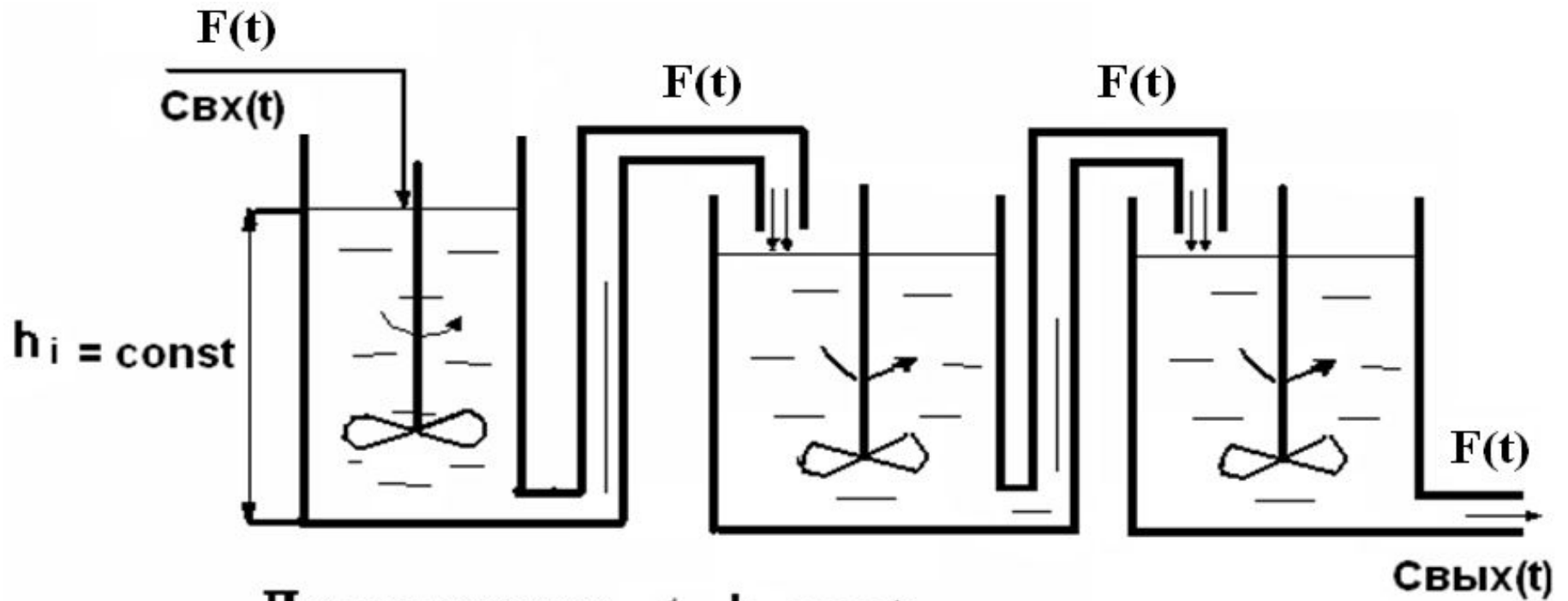


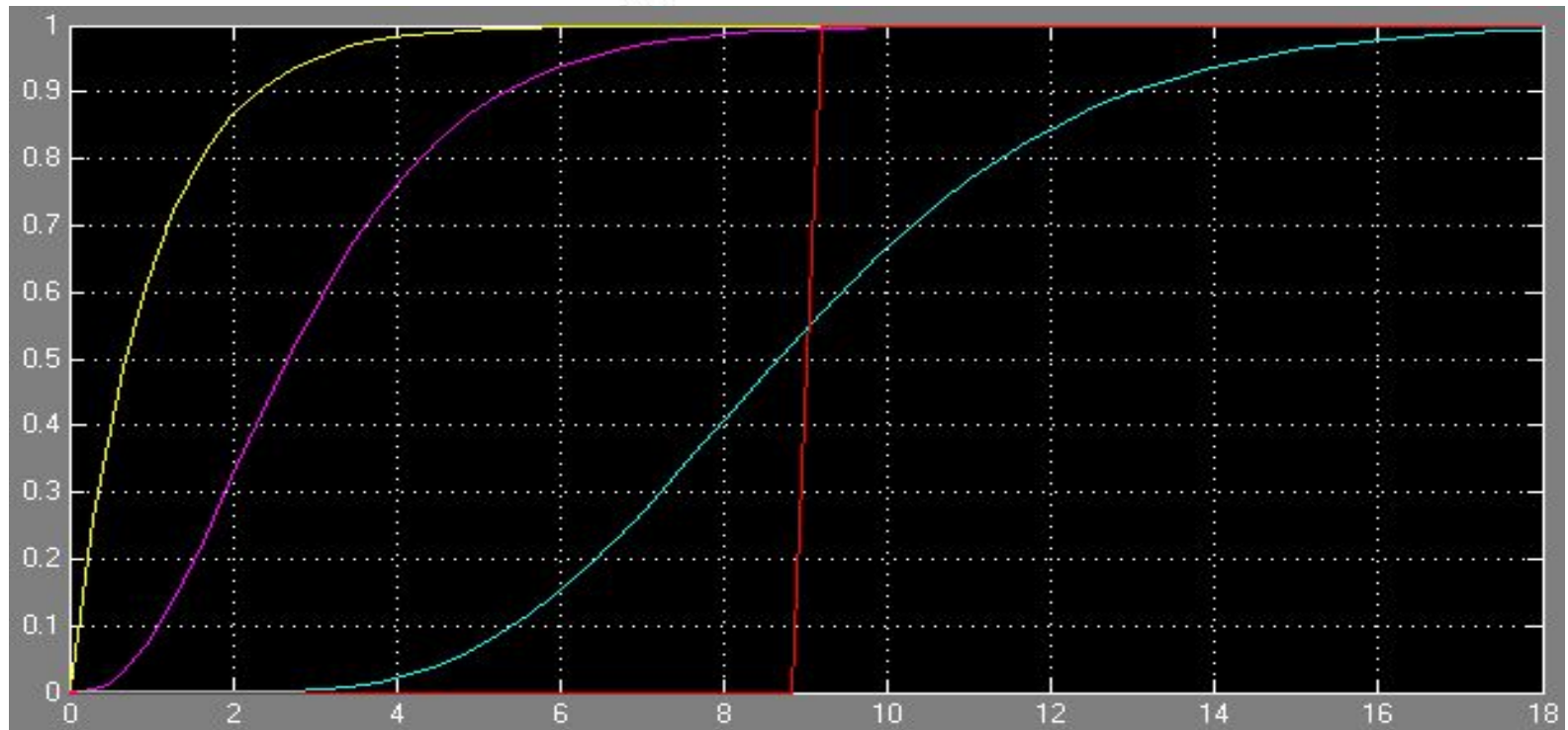
