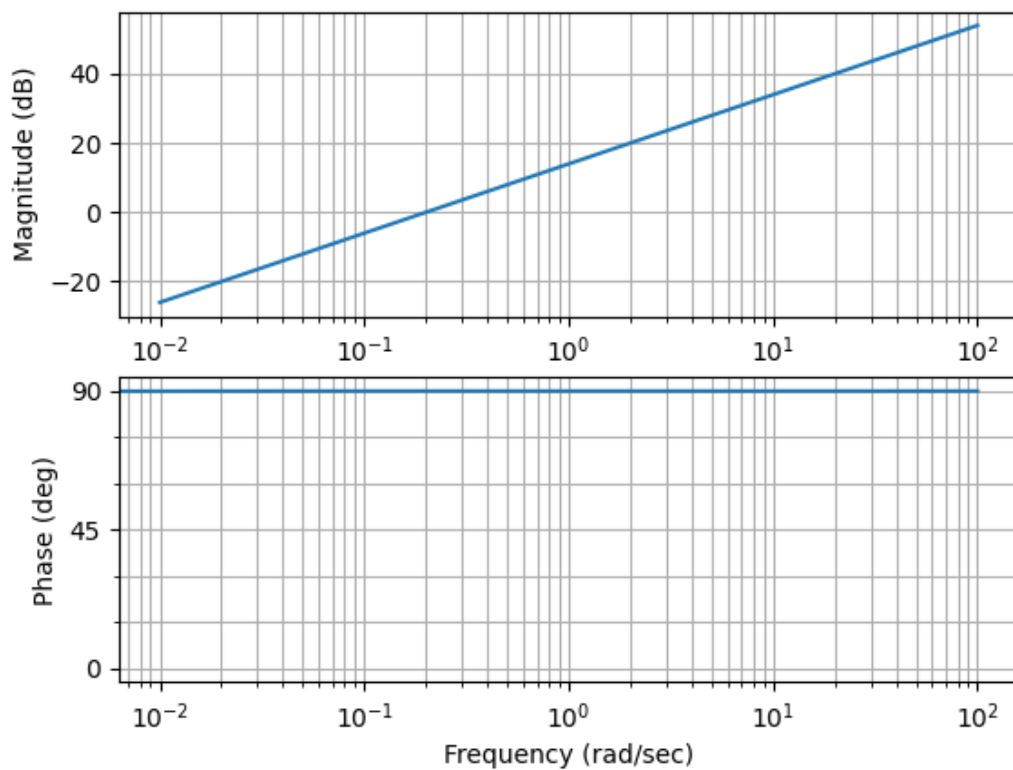


Рис.14-ИД звено(1)



