



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КАФЕДРА ИУ1 – СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

«ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗВЕНЬЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ»

по курсу:

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ»

Студент: ИУ2-61

(Подпись, дата)

Аветисян Н. О.

Преподаватель:

(Подпись, дата)

Лобачев И.В.

2024 г.

Задание:

С помощью пакета MatLab построить реакцию каждого типового звена (см. таблицу) на ступенчатое и импульсное входное воздействие. Определить влияние коэффициентов, входящих в описание каждого звена на параметры переходного процесса.

Таблица

Типовые динамические звенья

1	Название звена	ПФ звена
1	Интегрирующее	$W(s) = \frac{K}{s}$
2	Дифференцирующее	$W(s) = Ks$
3	Усилительное (безынерционное)	$W(s) = K$
4	Апериодическое 1-го порядка (инерционное)	$W(s) = \frac{K}{Ts + 1}$
5	Апериодическое 2-го порядка (все корни вещественные)	$W(s) = \frac{K}{T_2 s^2 + T_1 s + 1}; T_1 \geq 2T_2$
6	Колебательное*	$W(s) = \frac{K}{T_2 s^2 + T_1 s + 1}; T_1 < 2T_2$
7	Консервативное	$W(s) = \frac{K}{Ts^2 + 1}$
8	Интегрирующее с запаздыванием (реальное интегрирующее)	$W(s) = \frac{K}{s(Ts + 1)}$
9	Дифференцирующее с запаздыванием (реальное дифференцирующее)	$W(s) = \frac{Ks}{Ts + 1}$
10	Форсирующее	$W(s) = K(Ts + 1)$
11	Изодромное	$W(s) = \frac{K(Ts + 1)}{s}$

1. Интегрирующее звено

$$W(s) = \frac{K}{s}$$

Ступенька:

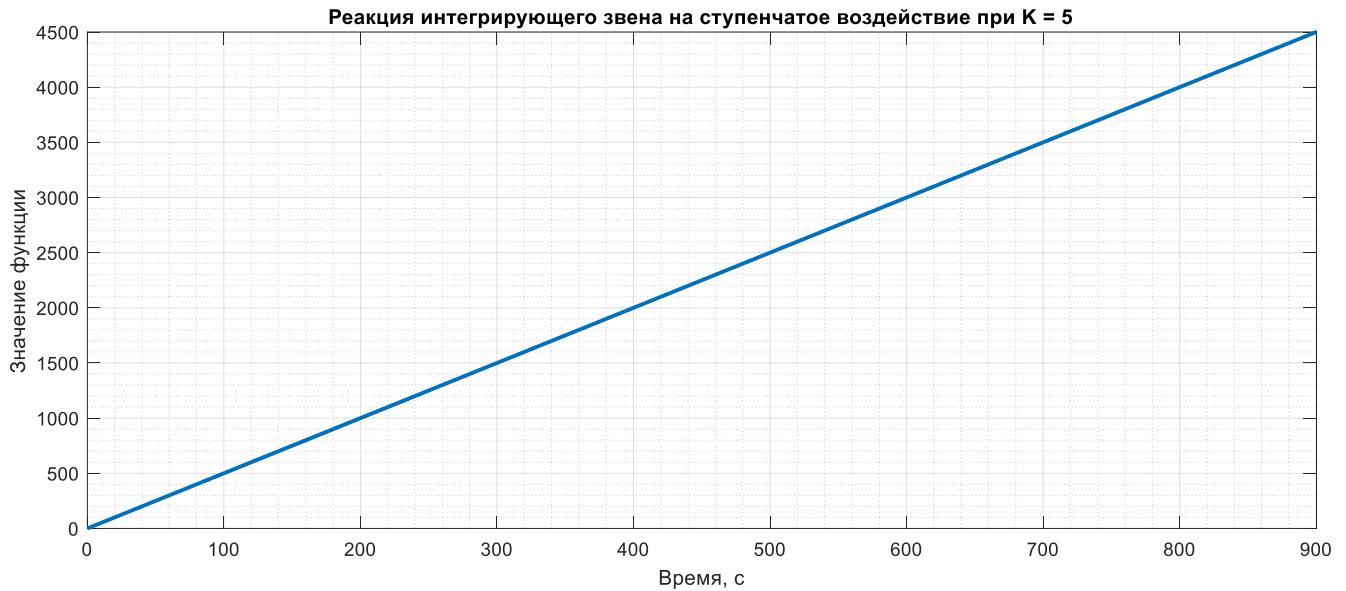


Рис. 1 Реакция интегрирующего звена на ступенчатое воздействие при K = 5

Выходной сигнал стремиться к линейно нарастающей функции, что характерно для интегрирующего процесса.

Вариация K при ступенчатом воздействии:

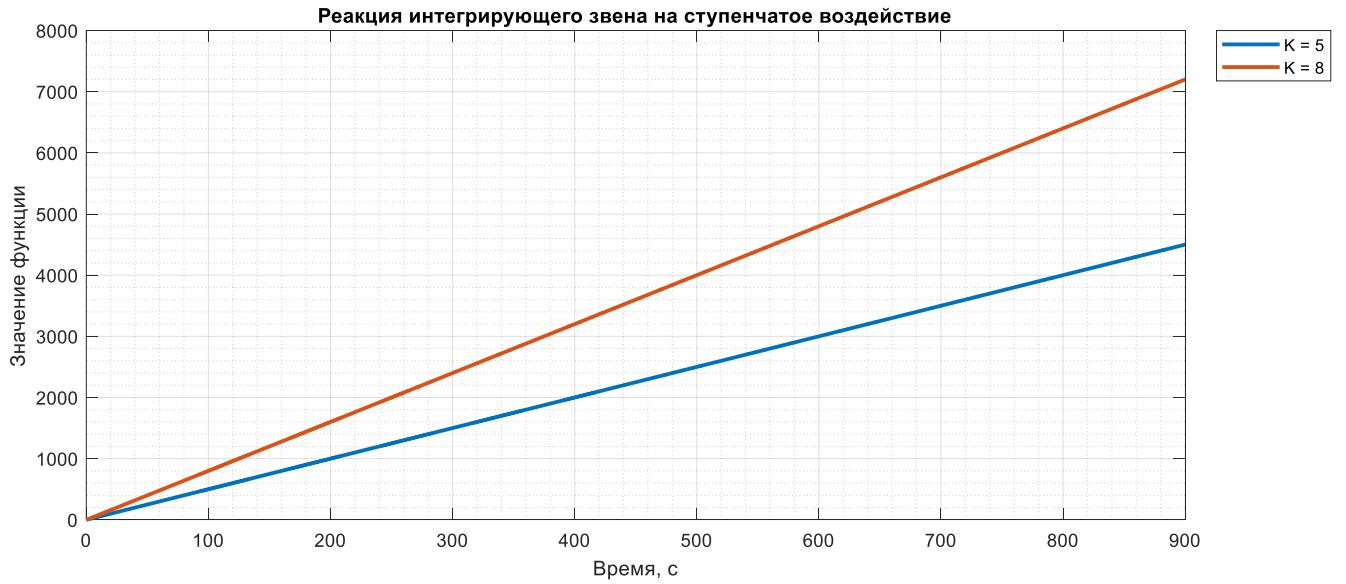


Рис. 2 Реакция интегрирующего звена на ступенчатое воздействие

- Как видно из графика при вариации K для интегрирующего звена при ступенчатом воздействии меняется наклон выходного сигнала.

Импульс:

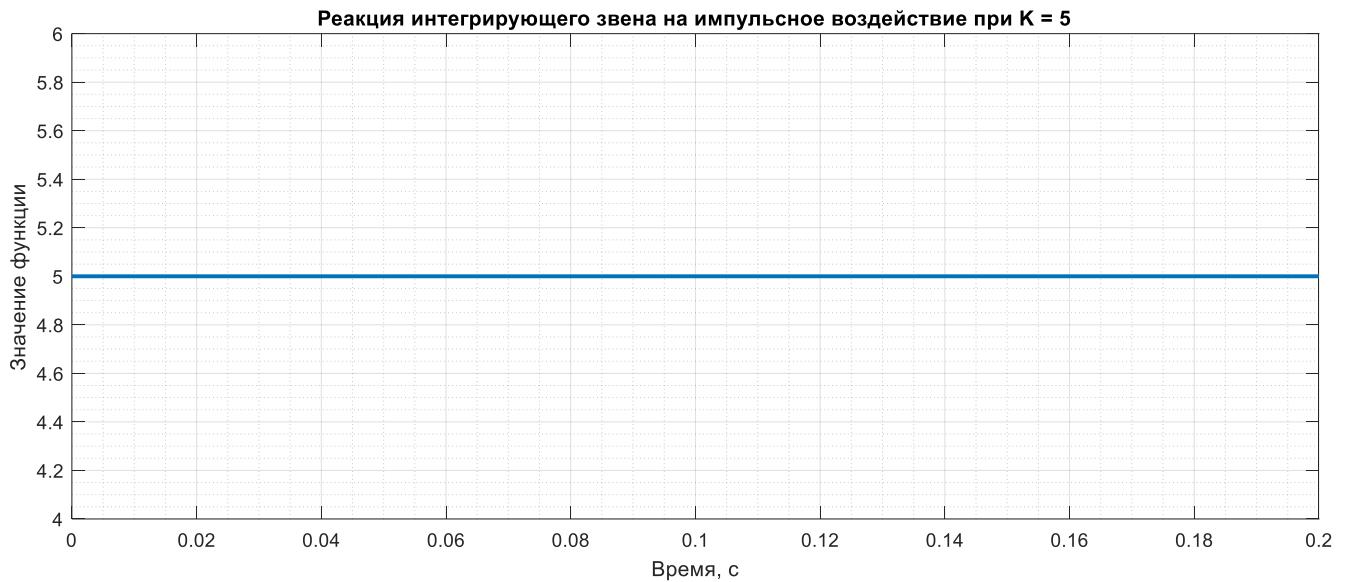


Рис. 3 Реакция интегрирующего звена на импульсное воздействие

Выходной сигнал представляет собой кусочно-линейную функцию, где значение будет накапливаться во времени.

Вариация К при импульсном воздействии:



Рис. 4 Реакция интегрирующего звена на импульсное воздействие

- Как видно из графика, при изменении К интегрирующего звена в ответ на импульсное воздействие меняется уровень выходного сигнала.