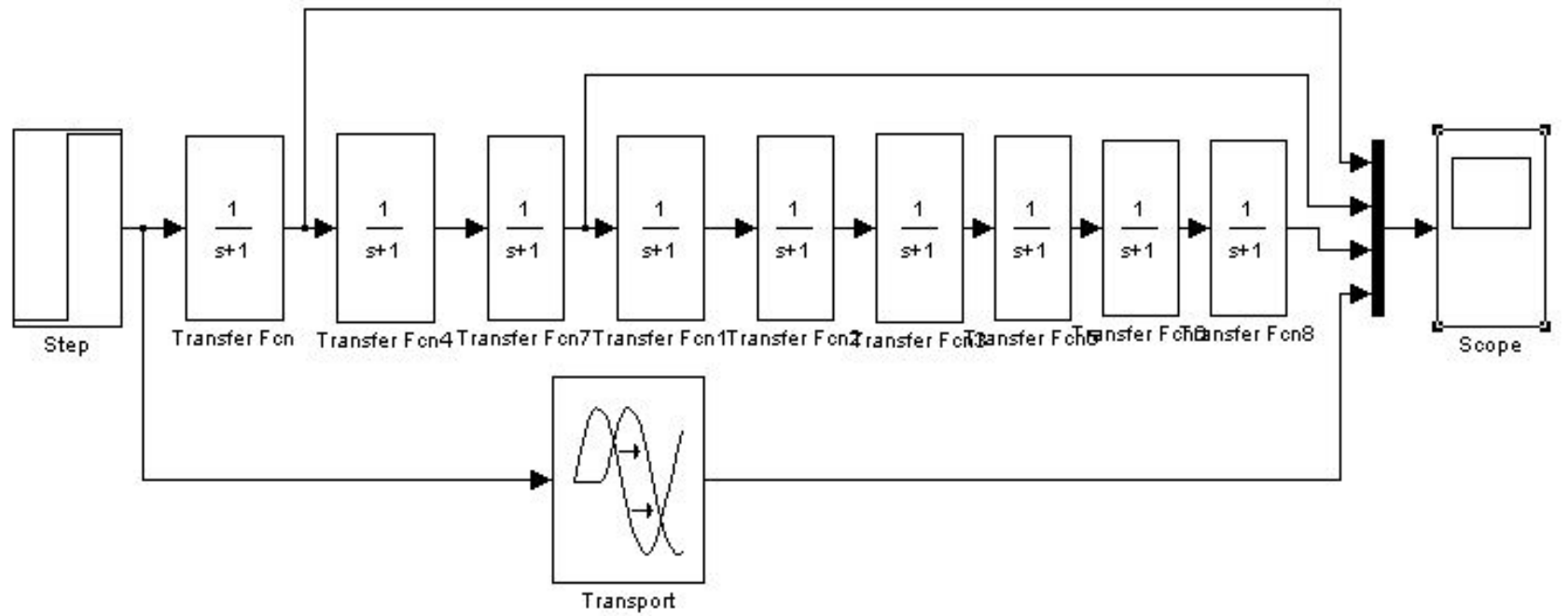
## ЯЧЕЕЧНАЯ МОДЕЛЬ