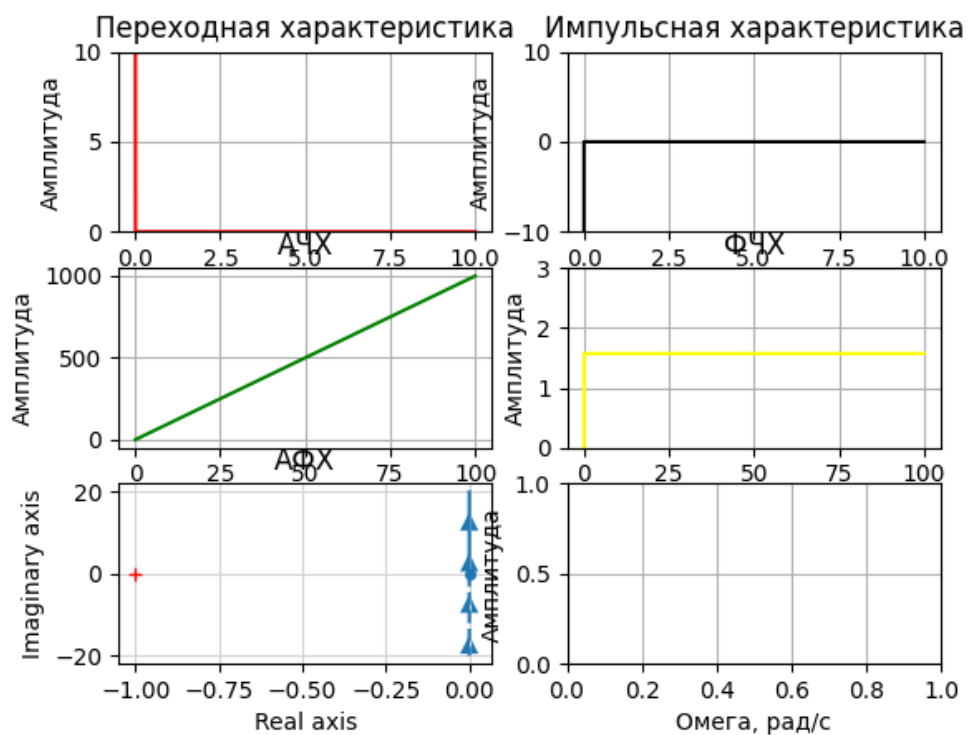


Рис.14-ИД звено(2)

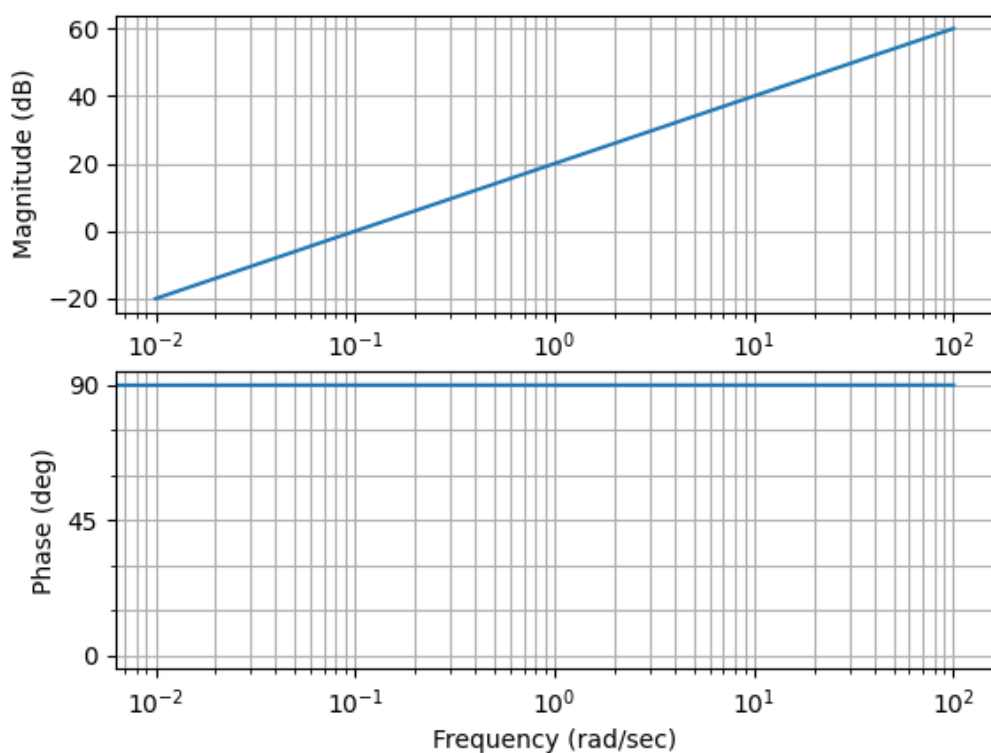


Рис.16-ИД звено(2)

В сравнении с результатами предварительного отчета изменения заметны в импульсной характеристике, так она идет из минуса в ноль, а не из нуля в плюс. АФХ отображена корректно.