2. Дифференцирующее звено

$$W(s) = Ks$$

При ступенчатом воздействии выходной сигнал будет стремиться к дельта-импульсной функции, что характерно для дифференцирующего процесса.

При импульсном воздействии выходной сигнал будет иметь очень крутой переход, что также характерно для дифференцирующего процесса.

Такое звено не может быть реализовано из-за его нефизических свойств, в частности, бесконечной амплитуды выходного сигнала на высоких частотах и нестабильности.

3. Усилительное звено

$$W(s) = K$$

При ступенчатом и импульсном воздействии выходной сигнал будет увеличиваться с учетом коэффициента усиления звена.

Ступенька:

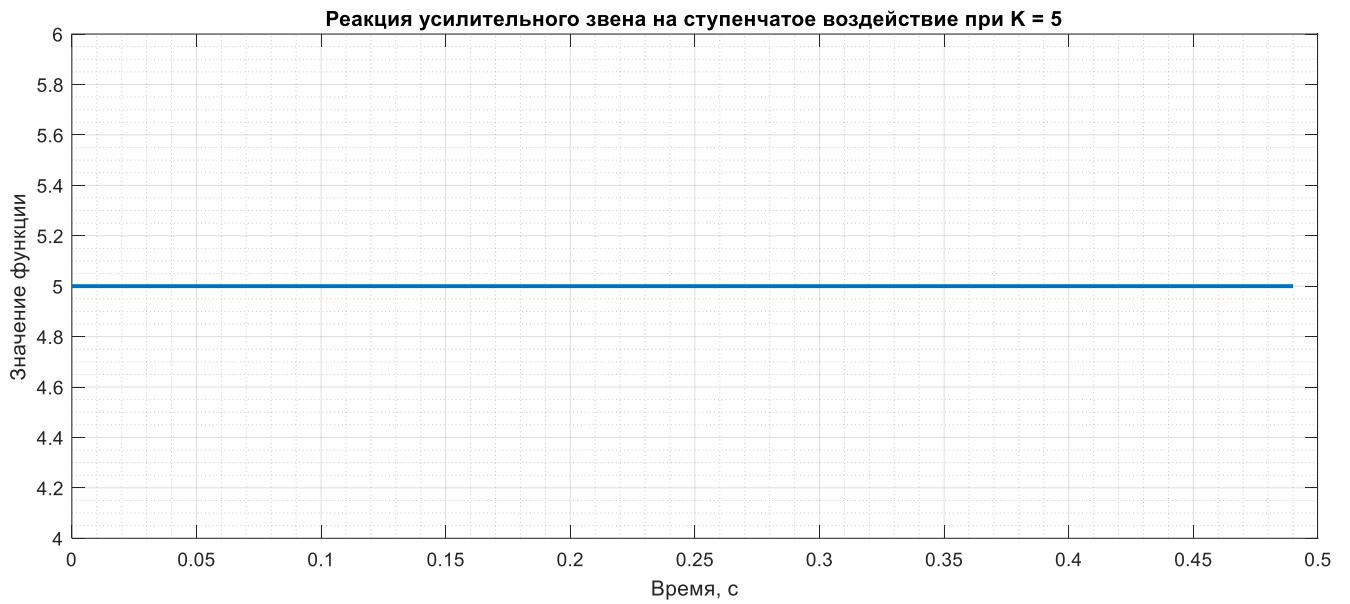


Рис. 5 Реакция усилительного звена на ступенчатое воздействие при $K = 5$

Вариация К при ступенчатом воздействии:



Рис. 6 Реакция усилительного звена на ступенчатое воздействие

- Как видно из графика при вариации К для усилительного звена при ступенчатом воздействии меняется уровень выходного сигнала.

Импульс:



Рис. 7 Реакция усилительного звена на импульсное воздействие при $K = 5$

Вариация К при импульсном воздействии:

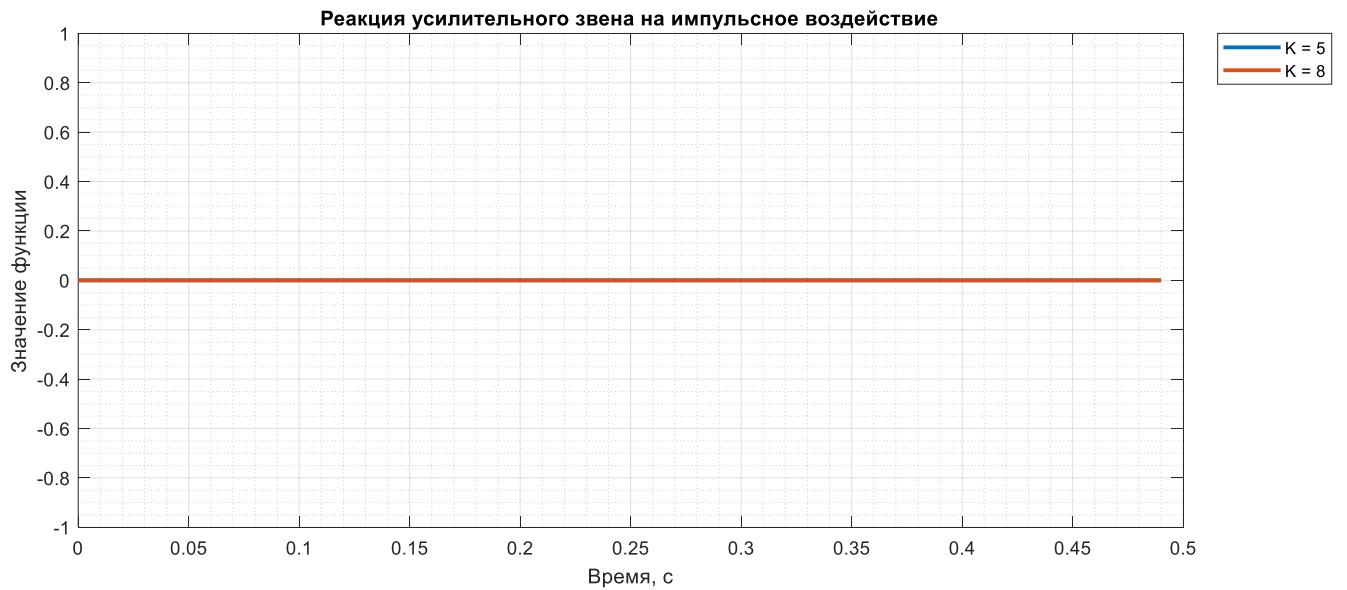


Рис. 8 Реакция усилительного звена на импульсное воздействие

- Как видно из графика, при изменении К усилительного звена в ответ на импульсное воздействие ничего не меняется.

4. Апериодическое звено 1-го порядка

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

Ступенька:

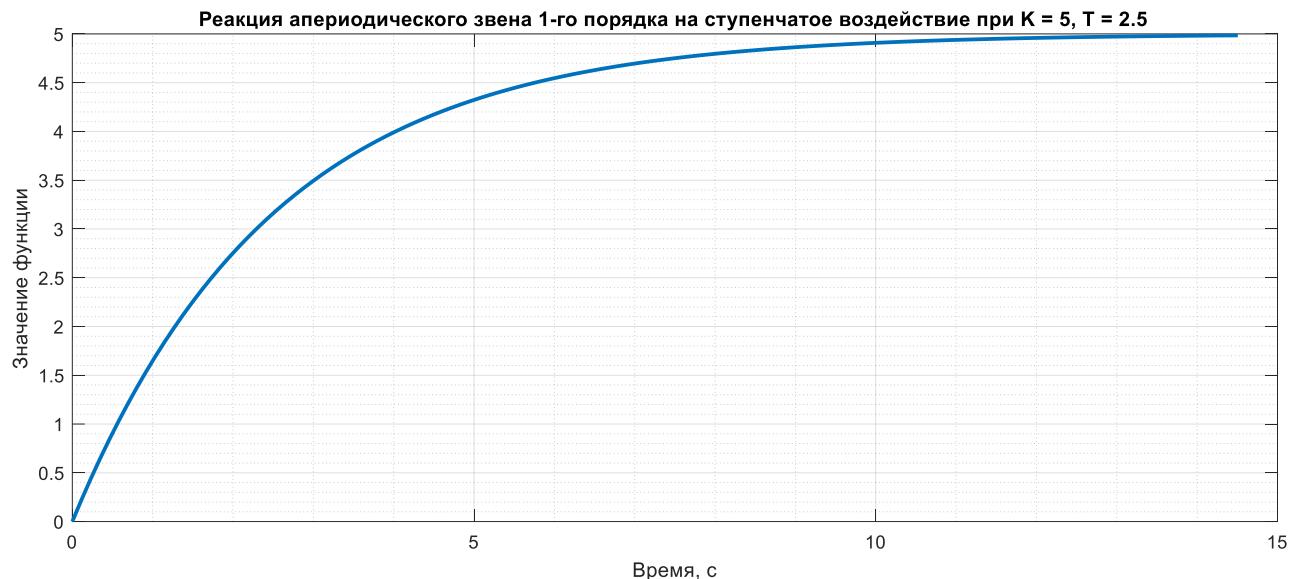


Рис. 9 Реакция апериодического звена 1-го порядка на ступенчатое воздействие $K = 5, T = 2.5$

При ступенчатом воздействии выходной сигнал будет стремиться к установившемуся значению.

