

# Динамические системы

Общие понятия.

Безинерционное звено

Интегрирующее звено

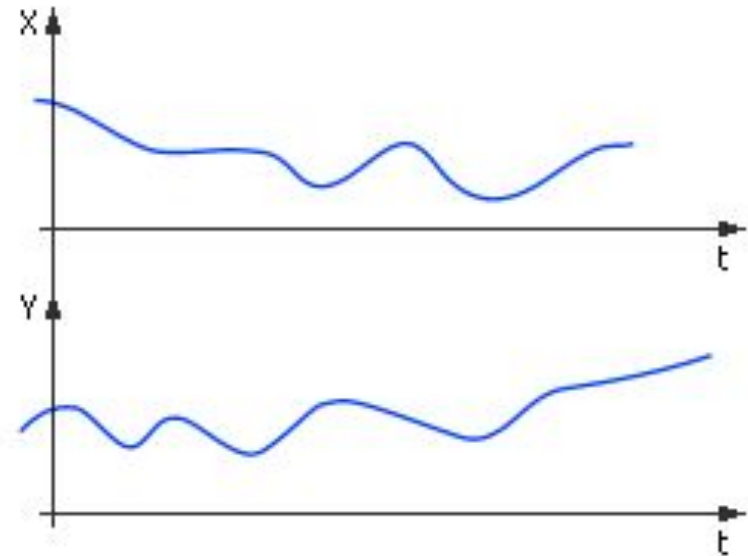
Инерционное звено первого порядка

Дифференцирующее звено

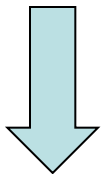


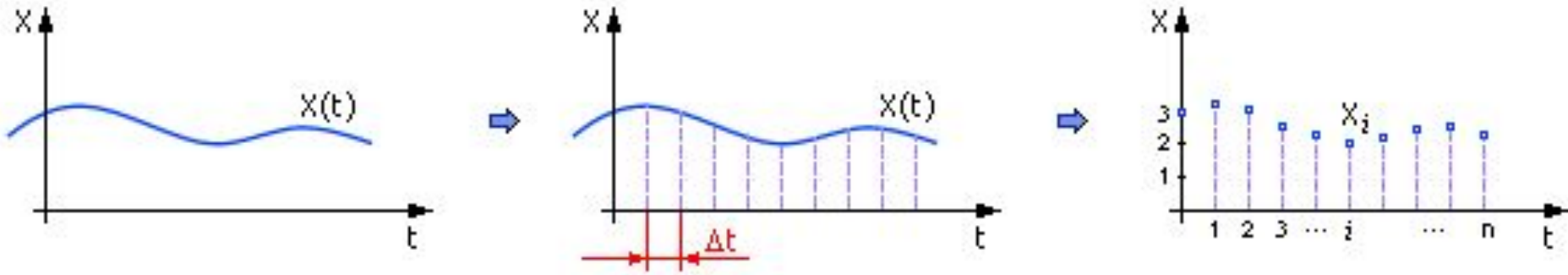
# Общие понятия динамических систем

Если каждый раз значение на выходе, при одном и том же входном значении, разное, то есть зависит от того, в какой последовательности подавались входные значения, то мы имеем дело с **динамической системой**.



Поскольку моделирование систем подразумевает численные расчеты на компьютере, то аналоговый сигнал переводят в дискретный вид. Для этого с определенной частотой исходный сигнал **дискретизируют**





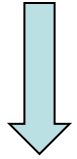
### Табличное представление временного сигнала

$i$	0	1	2	3	...	$i$	...	$n$
$t$	0	0.1	0.2	0.3	...	$\Delta t \cdot i$	...	$\Delta t \cdot n$
$x_i$	3	3.2	3.1	2.6	...	$x_i$	...	$x_n$