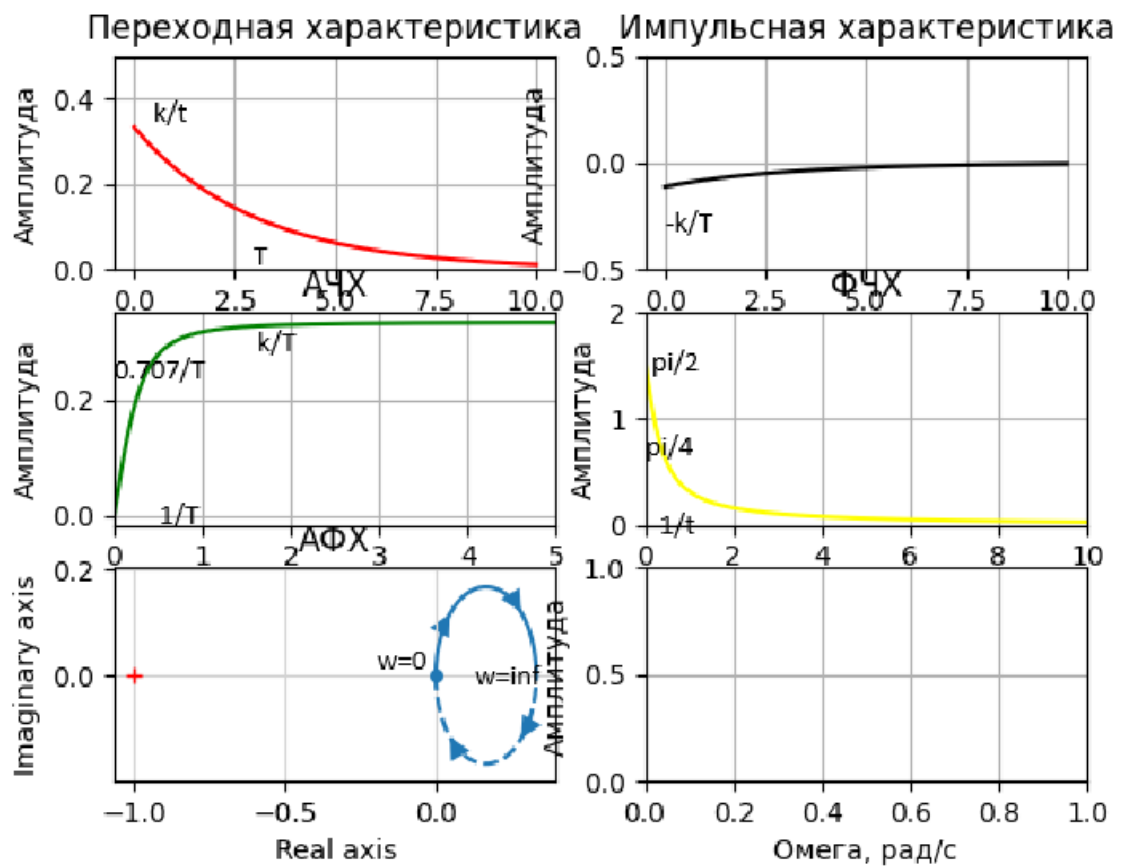


Рис.17-РД звено(1)