**Предположения:** 1.  $h_i = \text{const}$ ;

2. в каждой емкости идеальное перемешивание

$$W(S) = \frac{1}{T_1 \cdot S + 1} \cdot \frac{1}{T_2 \cdot S + 1} \cdots \frac{1}{T_n \cdot S + 1}, \text{ где } T_i = \frac{V_i}{G(t)}.$$



## Задача на модель идеального мгновенного перемешивания

$d=2$  М;  $h=2,5$  М;  $C_{\text{емк}}(0)=0,3$ ;  $G_{\text{кисл}}=0,06$  М<sup>3</sup>/С;  $G_{\text{вод}}=0,04$  М<sup>3</sup>/С;  
 $R_{\text{кис}}=1,9$  Т/М<sup>3</sup>;  $S_{\text{кис}}=0,9$ . Чему равна концентрация через 2 мин?

$$W(S) = \frac{1}{T \cdot S + 1}, \quad \text{где } T = \frac{V_{\text{ЕМК}}}{G_{\text{КИС}} + G_{\text{ВОД}}} = \frac{3,14 \cdot 2^2 / 4 \cdot 2,5}{0,06 + 0,04} = 78,5$$

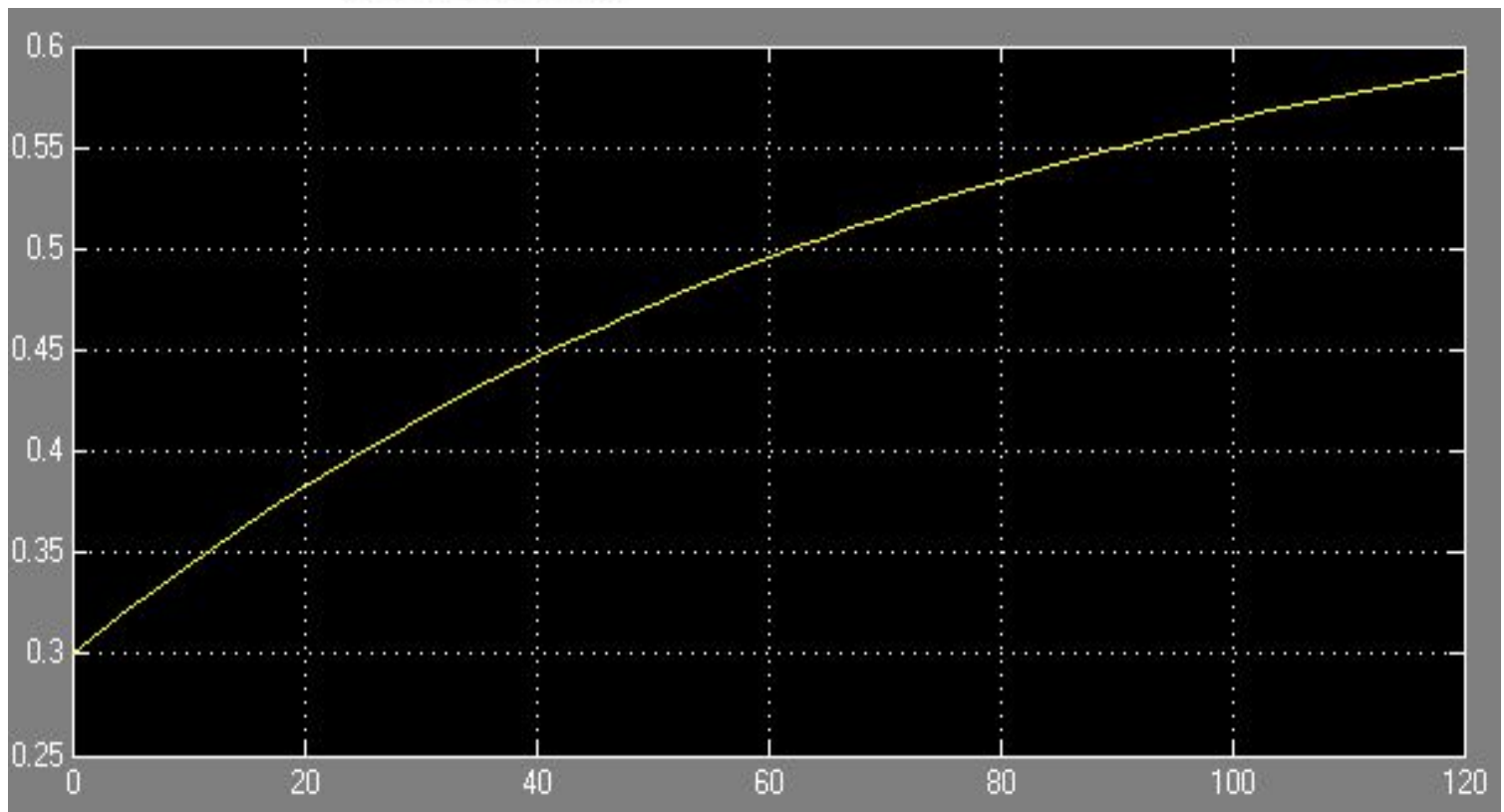
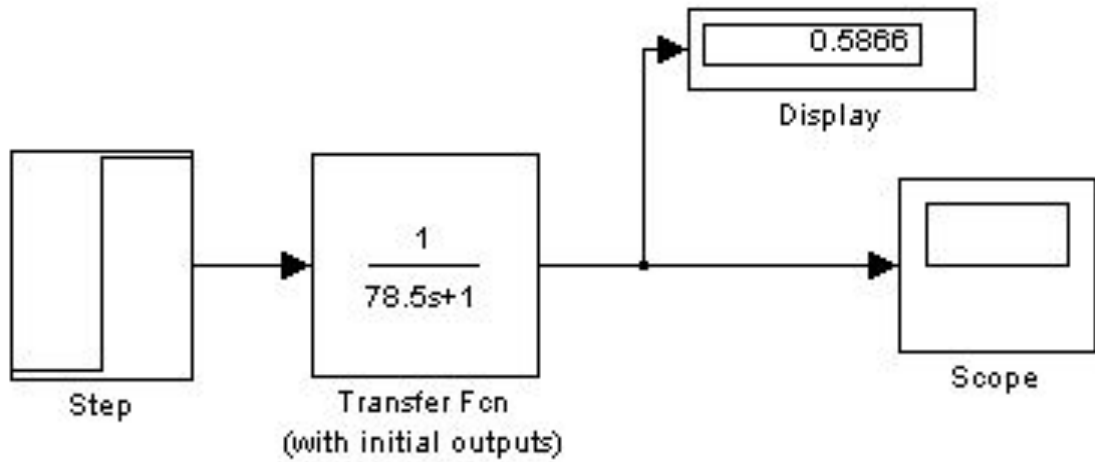
$$y(t) = y_{\text{ЧАС}}(t) + y_{\text{ОБЩ}}(t);$$

$$y_{\text{ЧАС}}(t) = \frac{G_{\text{КИС}} \cdot R_{\text{КИС}} \cdot C_{\text{КИС}}}{G_{\text{КИС}} \cdot R_{\text{КИС}} + G_{\text{ВОД}}} = \frac{0,06 \cdot 1,9 \cdot 0,9}{0,06 \cdot 1,9 + 0,04} = 0,666$$

$$78,5 \cdot S + 1 = 0, \quad S = -0,0127; \quad y_{\text{ОБЩ}}(t) = A \cdot e^{-0,0127t};$$

$$y(t) = 0,666 + A \cdot e^{-0,0127t}; \quad y(0) = 0,666 + A = 0,3; \quad A = -0,366;$$

$$y(t) = 0,666 - 0,366 \cdot e^{-0,0127t}; \quad y(120) = 0,586$$

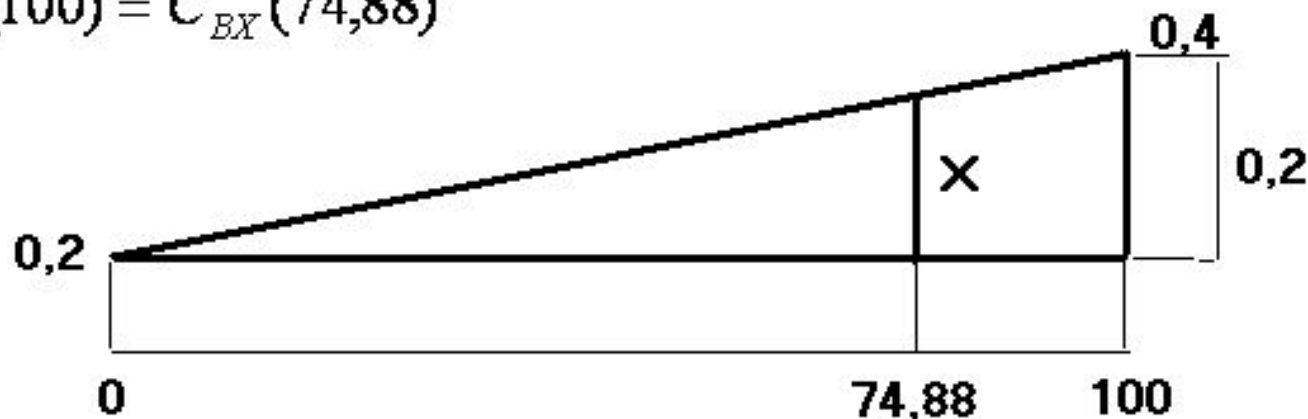


## ЗАДАЧА НА МОДЕЛЬ ПОРШНЕВОГО ВЫТЕСНЕНИЯ

$d=0,2$  М;  $L=20$  М;  $G=0,025$  М<sup>3</sup>/С;  $C_{ВХ}(0)=0,2$ ;  $C_{ВХ}(100)=0,4$ ;  
 $C_{ВЫХ}(100)=?$ .