Вариация K, T при ступенчатом воздействии:

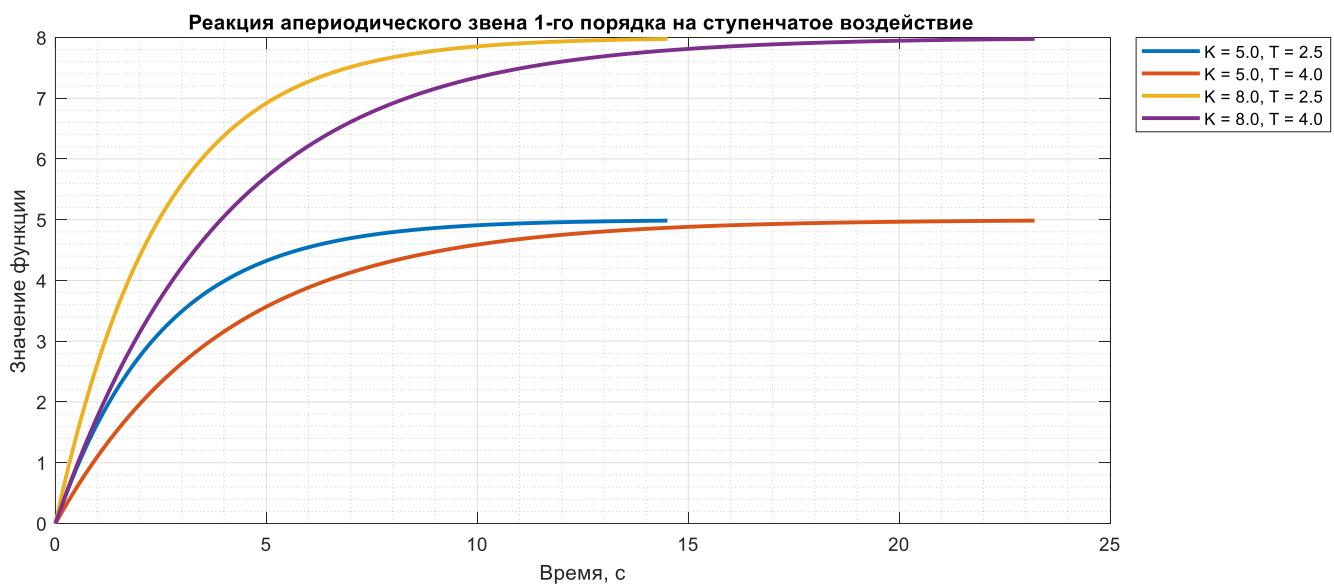


Рис. 10 Реакция апериодического звена 1-го порядка на ступенчатое воздействие

- При изменении параметра K для апериодического звена 1-го порядка в ответ на ступенчатое воздействие происходит изменение уровня установившегося сигнала.
- При изменении постоянного времени T происходит изменение времени переходного процесса.

Импульс:

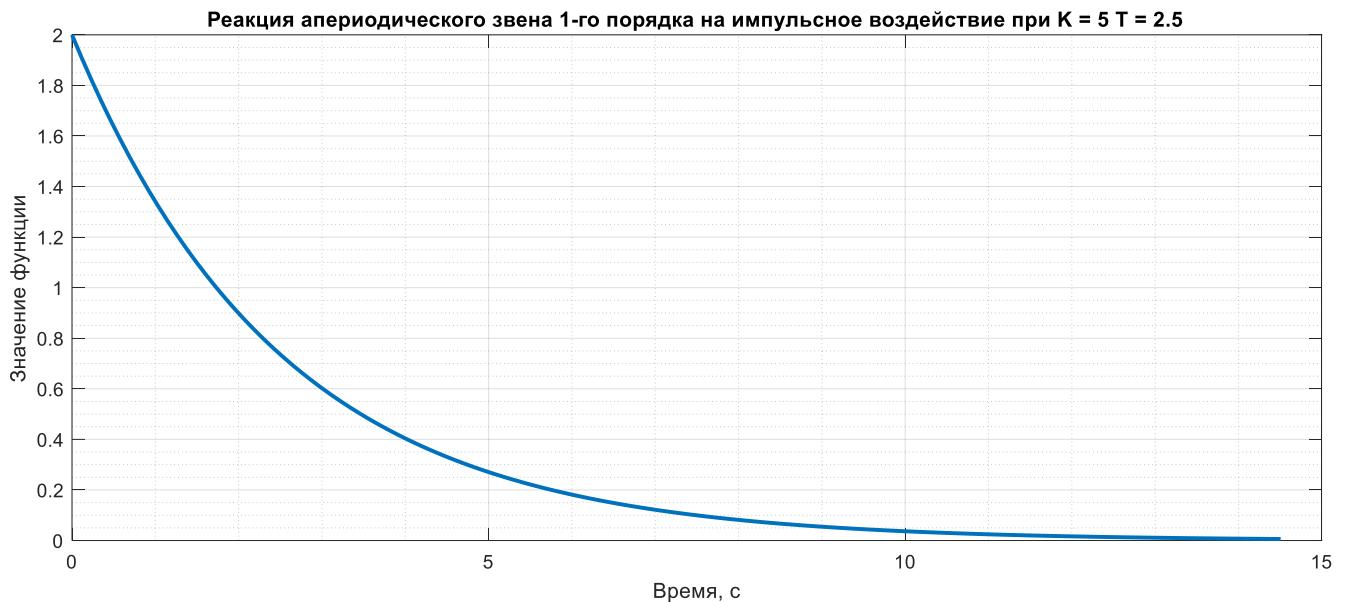


Рис. 11 Реакция апериодического звена 1-го порядка на импульсное воздействие $K = 5$ $T = 2.5$

При импульсном воздействии на апериодическое звено 1-го порядка происходит экспоненциальное затухание выходного сигнала.

Вариация K , T при импульсном воздействии:

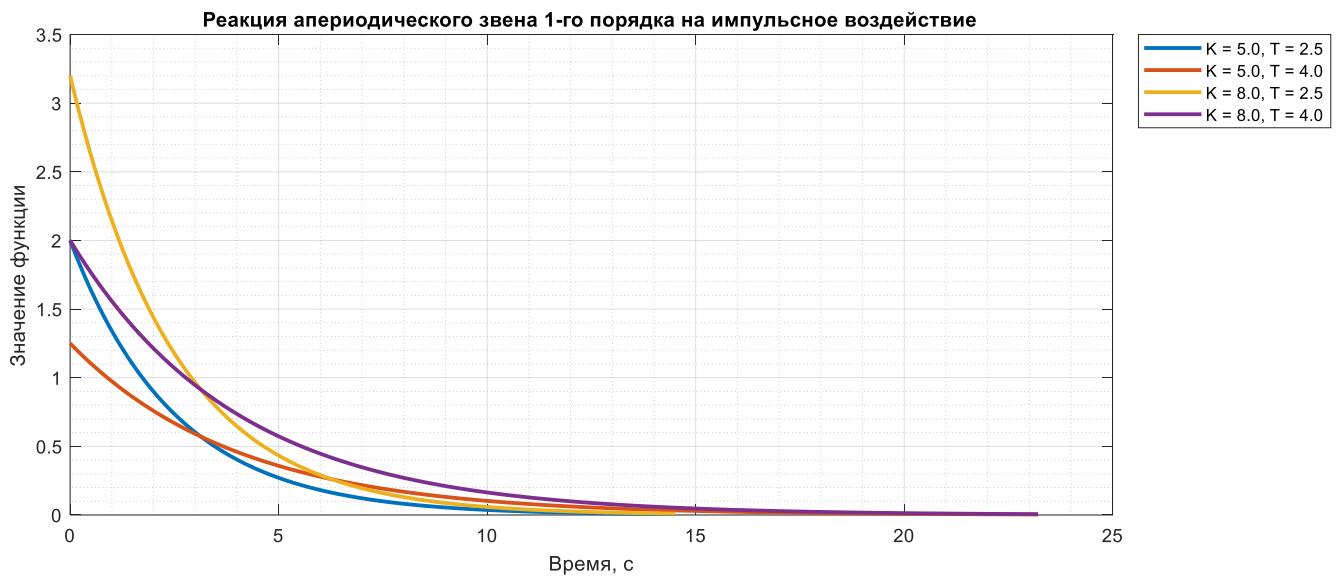


Рис. 12 Реакция апериодического звена 1-го порядка на импульсное воздействие

- При изменении параметра K для апериодического звена 1-го порядка в ответ на импульсное воздействие происходит изменение уровня начального сигнала.
- При изменении постоянного времени T происходит изменение времени переходного процесса.

5. Апериодическое звено 2-го порядка

$$W(s) = \frac{K}{T_2^2 s^2 + 2T_1 s + 1}, T_1 \geq 2T_2$$

Ступенька:

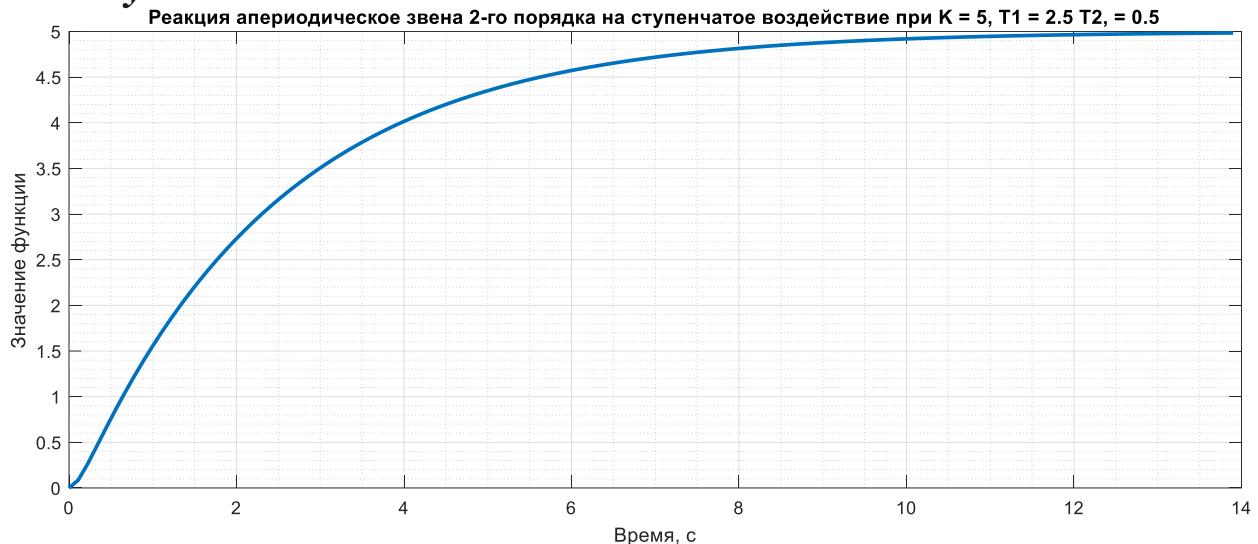


Рис. 13 Реакция апериодического звена 2-го порядка на ступеньку при $K = 5, T_1 = 2.5, T_2 = 0.5$

Выходной сигнал в этом случае будет асимптотически приближаться к конечному значению без колебаний, если $T_1 \geq 2T_2$

Вариация K, T_1, T_2 при ступенчатом воздействии:

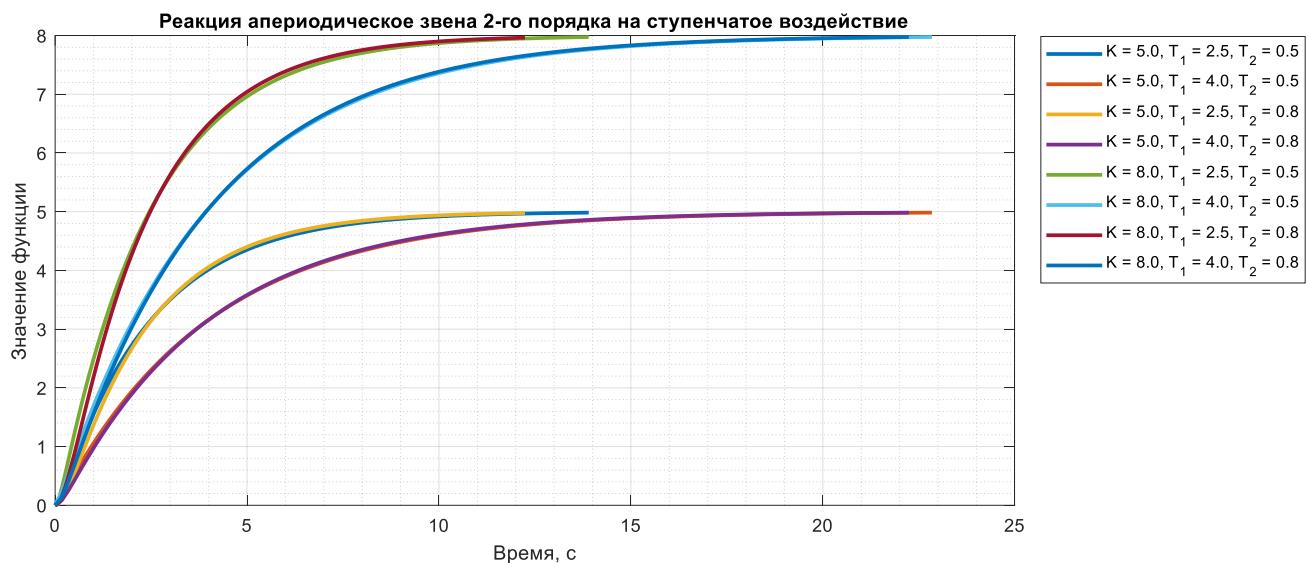


Рис. 14 Реакция апериодического звена 2-го порядка на ступенчатое воздействие

- Увеличение K приводит к увеличению амплитуды выходного сигнала.
- Увеличение T_1 приводит к более медленному установлению на конечное значение и более плавному изменению выходного сигнала.
- Увеличение T_2 приведет к более медленному изменению выходного сигнала и к более гладкому переходу.

Импульс:

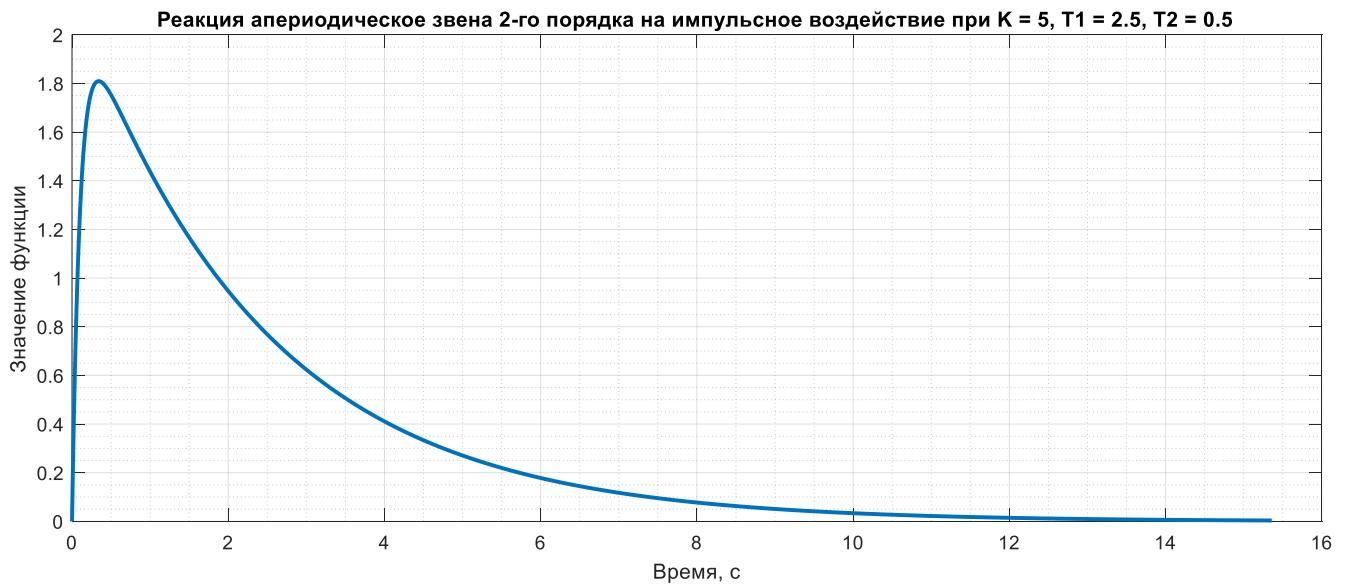


Рис. 15 Реакция апериодического звена 2-го порядка на импульс $K = 5$, $T_1 = 2.5$, $T_2 = 0.5$

Импульсный отклик типично представляет собой "ударную" реакцию системы, где начальный пик отклика быстро поднимается до максимума, после чего следует экспоненциальное затухание, в зависимости от значений параметров. Вариация K , T_1 , T_2 при импульсном воздействии:

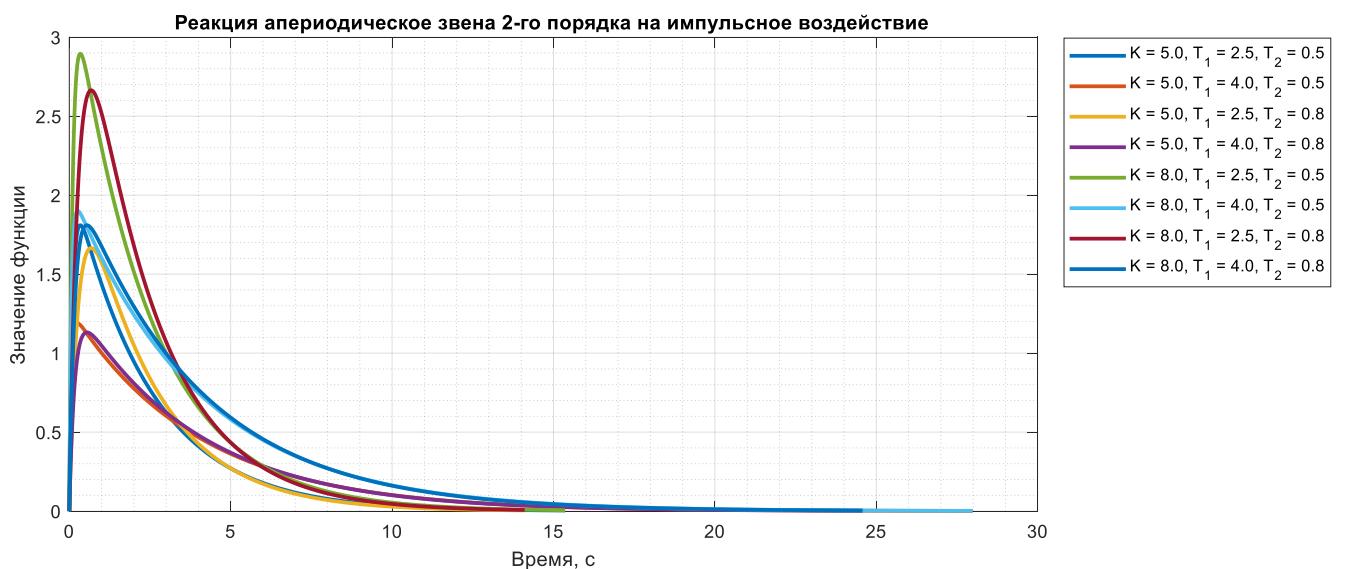


Рис. 16 Реакция апериодического звена 2-го порядка на импульсное воздействие

- Увеличение K усиливает амплитуду начального пика импульсного отклика и общую амплитуду ответа системы.
- Увеличение T_1 увеличивает время, в течение которого система реагирует на импульс, сглаживая и затягивая отклик. Ответ будет менее резким, с меньшей амплитудой максимального значения и более длительным переходным процессом.
- Увеличение T_2 также увеличивает время реакции системы на импульс, затягивая отклик и делая его более плавным и сглаженным.

6. Колебательное звено

$$W(s) = \frac{K}{T_2^2 s^2 + 2T_1 s + 1}, T_1 < 2T_2$$

Ступенька:

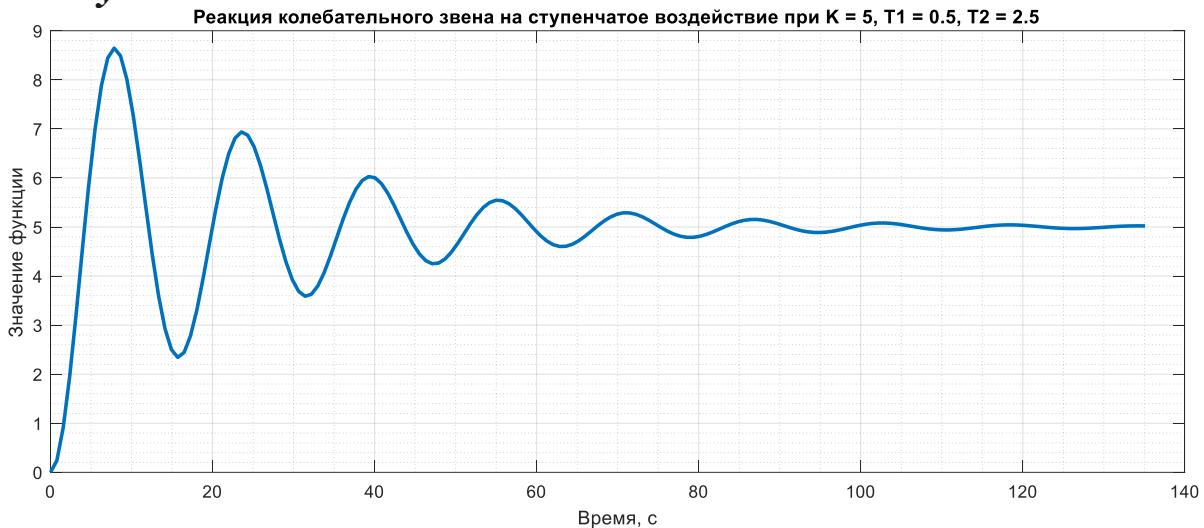


Рис. 17 Реакция колебательного звена на ступенчатое воздействие $K = 5, T_1 = 0.5, T_2 = 2.5$

Для колебательного звена при $T_1 < 2T_2$, ступенчатое воздействие приведет к колебаниям на выходе системы. Амплитуда колебаний будет постепенно затухать.