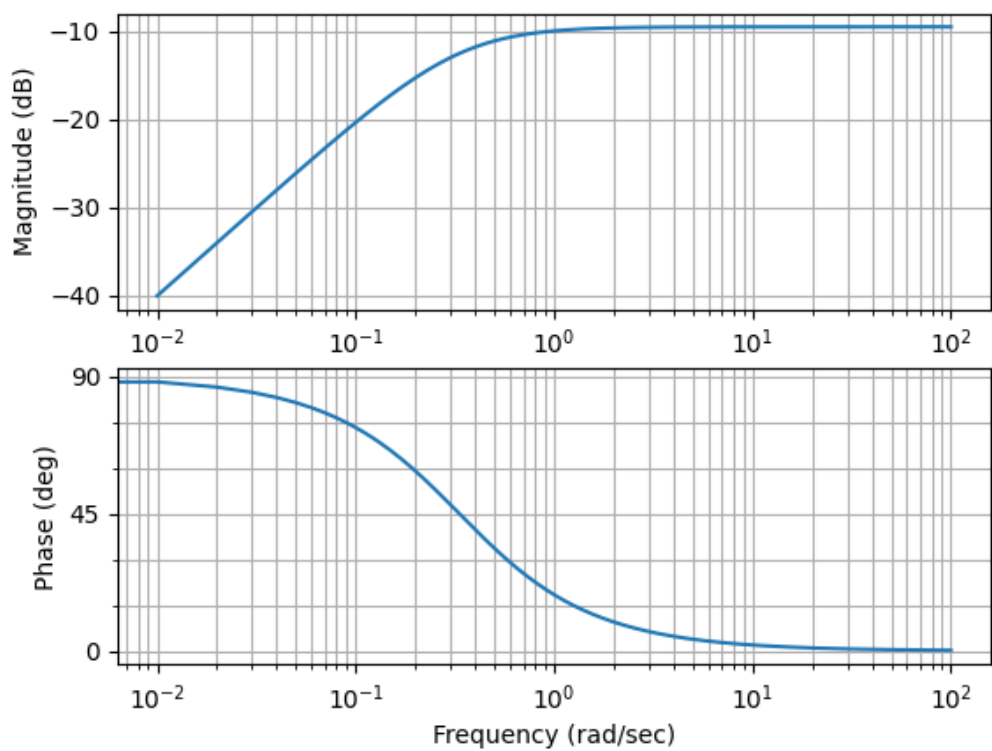


Рис.18-РД звено(1)