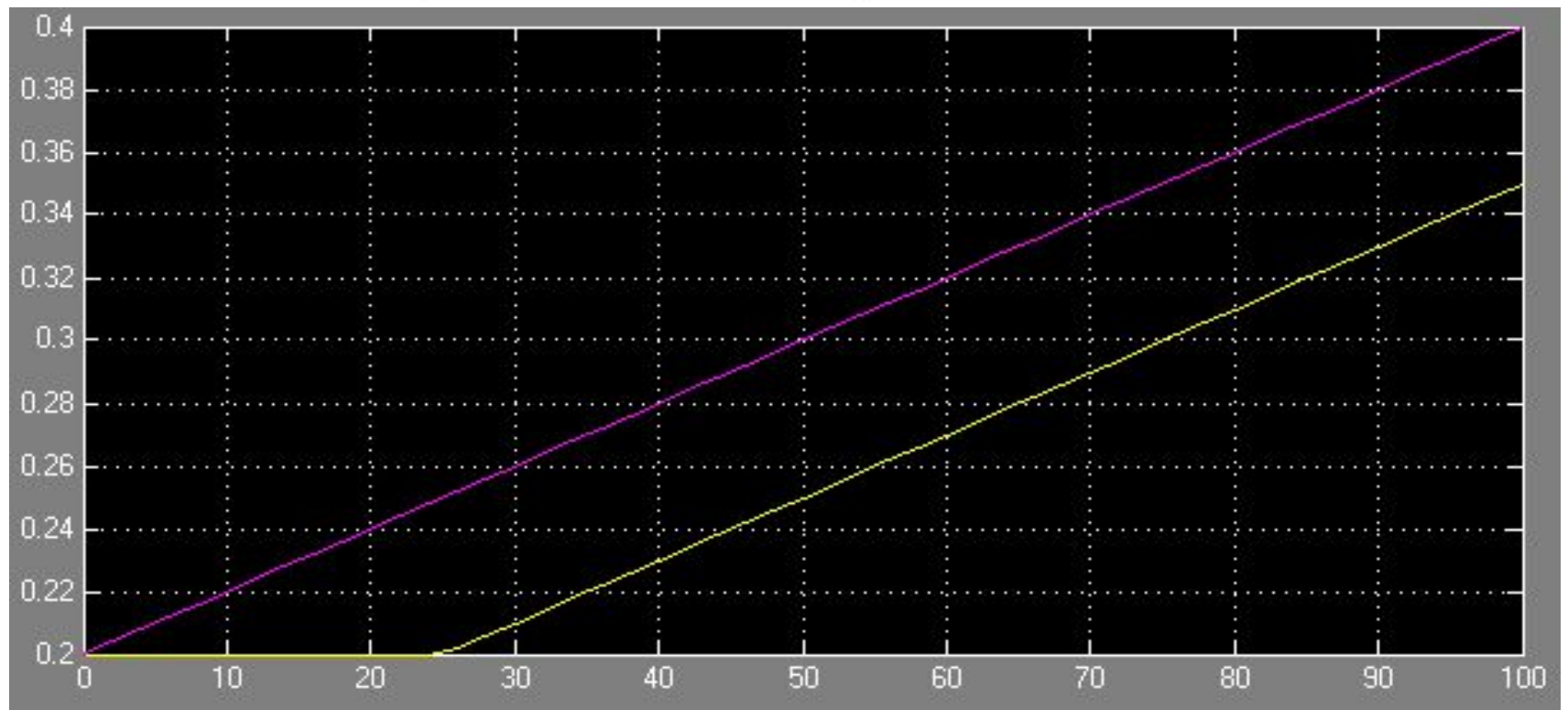
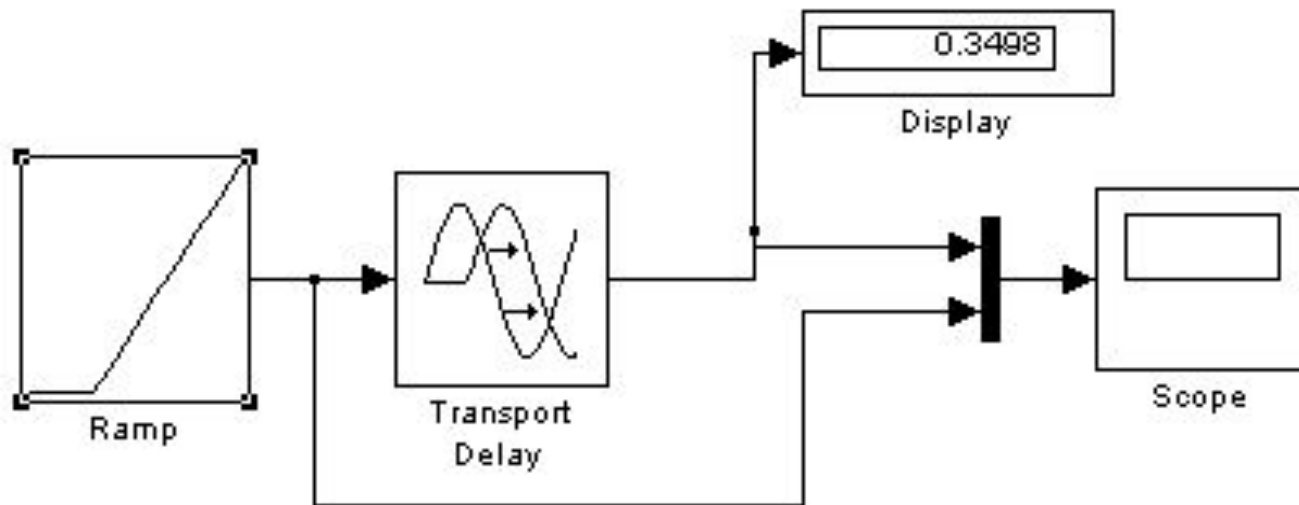
$$C_{ВЫХ}(t) = C_{ВХ}(t - \tau); \quad \tau = \frac{V}{G} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2 / 4 \cdot 20}{0,025} = 25,12 \text{ С.}$$