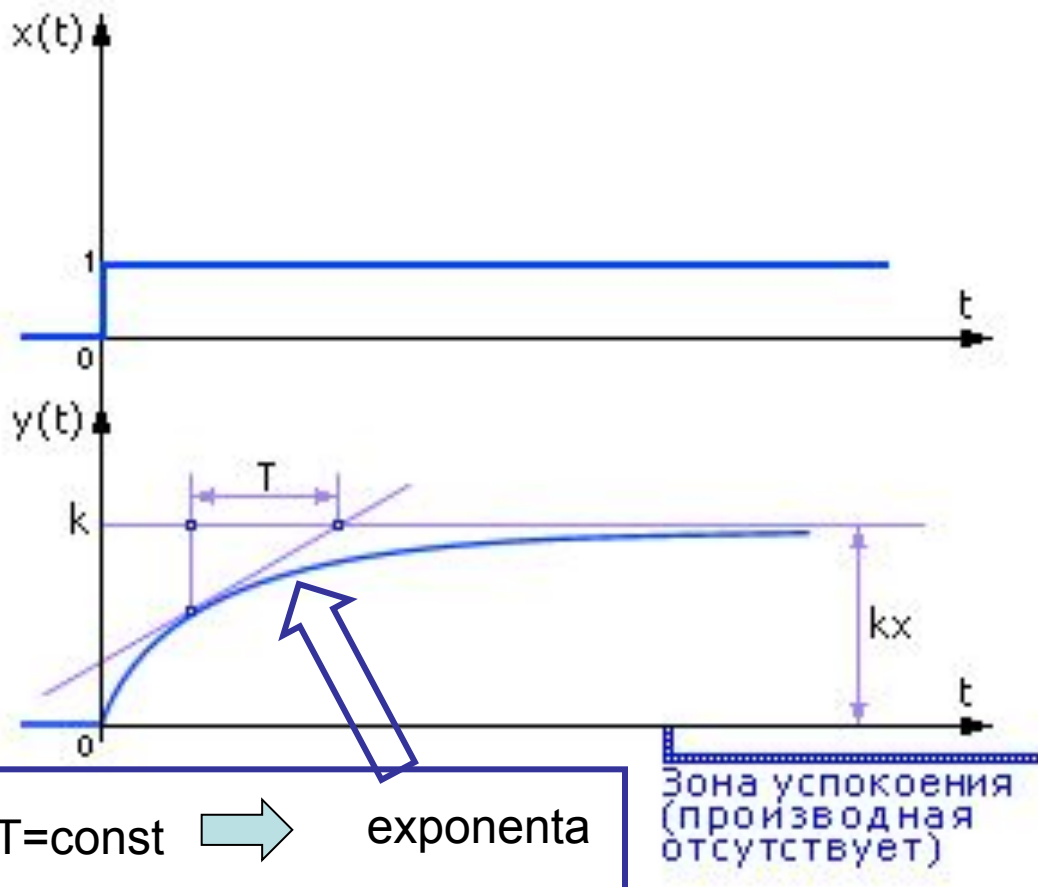
Совокупность значений переменной в таблице, упорядоченных во времени, часто называют **динамическим рядом**.

Естественно, часть информации при такой операции теряется. Чем **меньше расстояние** между отсчетами, чем **больше частота дискретизации**, тем **меньше потери информации**.

**Частоту дискретизации** принимают такой, чтобы **не потерять высокочастотные составляющие в сигнале, отдельные пики**



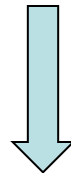
Любая динамическая система характеризуется рядом параметров. Обычно (чаще всего) параметрами называют коэффициенты при производных (первой, второй и т. д.) в записи модели. Чем большая степень старшей производной присутствует в записи модели, тем больший порядок динамической системы, тем глубже ее память, и тем больше коэффициентов (параметров) надо определить, чтобы идентифицировать систему.