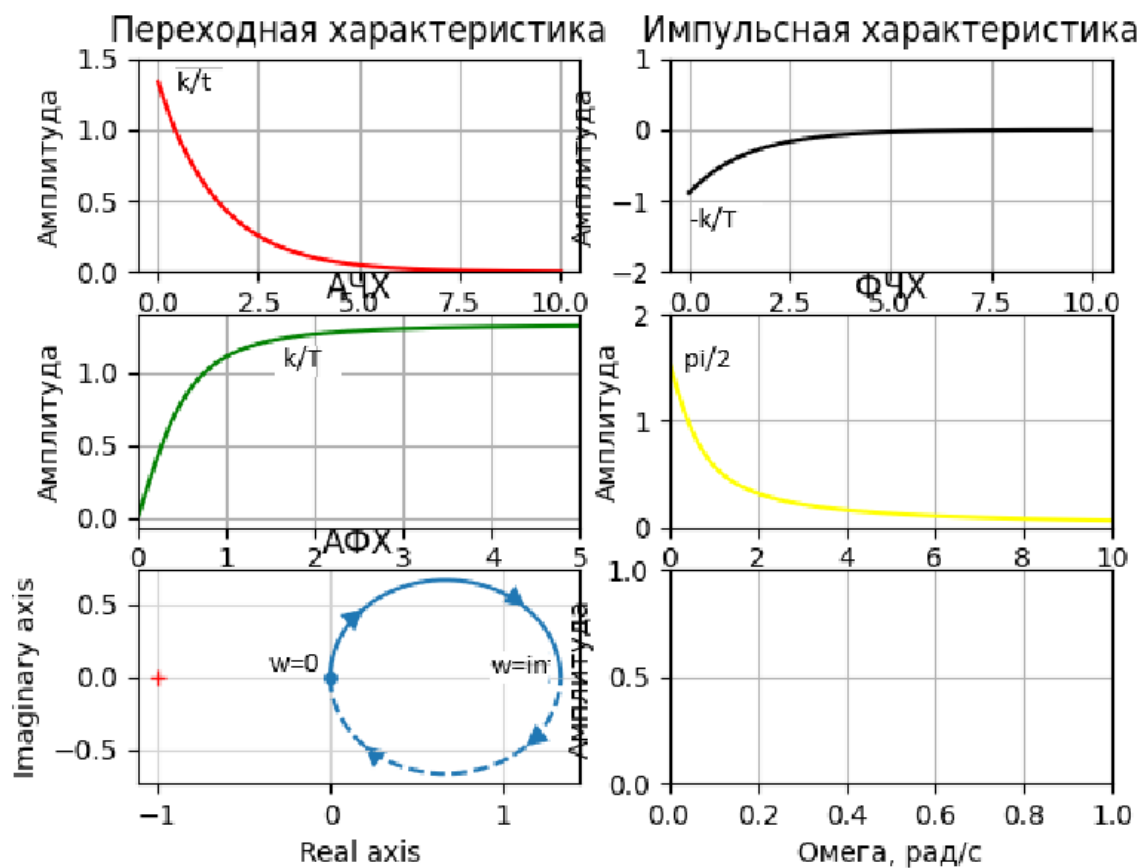


Рис.19-РД звено(2)

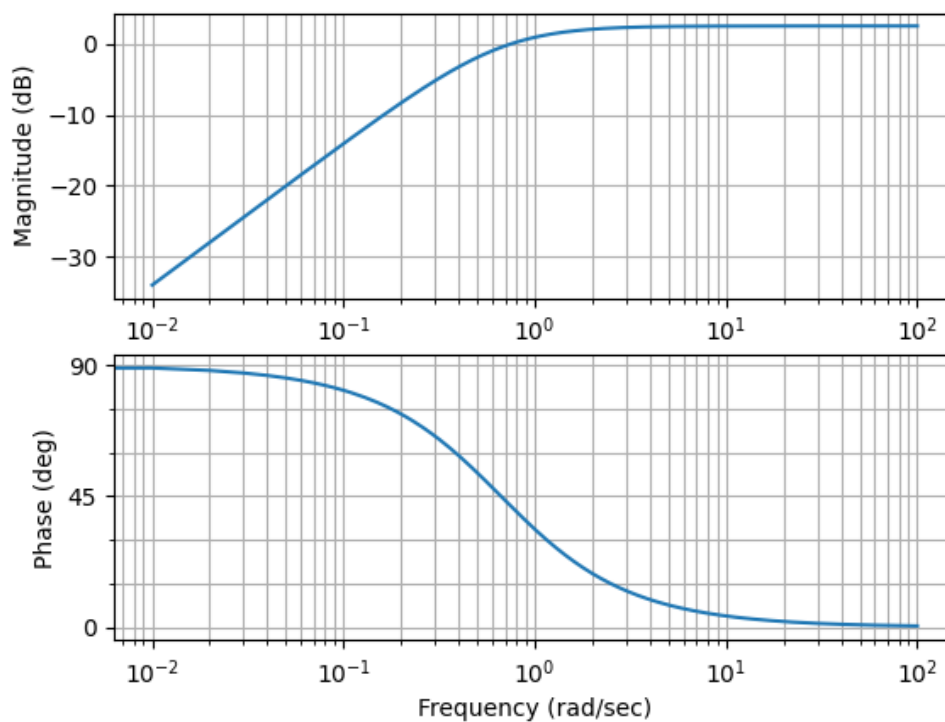


Рис.20-РД звено(2)

В сравнении с результатами предварительного отчета изменений не обнаружено.

## **Заключение**

В предварительное исследование типовых звеньев было включено:

- Вывод функций для каждой из характеристик;
- Построение характеристик;
- Изменение коэффициентов и выводы о том, как они влияют на характеристики звена.

В основной части лабораторной работы проведено сравнение полученных характеристик с предварительным отчетом.