$$C_{ВЫХ}(100) = C_{ВХ}(74,88)$$

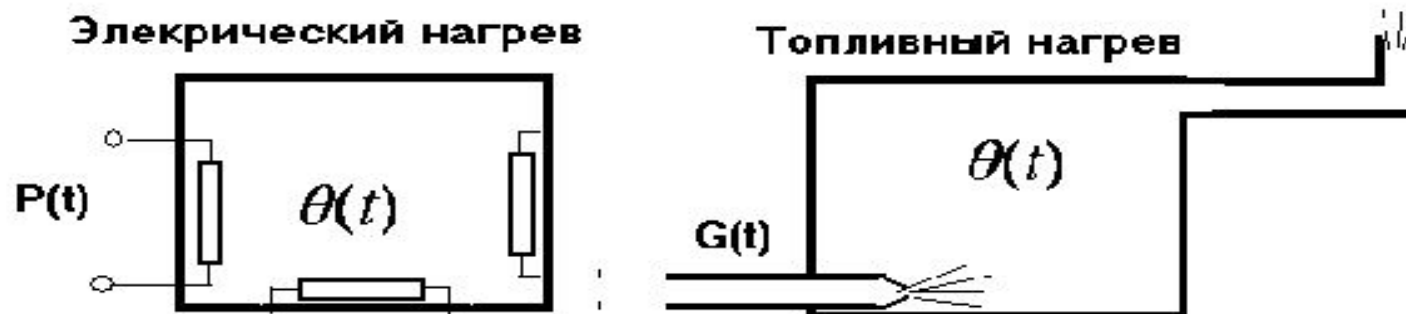


$$\frac{X}{0,2} = \frac{74,88}{100}; \quad X = \frac{74,88 \cdot 0,2}{100} = 0,1498$$

$$C_{ВЫХ}(100) = 0,2 + 0,1498 = 0,3498$$



# МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ



Уравнение теплового баланса за время  $\Delta t$

Приход = Расход + Накопление

$$Q_{\text{ПРИХ}} = K \cdot P(t) \cdot \Delta t; \quad Q_{\text{РАСХ}} = (\theta(t) - \theta_{\text{НАР}}(t)) \cdot S_{\text{ПОВ}} \cdot \gamma \cdot \Delta t;$$

$$Q_{\text{НАКОП}} = \sum_{i=1}^N m_i \cdot \rho_i \cdot \Delta \theta_i. \quad \text{Будем считать, что за время } \Delta t$$

все материалы изменили температуру на одинаковую величину  $\Delta \theta(t)$ . Тогда  $Q_{\text{НАКОП}} = m \cdot \rho \cdot \Delta \theta(t)$ .

$\gamma$  - коэффициент теплопроводности стенок печи;

$\rho$  - средняя удельная теплоемкость материала;

$m$  - общая масса материала.

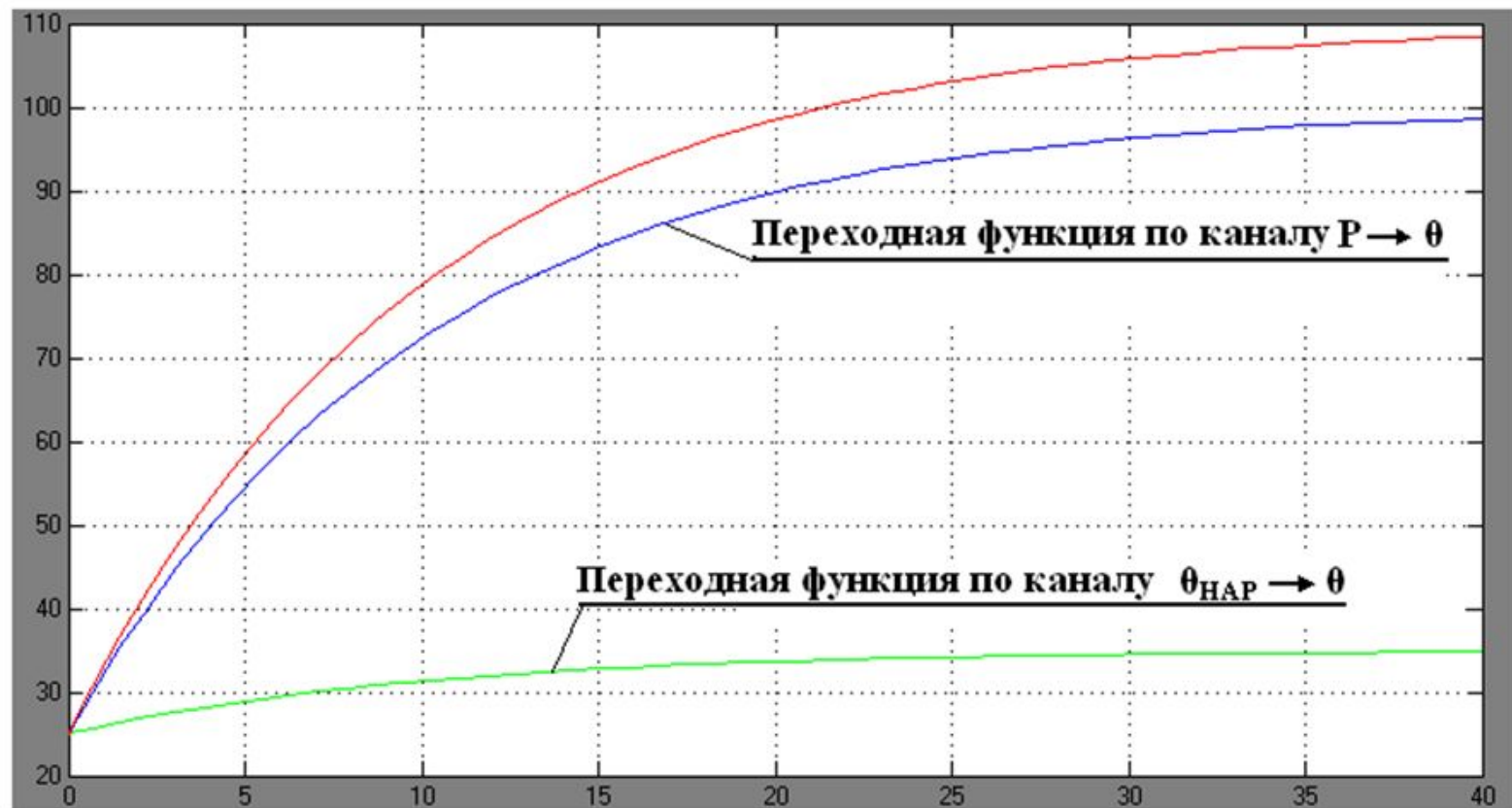
$$K \cdot P(t) \cdot \Delta t = (\theta(t) - \theta_{\text{НАР}}(t)) \cdot S_{\text{ПОВ}} \cdot \gamma \cdot \Delta t + m \cdot \rho \cdot \Delta \theta(t).$$

Разделим обе части на  $S_{\text{ПОВ}} \cdot \gamma \cdot \Delta t$  и устремив  $\Delta t$  к 0

$$\frac{m \cdot \rho}{S_{\text{ПОВ}} \cdot \gamma} \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = \frac{K}{S_{\text{ПОВ}} \cdot \gamma} \cdot P(t) + \theta_{\text{НАР}}(t);$$