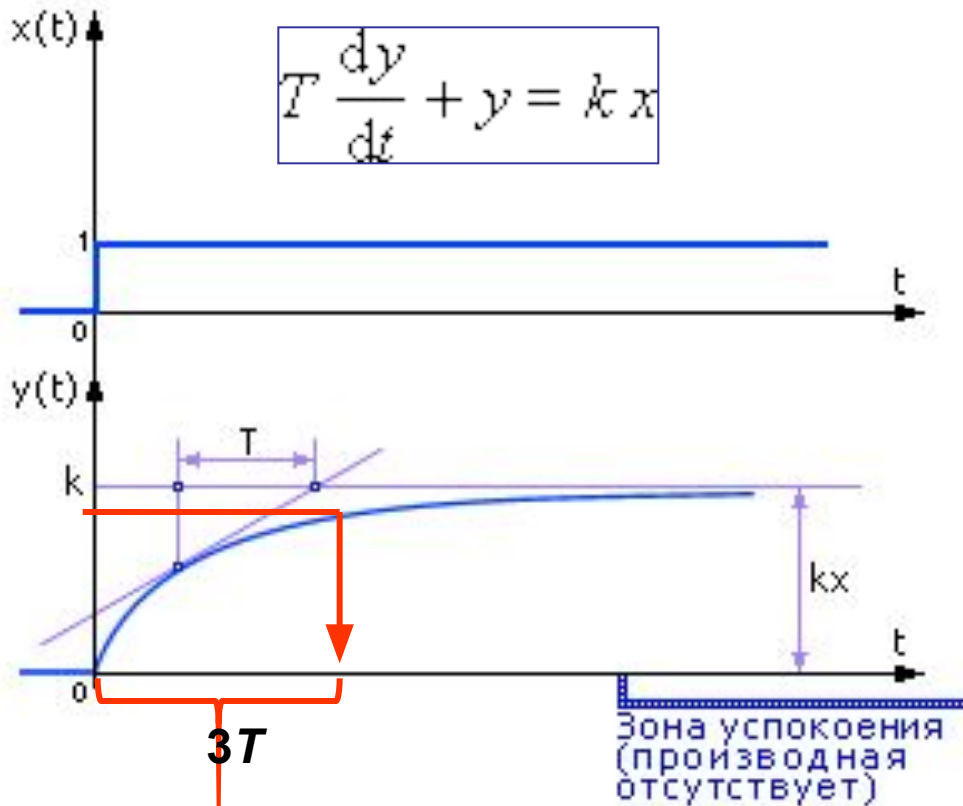


Для определения параметров системы на вход системы, до этого находившейся в нулевых начальных условиях, подадим единичный сигнал  $X(t)$

Если на выходе будет наблюдаться экспоненциальный сигнал, то система будет называться системой первого порядка (или звеном первого порядка).

$$T \frac{dy}{dt} + y = kx$$





У такой системы два параметра —  $T$  и  $k$ .  
 $T$  характеризует инерционность системы (память)  
 Коэффициент  $k$  характеризует способность системы к усилению (при  $k < 1$  — к ослаблению)

Определить  $T$ , используя график, можно еще так. Проведите линию, параллельную оси  $t$  на уровне  $0.95k$ . Из точки, где эта линия пересечет экспоненту, опустите перпендикуляр на ось  $t$ . Отрезок от 0 до точки пересечения перпендикуляра с осью  $t$  будет равен  $3T$ .  
 Чтобы определить коэффициент  $k$  на графике, достаточно дождаться успокоения сигнала на выходе системы и вычислить отношение уровня выходного сигнала к уровню входного.

# Безынерционное (пропорциональное, усилительное) звено

Это звено, для которого в любой момент времени **выходная величина пропорциональна входной**.