Вариация K, T_1, T_2 :

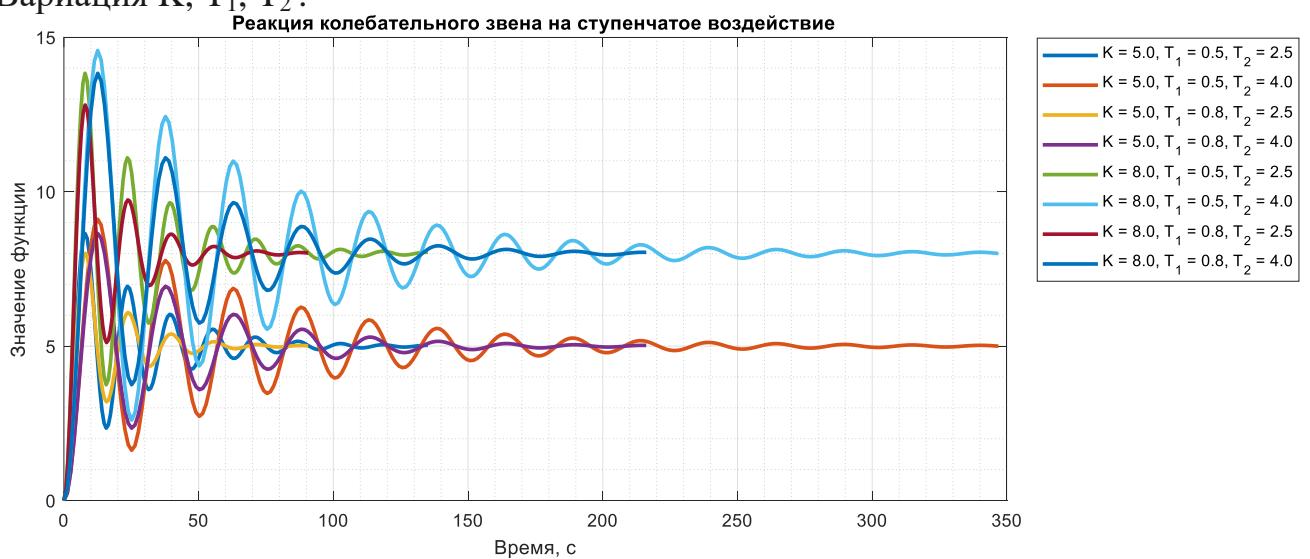


Рис. 18 Реакция колебательного звена на ступенчатое воздействие

- Увеличение K приводит к увеличению уровня установившегося выходного сигнала на ступенчатое входное воздействие.
- Увеличение T_1 увеличивает демпфирование системы, что приводит к уменьшению амплитуды колебаний и ускорению их затухания.
- Увеличение T_2 увеличивает как период колебаний, так и время установления системы.

Импульс:



Рис. 19 Реакция колебательного звена на импульсное воздействие при $K = 5$, $T_1 = 0.5$, $T_2 = 2.5$

При импульсном воздействии на колебательное звено система будет колебаться вокруг нуля. Это происходит потому, что импульсное воздействие (дельта-функция) мгновенно прикладывает энергию к системе, после чего воздействие прекращается, оставляя систему свободно колебаться.

Вариация K , T_1 , T_2 :

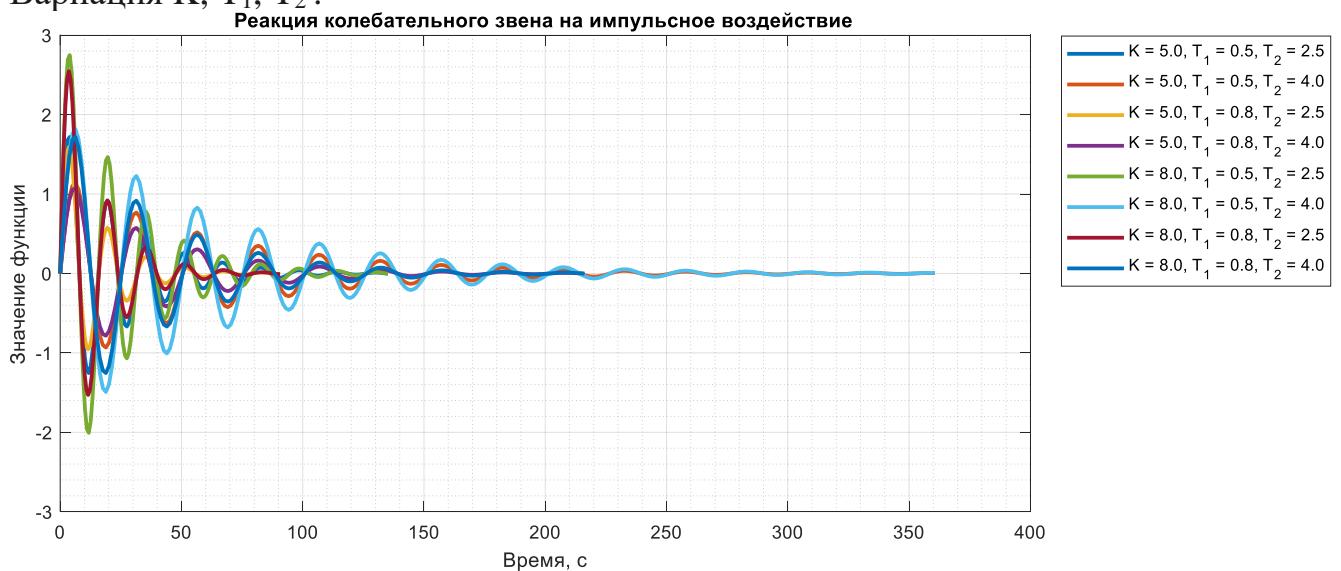


Рис. 20 Реакция колебательного звена на импульсное воздействие

- Большой K приводит к более высокой начальной амплитуде колебаний.
- Увеличение T_1 увеличивает демпфирование системы, что приводит к уменьшению амплитуды колебаний и ускорению их затухания.
- Большее значение T_2 приводит к более низкой частоте колебаний, и наоборот

7. Консервативное звено

$$W(s) = \frac{K}{Ts^2 + 1}$$

Ступенька:



Рис. 21 Реакция консервативного звена на ступенчатое воздействие при $K = 5, T = 2.5$

Выходной сигнал представляет незатухающие колебания из-за отсутствия демпфирующего звена. Система на границе устойчивости.

Колебания относительно К

Вариация К, Т :

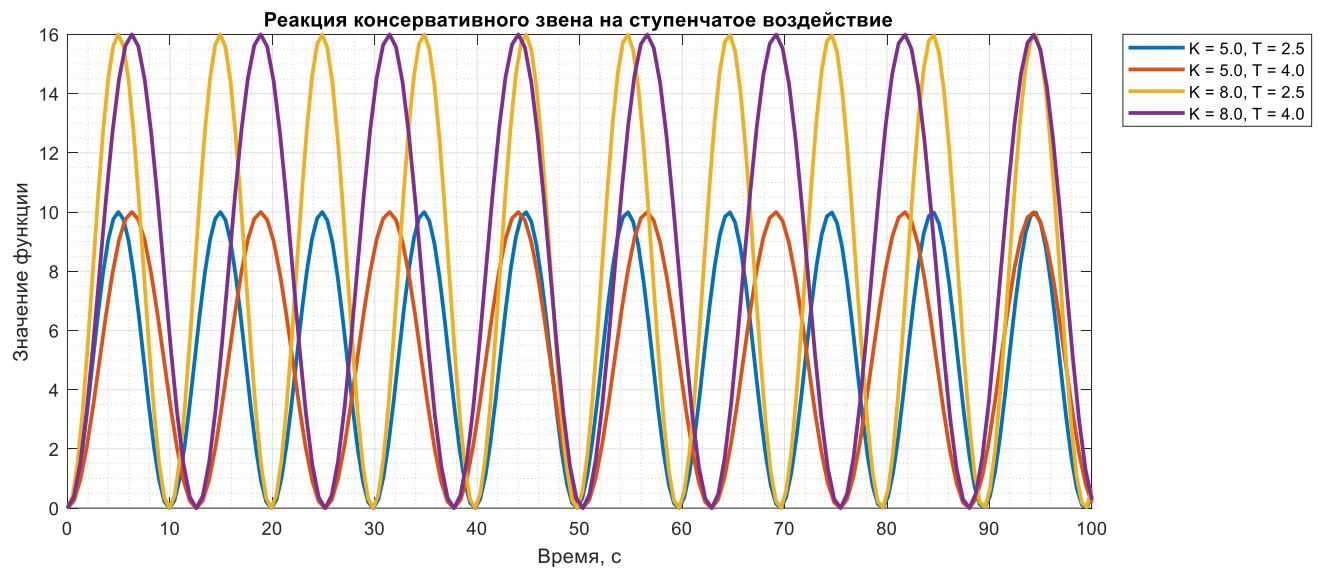


Рис. 22 Реакция консервативного звена на ступенчатое воздействие

- Увеличение К приведет к увеличению амплитуды выходного сигнала.
- Т влияет на частоту собственных колебаний системы. Увеличение Т приводит к уменьшению частоты колебаний.