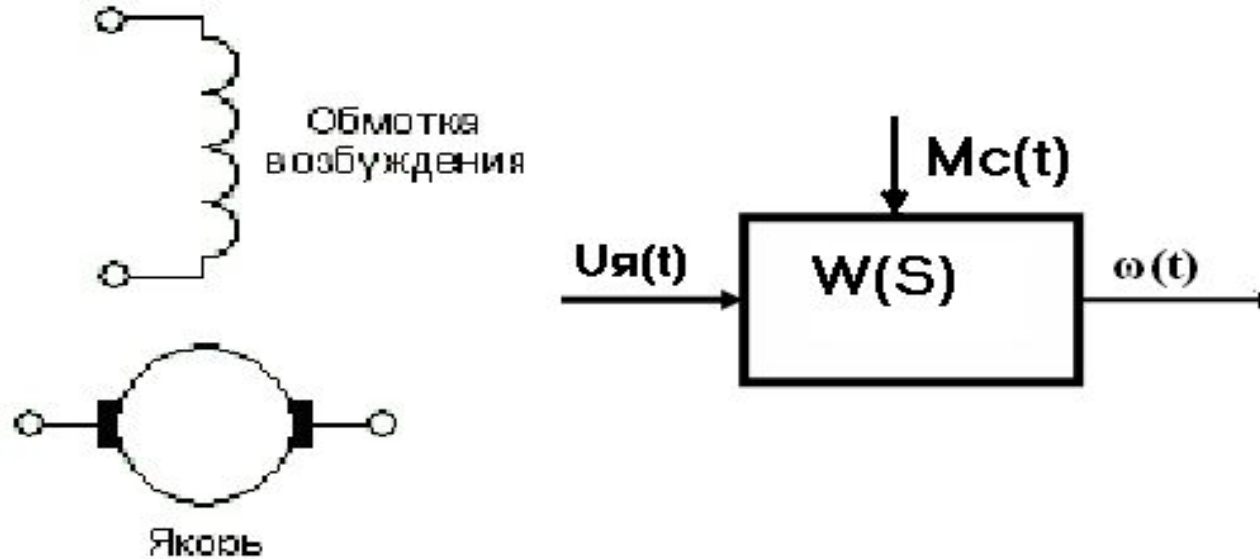
$$T \cdot \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = K_M \cdot P(t) + \theta_{\text{НАР}}(t).$$

$$10 \cdot \frac{d\theta}{dt} + \theta = 10 \cdot P + \theta_{\text{HAP}}; W_P \theta(S) = \frac{10}{10S + 1}; W_{\theta_{\text{HAP}}} \theta(S) = \frac{1}{10S + 1}$$





# МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПТ С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ



$$U_{\text{я}}(t) = R \cdot i(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt} + e(t)$$

$$M_{\text{ДВ}}(t) - M_{\text{С}}(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt}; \quad M_{\text{ДВ}}(t) = C_M \cdot \Phi \cdot i(t);$$

$$e(t) = C_{\omega} \cdot \Phi \cdot \omega.$$

$R, L$  – активное сопротивление и индуктивность якоря;

$e(t)$ - э.д.с. самоиндукции якорной обмотки;

$\Phi$ - электромагнитный поток от обмотки возбуждения;

$\omega(t)$ - скорость вращения якоря;

$C_M$  и  $C_{\omega}$  – коэффициенты, зависящие от конструкции двигателя.

Перепишем уравнения в изображениях по Лапласу:

$$U(S) = R \cdot I(S) + L \cdot S \cdot I(S) + E(S); \quad E(S) = C_{\omega} \cdot \Phi \cdot \omega(S)$$

$$M_{ДВ}(S) - M_C(S) = J \cdot S \cdot \omega(S); \quad M_{ДВ}(S) = C_M \cdot \Phi \cdot I(S).$$

$$I(S) = \frac{1}{L \cdot S + R} (U(S) - C_{\omega} \cdot \Phi \cdot \omega(S));$$

$$\frac{C_M \cdot \Phi}{L \cdot S + R} (U(S) - C_{\omega} \cdot \Phi \cdot \omega(S)) - M_C(S) = J \cdot S \cdot \omega(S);$$

$$\omega(S) \cdot \left( \frac{J \cdot L}{C_M \cdot C_{\omega} \cdot \Phi^2} \cdot S^2 + \frac{J \cdot R}{C_M \cdot C_{\omega} \cdot \Phi^2} \cdot S + 1 \right) = \frac{1}{C_{\omega} \cdot \Phi} \cdot U(S) -$$

$$\left( \frac{1}{C_M \cdot C_{\omega} \cdot \Phi^2} \cdot S + \frac{R}{C_M \cdot C_{\omega} \cdot \Phi^2} \right) \cdot M_C(S)$$

Введем обозначения  $T_{Я} = L/R$ ;  $T_{ЭМ} = \frac{J \cdot R}{C_M \cdot C_{\omega} \cdot \Phi^2}$ ;

$$K_{Д} = \frac{1}{C_{\omega} \cdot \Phi}; \quad K_{Воз} = \frac{R}{C_M \cdot C_{\omega} \cdot \Phi^2}. \quad \text{Тогда}$$

$$(T_{Я} \cdot T_{ЭМ} \cdot S^2 + T_{ЭМ} \cdot S + 1) \cdot \omega(S) = K_{Д} \cdot U(S) - (T_{Я} \cdot S + 1) \cdot K_{Воз} \cdot M_C(S)$$

$$W_{U\omega}(S) = \frac{K_{Д}}{T_{Я} \cdot T_{ЭМ} \cdot S^2 + T_{ЭМ} \cdot S + 1}; \quad W_{M_C\omega}(S) = -\frac{T_{Я} \cdot S + 1}{T_{Я} \cdot T_{ЭМ} \cdot S^2 + T_{ЭМ} \cdot S + 1}$$

# **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД**

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ** – построение математической модели системы в результате статистической обработки экспериментальных данных (данных об изменении входа и выхода).

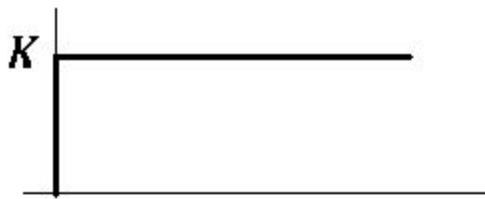
**РАЗЛИЧАЮТ 1.ИДЕНТИФИКАЦИЮ В УЗКОМ СМЫСЛЕ и 2. ИДЕНТИФИКАЦИЮ В ШИРОКОМ СМЫСЛЕ.**

**Идентификация в узком смысле** – это определение **ТОЛЬКО ПАРАМЕТРОВ** модели в результате статистической обработки экспериментальных данных (структура модели известна **АПРИОРНО**).