$$y(t) = ku(t).$$

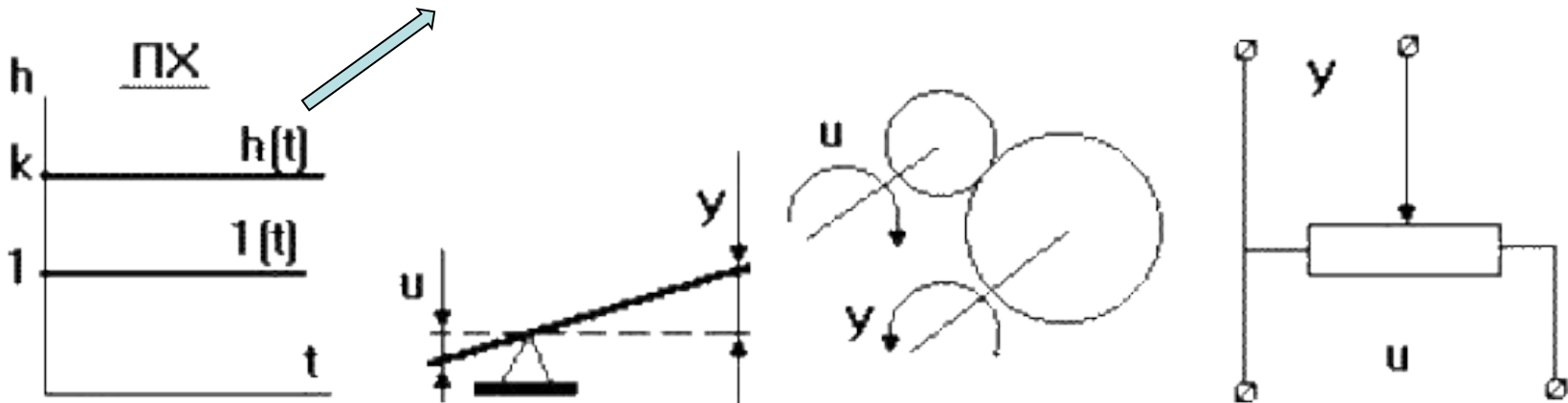


Рис. 43

В ответ на единичное ступенчатое воздействие сигнал на выходе мгновенно достигает величины в  $k$  раз большей, чем на входе и сохраняет это значение. При  $k = 1$  звено никак себя не проявляет, а при  $k = -1$  - инвертирует входной сигнал.

# Интегрирующее (астатическое) звено

При появлении на входе единичного неизменяющегося сигнала выходной сигнал постоянно растет во времени до определенного значения

$$y(t) = k \int_0^t u(t) dt$$

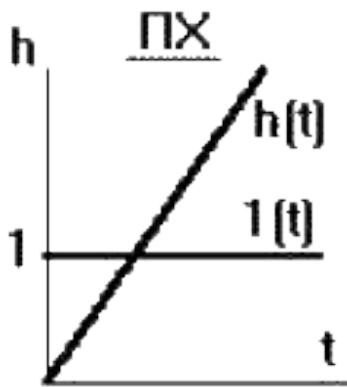
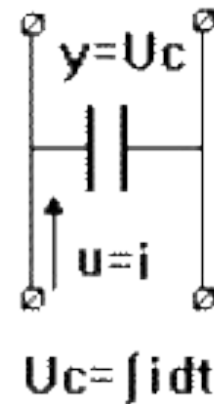
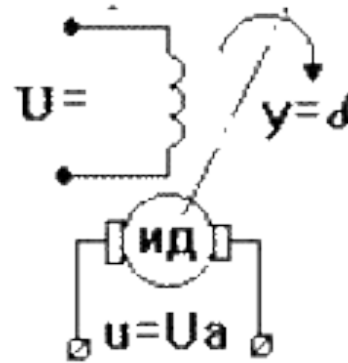
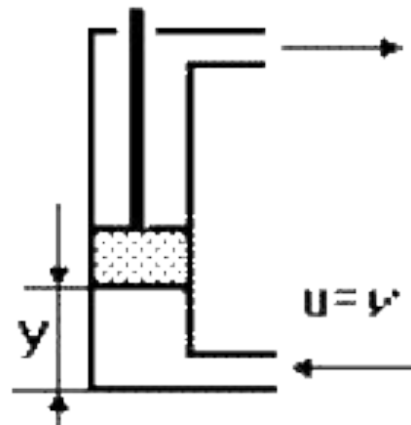