Импульс:

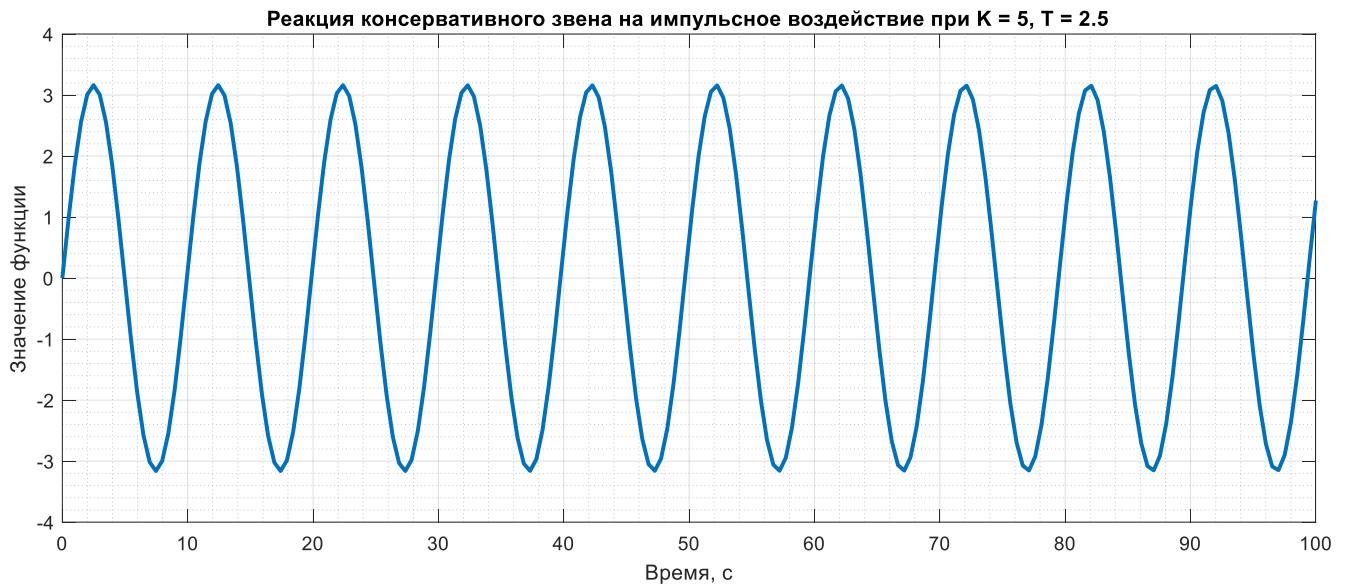


Рис. 23 Реакция консервативного звена на импульсное воздействие при $K = 5$, $T = 2.5$

Выходной сигнал представляет незатухающие колебания из-за отсутствия демпфирующего звена. Система на границе устойчивости.

Колебания относительно 0

Вариация K , T :

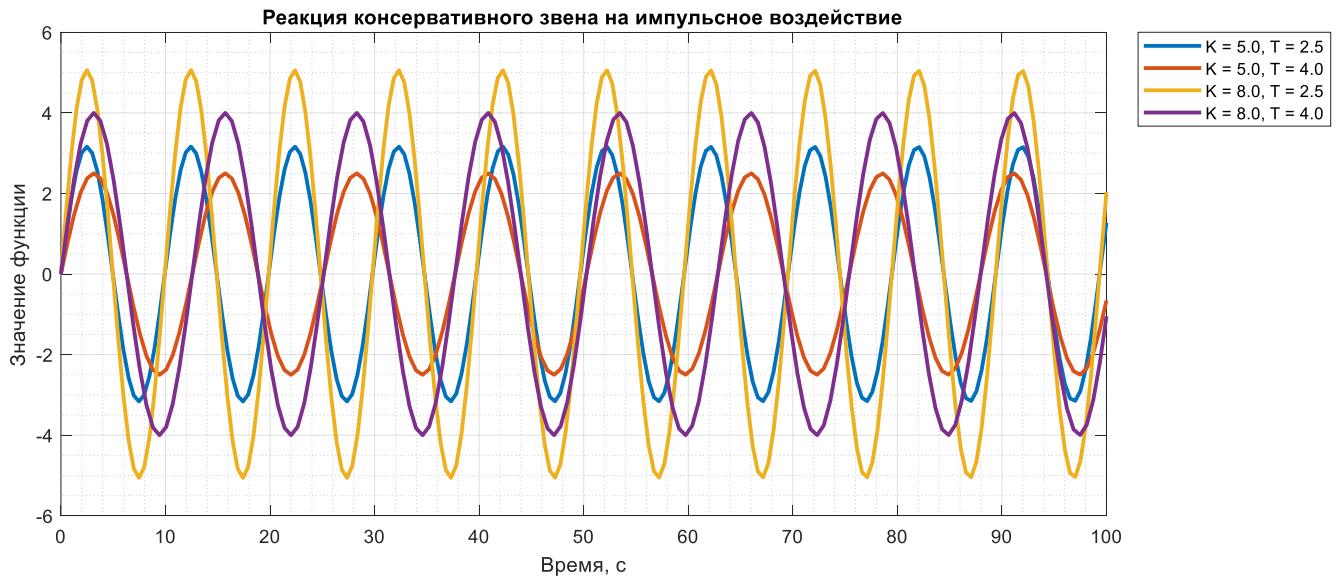


Рис. 24 Реакция консервативного звена на импульсное воздействие

- Параметр K влияет на амплитуду колебаний. Увеличение K приводит к увеличению амплитуды колебаний выходного сигнала.
- T влияет на частоту собственных колебаний системы. Увеличение T приводит к уменьшению частоты колебаний.

8. Интегрирующее с запаздыванием звено (реальное интегрирующее)

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

Ступенька:

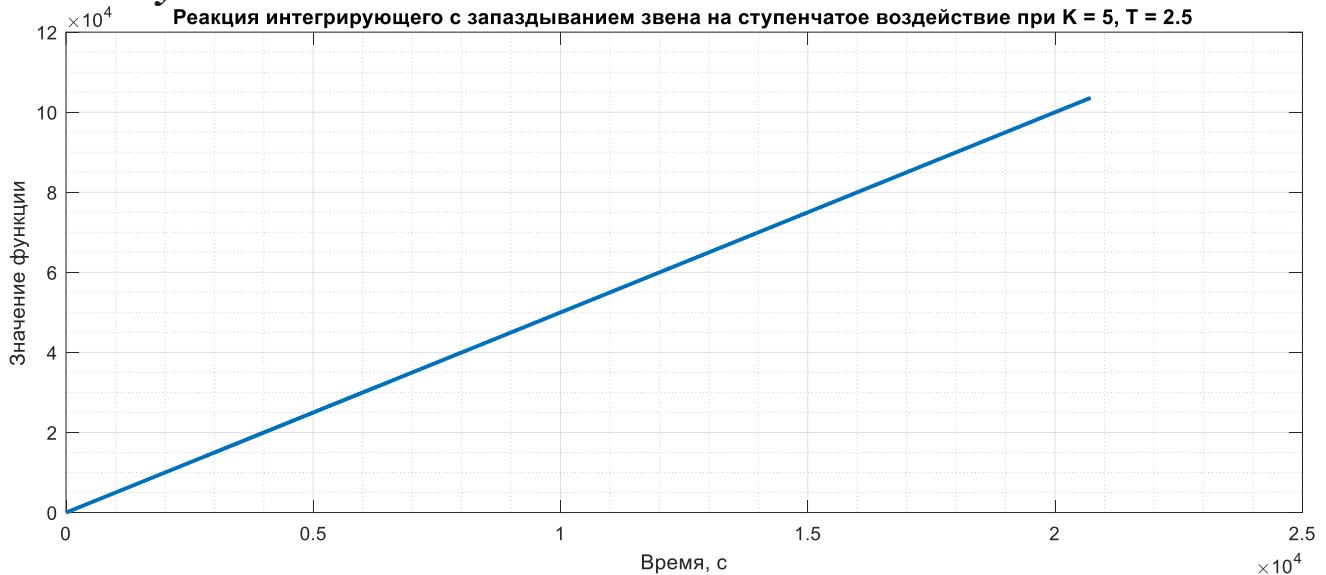


Рис. 25 Реакция интегрирующего с запаздыванием звена на ступеньку $K = 5, T = 2.5$

Выходной сигнал начинает нарастать с задержкой. После начального запаздывания он асимптотически стремится к линейному нарастанию, но из-за фактора T этот рост будет медленнее и плавнее по сравнению с чистым интегратором.

Вариация K, T :

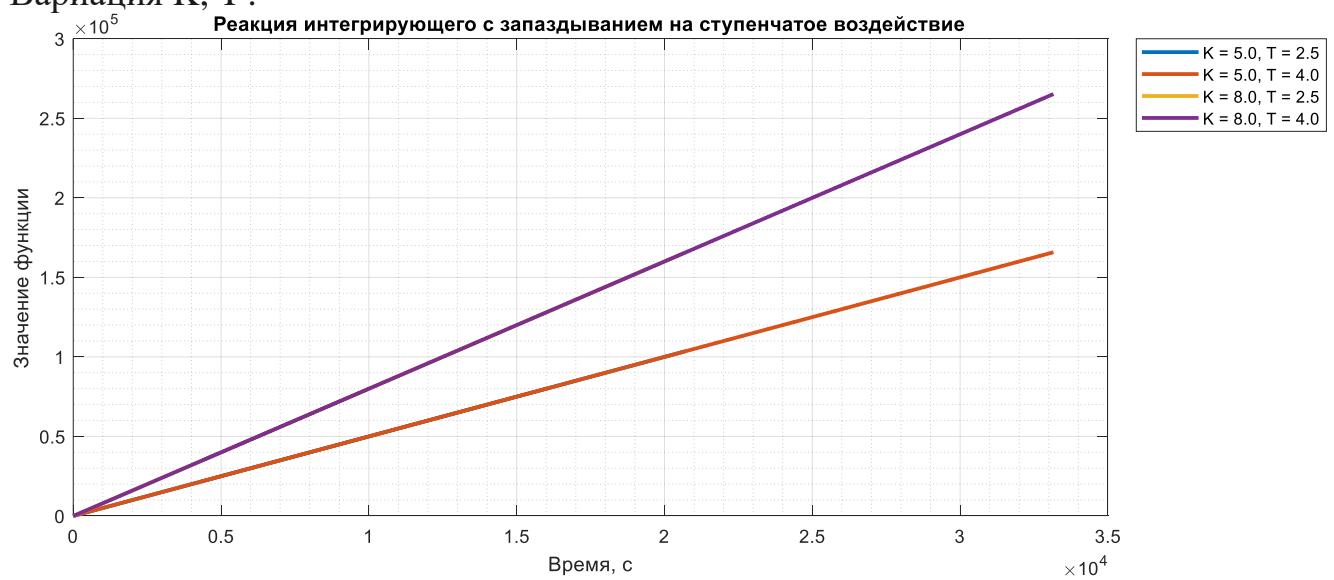


Рис. 26 Реакция интегрирующего с запаздыванием на ступенчатое воздействие

- K влияет на наклон выходной прямой.
- Параметр T не влияет на форму ступенчатого отклика.