**Идентификация в широком смысле** – это определение и **СТРУКТУРЫ, и ПАРАМЕТРОВ** модели в результате статистической обработки экспериментальных данных.

# Определение структуры модели реального объекта по переходной функции

$K$	Усилительное
$K \cdot S$	Идеальное дифференцирующее
$\frac{K \cdot S}{T \cdot S + 1}$	Реальное дифференцирующее
$\frac{K}{S}$	Идеальное интегрирующее
$\frac{K}{T \cdot S + 1}$	Апериодическое 1-го порядка
$\frac{K}{T_1 \cdot S^2 + T_2 S + 1}$ при $T_2 \geq 2 \cdot T_1$	Апериодическое 2-го порядка
$\frac{K}{T_1 \cdot S^2 + T_2 S + 1}$ при $T_2 < 2 \cdot T_1$	Колебательное
$e^{-\tau S}$	Звено запаздывания



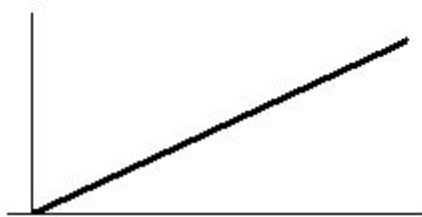
Усилительное



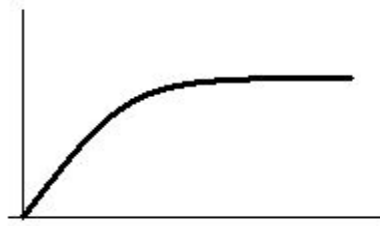
Идеальное дифференцирующее



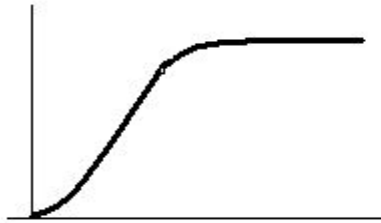
Реальное дифференцирующее



Идеальное интегрирующее



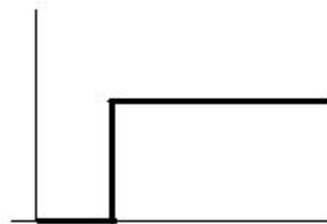
Аперiodическое 1-го порядка



Аперiodическое 2-го порядка



Колебательное



Звено запаздывания

# Экспериментально-статистический подход ИДЕНТИФИКАЦИЯ В УЗКОМ И ШИРОКОМ СМЫСЛЕ

- В узком смысле

Исходная информация:

Общий вид связи вход-выход  
ИЗВЕСТЕН. Например  
 $W(S)=K/(TS+1)$ . Необходимо  
найти параметры  $K$  и  $T$ .

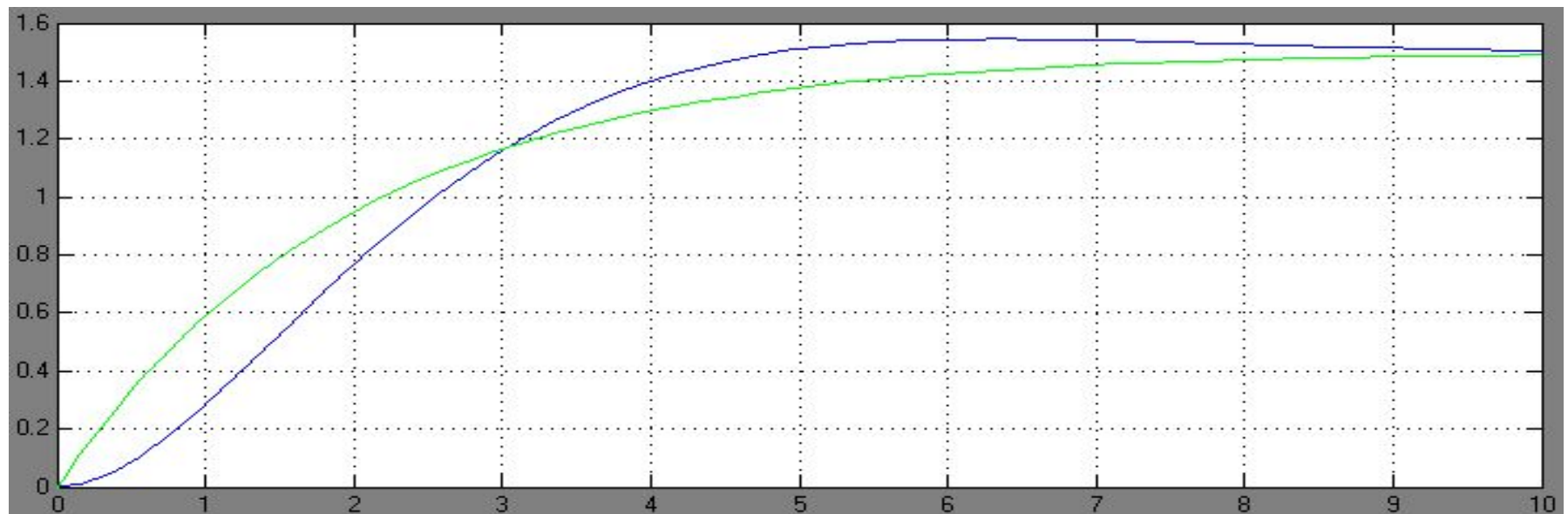
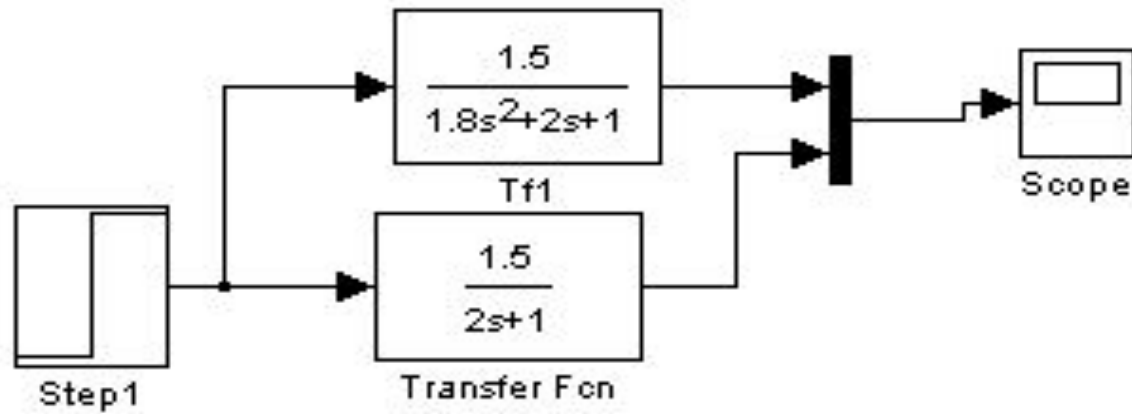
Или известно, что  $Y=aX+b$ ,  
необходимо определить  
параметры  $a$  и  $b$ . Для этого  
провели серию  
экспериментов и получили  
данные  $Y_i$  и  $X_i$