Рис. 44



Скорость нарастания выходного сигнала прямопропорционально зависит от коэффициента усиления

# Инерционное звено первого порядка (апериодическое)

$$T \frac{dy}{dt} + y = ku$$

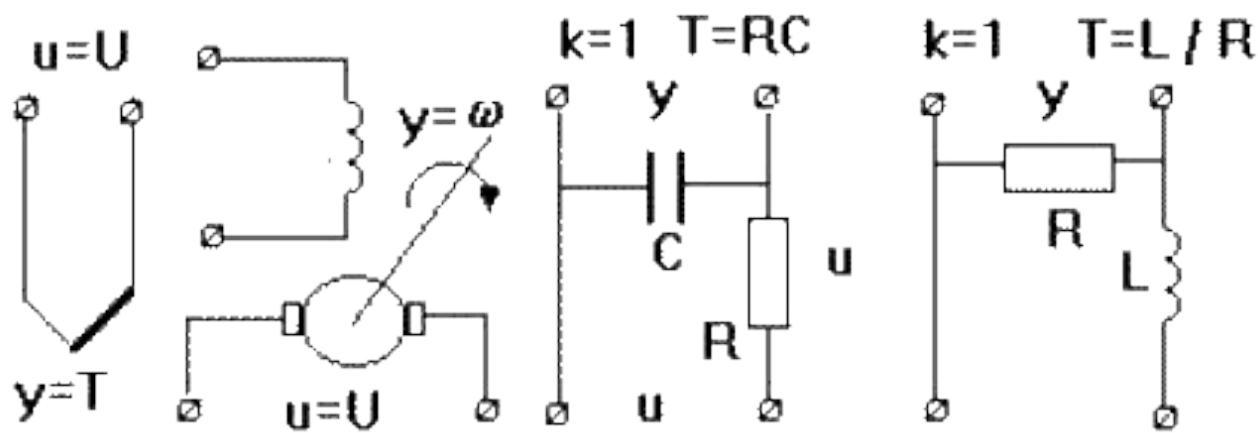
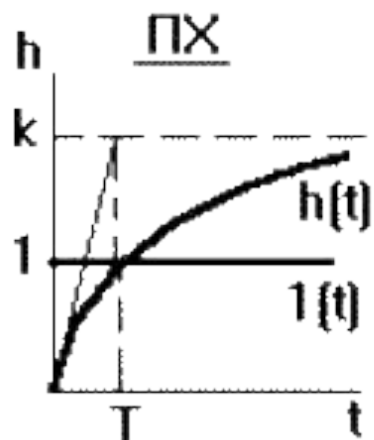


Рис. 45

Переходная характеристика имеет вид экспоненты, по которой можно определить передаточный коэффициент  $k$ , равный установившемуся значению  $h(t)$ , и постоянную времени  $T$ . При достаточно больших  $T$  звено на начальном участке может рассматриваться как интегрирующее, при малых  $T$  звено приближенно можно рассматривать как безынерционное.



# Дифференцирующее звено

$$Y(t) = k \frac{du}{dt}$$

Уравнение динамики идеального звена

$$T \frac{dy}{dt} + y = kT \frac{dU}{dt}$$

Идеальное дифференцирующее звено реализовать невозможно, так как величина всплеска выходной величины при подаче на вход единичного ступенчатого воздействия всегда ограничена