Импульс:

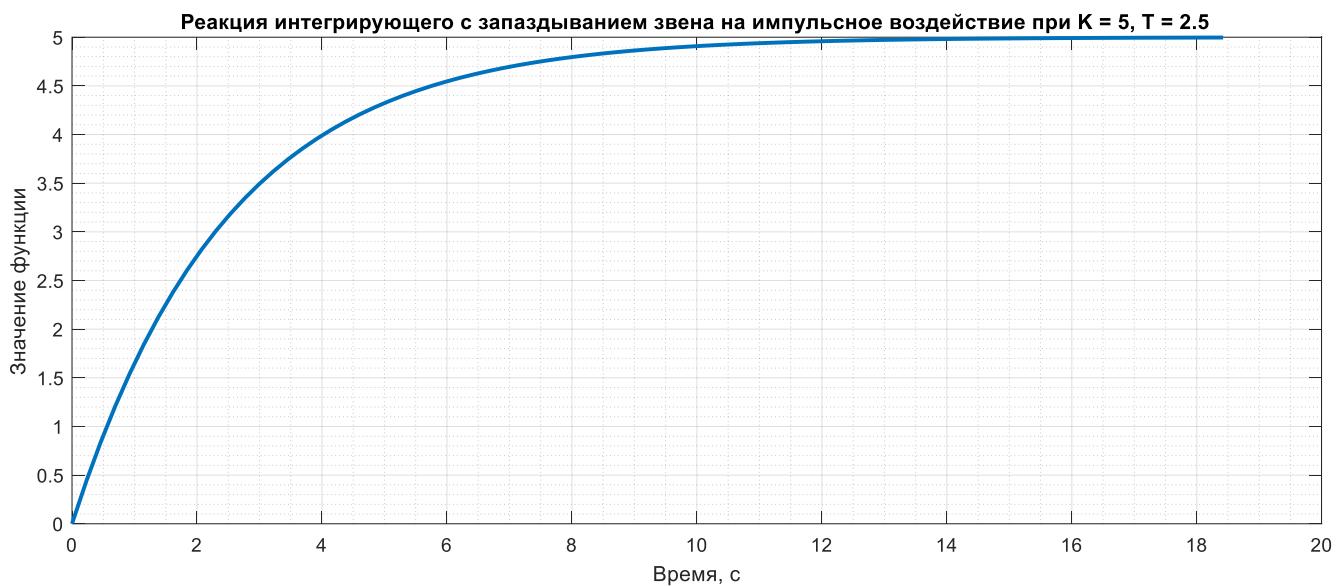


Рис. 27 Реакция интегрирующего с запаздыванием звена на импульсное воздействие при $K = 5$, $T = 2.5$

Выходной сигнал начнет расти сразу же после подачи импульса, но с некоторой задержкой из-за наличия параметра времени T , который определяет запаздывание системы.

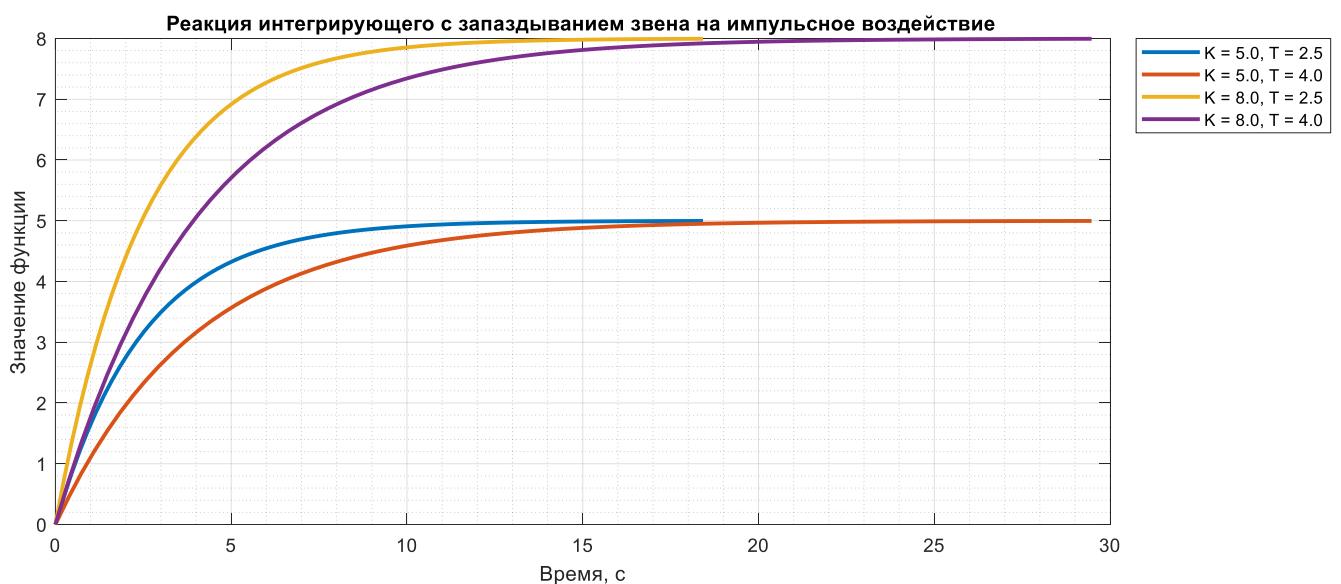


Рис. 28 Реакция интегрирующего с запаздыванием звена на импульсное воздействие

- Увеличение K увеличит амплитуду начального пика импульсного отклика и общую амплитуду ответа системы
- Увеличение T приведет к медленному нарастанию выходного сигнала после начального пика. Это означает, что время, необходимое для интегрирования входного импульса, увеличится.

9. Дифференцирующее с запаздыванием звено (реальное дифференцирующее)

$$W(s) = \frac{Ks}{Ts + 1}$$

Ступенька:

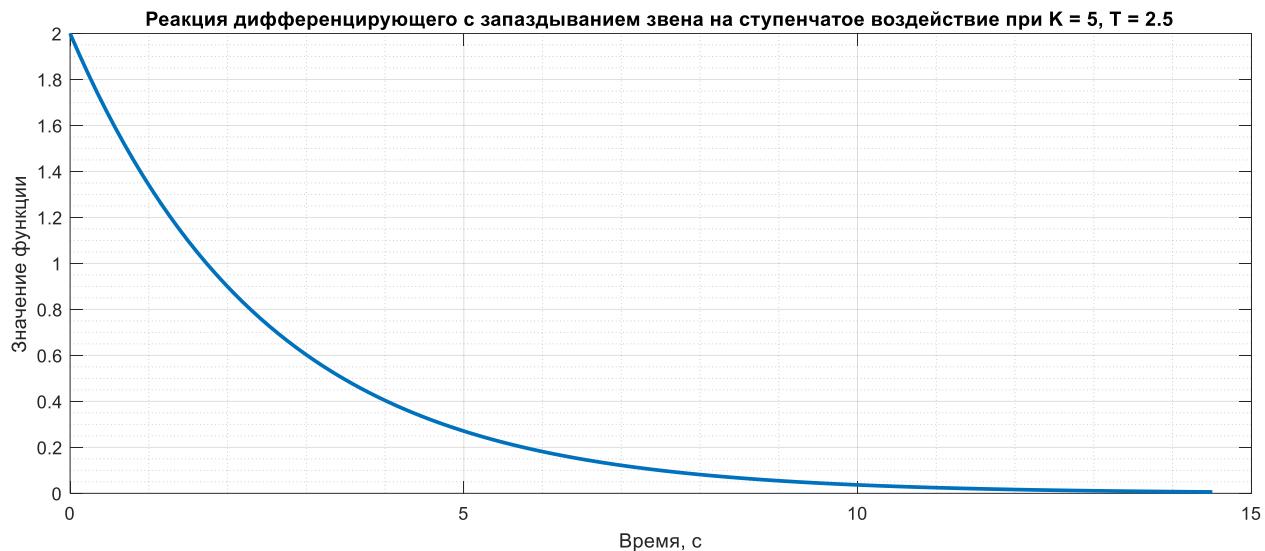


Рис. 29 Реакция дифференцирующего с запаздыванием звена на ступеньку $K = 5, T = 2.5$

При подаче ступенчатого входного сигнала на дифференцирующее звено с запаздыванием реакция системы будет включать:

Начальный пик, обусловленный дифференцирующим свойством звена, поскольку дифференцирование скачка дает импульс (дельта-функцию).

Экспоненциальное затухание.