## В ШИРОКОМ СМЫСЛЕ

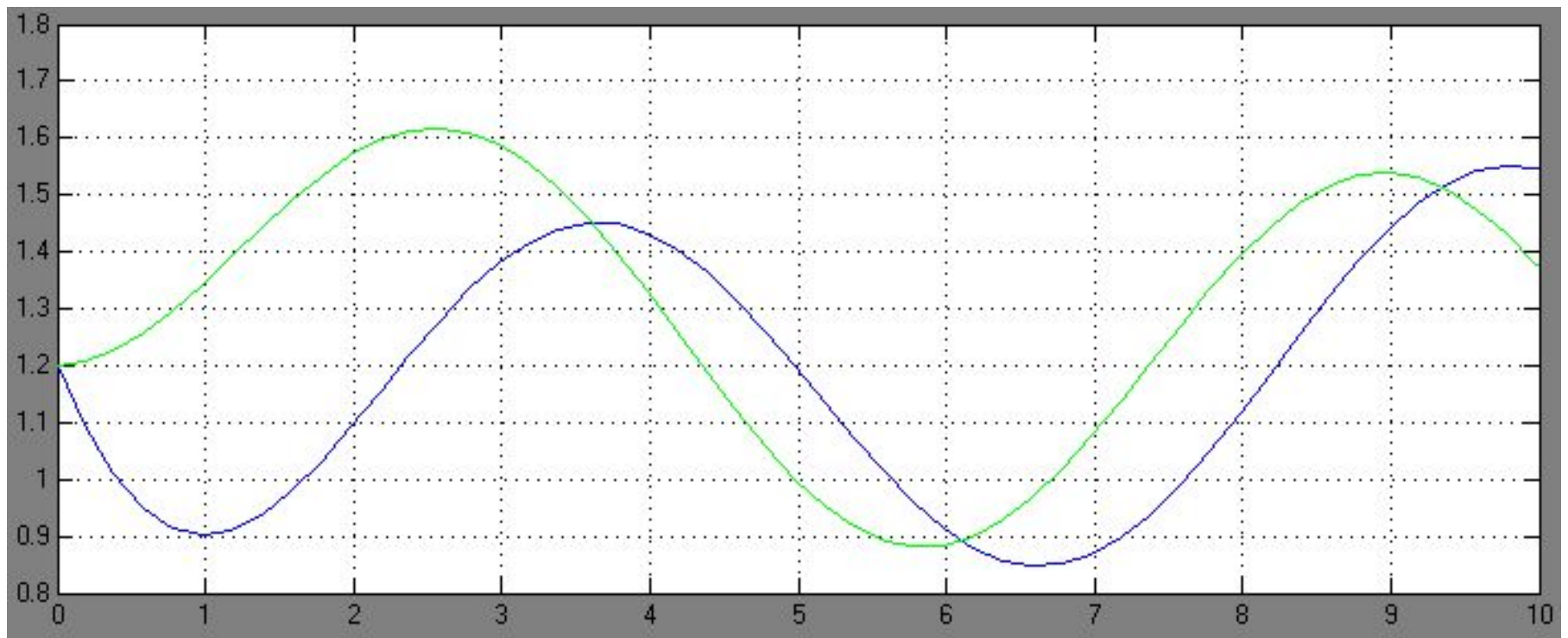
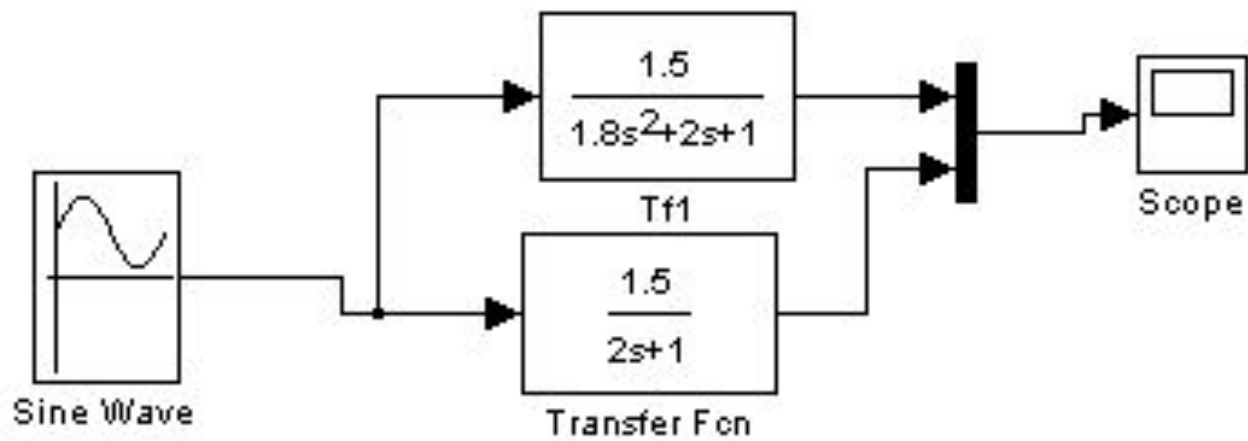
Информации о структуре  
связи вход-выход НЕТ.

Попробуем получить и  
структуру связи и  
параметры модели  
проведя серию  
экспериментов и  
обрабатывая данные  $Y_i$   
и  $X_i$  статистическими  
методами

# Идентификация по переходной функции







# АКТИВНЫЙ И ПАССИВНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

## АКТИВНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

### Достоинства:

1. Полнее раскрывает свойства объекта;
2. Проще выполнить идентификацию;
3. Необходимо меньше экспериментальных данных.
4. Результаты точнее.

### Недостаток:

Нарушается нормальная работа объекта, что может приводить к недопустимым потерям.

## ПАССИВНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

### Достоинство:

Не нарушает нормальной работы объекта.

### Недостатки:

1. Характеризует свойства объекта в узком диапазоне режимов.
2. Требуется очень большого объема экспериментальных данных.
3. Результаты идентификации могут быть очень неточными.