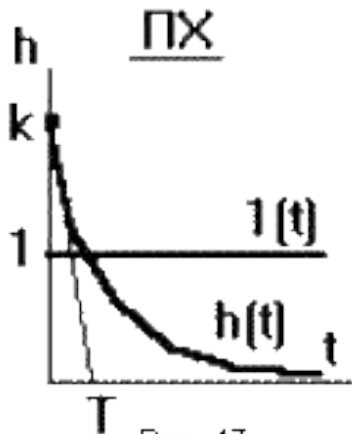
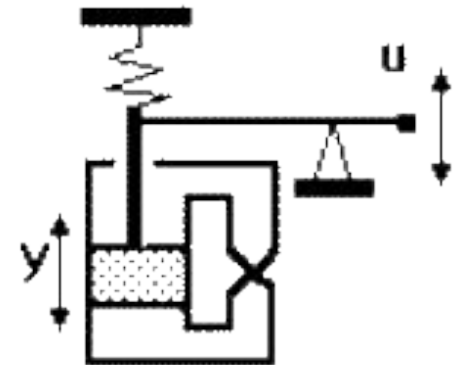
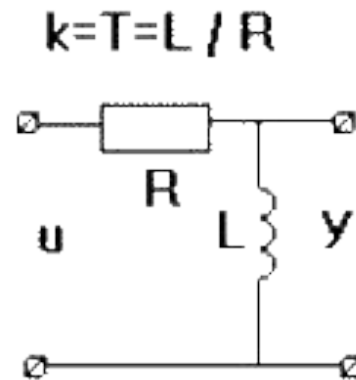
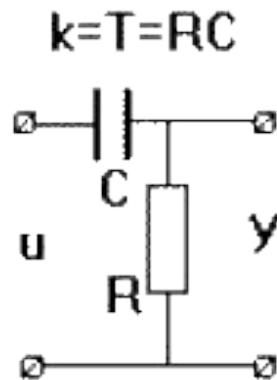


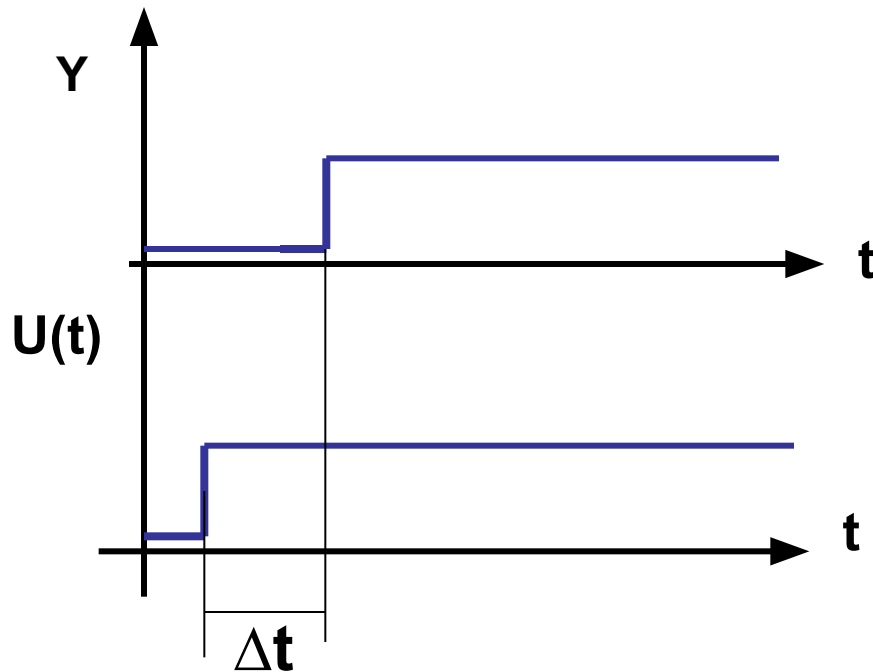
Рис. 47



При подаче на вход единичного ступенчатого воздействия выходная величина оказывается ограничена по величине и растянута во времени. По переходной характеристике, имеющей вид экспоненты, можно определить передаточный коэффициент  $k$  и постоянную времени  $T$ .

# Звено задержки

Звено задержки (запаздывания) это такое звено у которого выходной сигнал появляется с задержкой относительно входного и мгновенно достигает заданной величины



$$Y = k * u(t + \Delta t)$$

где,  $k$  – коэффициент усиления,  
 $\Delta t$  – время задержки

При  $k=1$  звено является классическим звеном задержки.  
При  $k>1$  или  $k<1$  звено работает как пропорциональное звено задержки.  
При  $k<0$  выходной сигнал инвертирован.