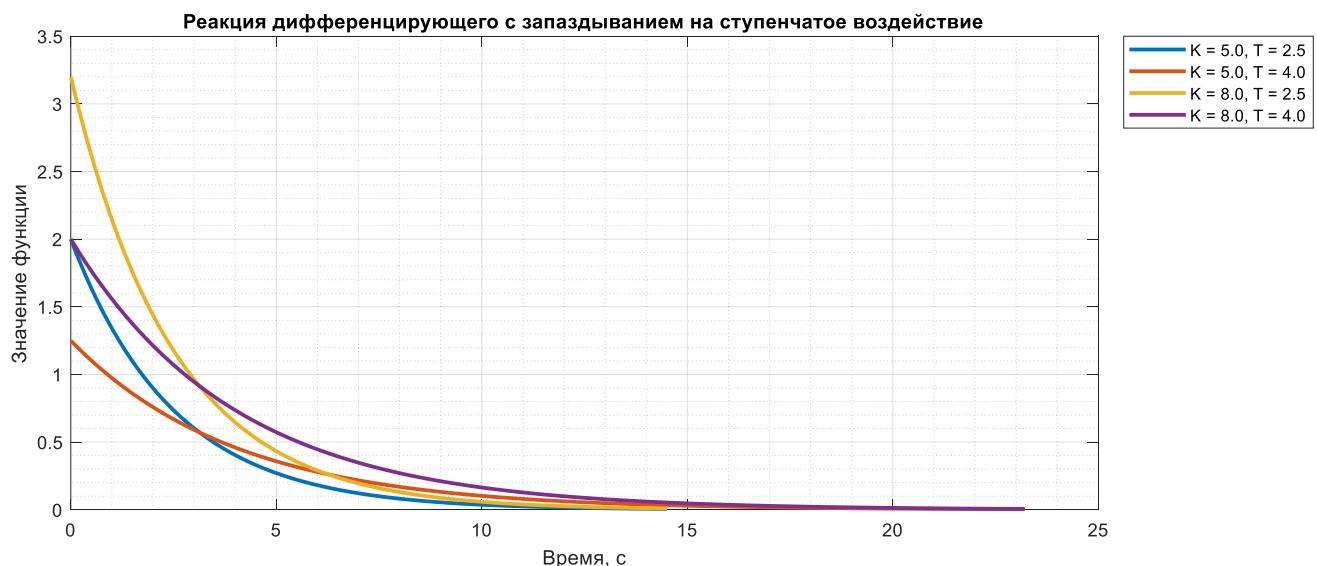


Рис. 30 Реакция дифференцирующего с запаздыванием звена на ступеньку

- K влияет на начальный пик
- T влияет на время затухания

Импульс:

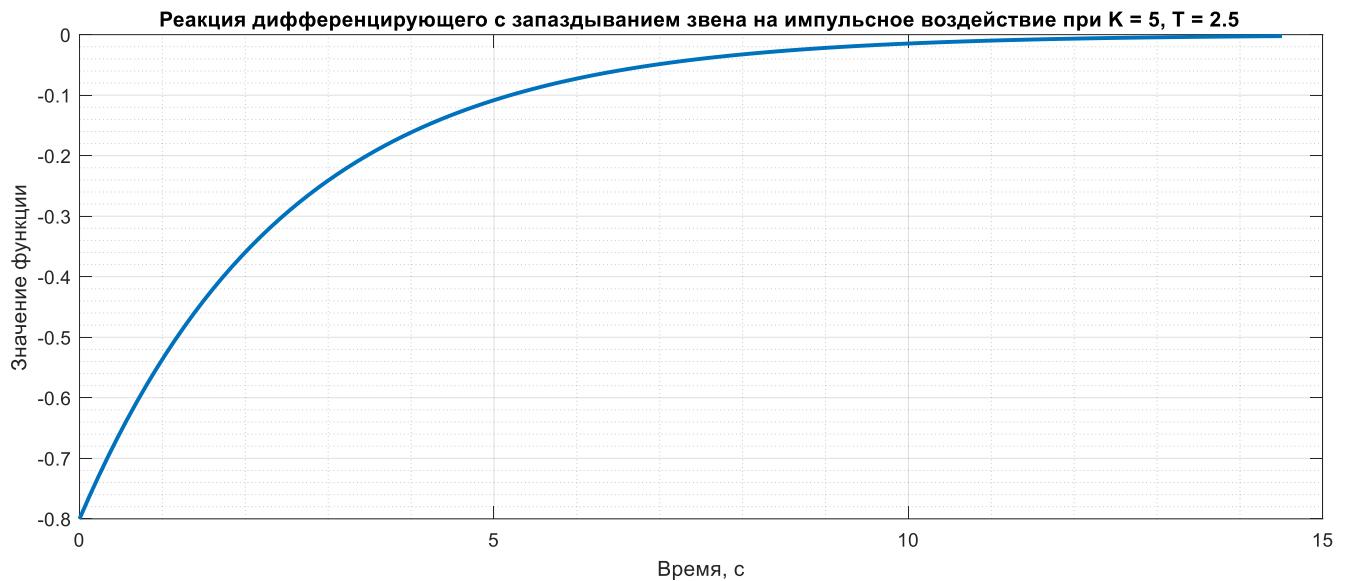


Рис. 31 Реакция дифференцирующего с запаздыванием звена на импульс $K = 5$, $T = 2.5$

Выходной сигнал имеет отрицательный начальный пик, который стремится к 0 со временем.



Рис. 32 Реакция дифференцирующего с запаздыванием звена на импульсное воздействие

- К влияет на начальный пик
- Т влияет на время затухания

10. Форсирующее звено

$$W(s) = K(Ts + 1)$$

Аналогично дифференцирующему звену!

11. Изодромное звено

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

Ступенька:

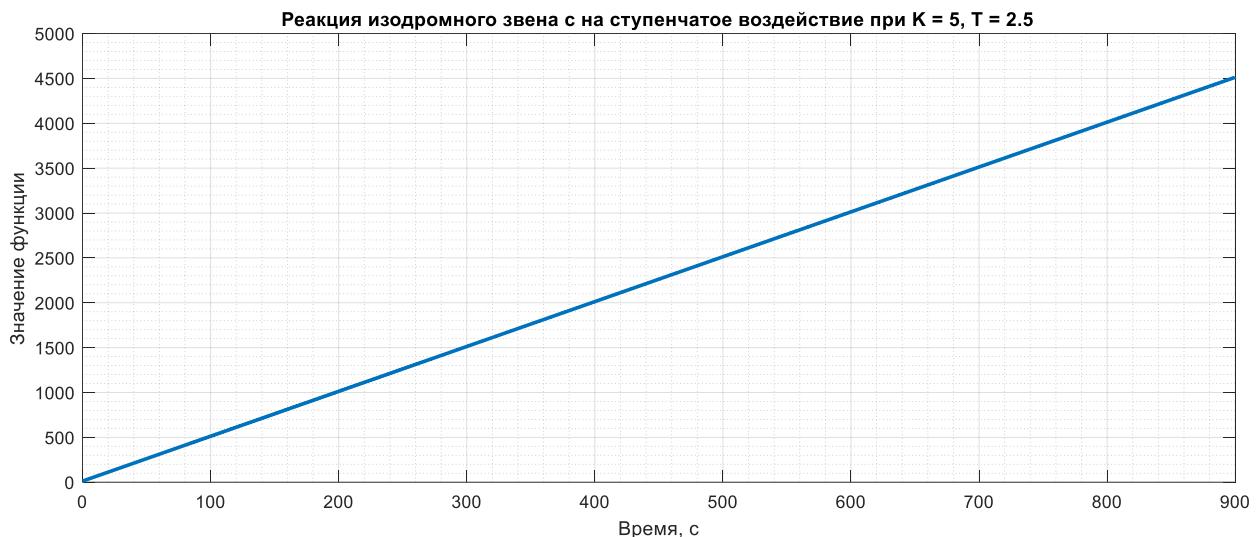


Рис. 33 Реакция изодромного звена с на ступенчатое воздействие при $K = 5, T = 2.5$

При подаче ступенчатого воздействия, изодромное звено интегрирует ступенчатый сигнал, что приводит к линейному возрастанию выходного сигнала со временем, но начало этого возрастания сглажено за счет апериодической составляющей, что может вызвать небольшую задержку перед началом роста

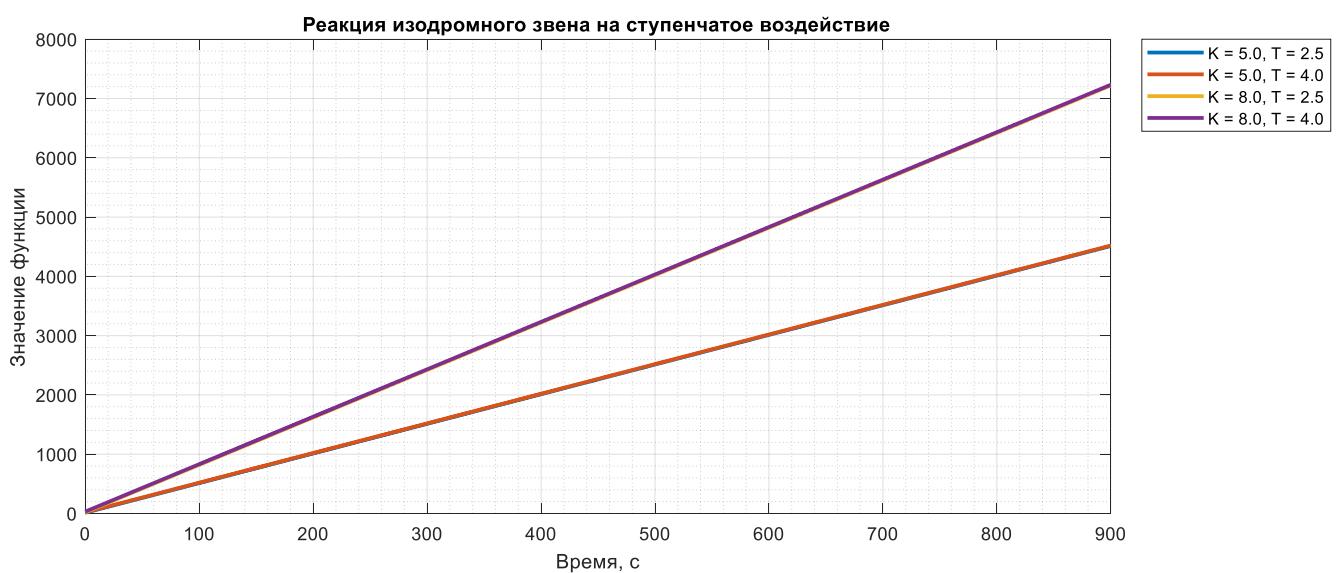


Рис. 34 Реакция изодромного звена с на ступенчатое воздействие

- К влияет на наклон
- Т не меняет вид выходного сигнала

Импульс:



Рис. 35 Реакция изодромного звена с на импульсное воздействие при $K = 5$, $T = 2.5$

Если подать на вход изодромного звена импульс, то входной импульс будет проинтегрирован, а затем апериодическая составляющая звена уравновесит проинтегрированный импульс, создавая выходной сигнал, который стабилизируется на уровне K



Рис. 36 Реакция изодромного звена с на импульсное воздействие при

- K влияет на уровень выходной линии
- T не меняет вид выходного сигнала