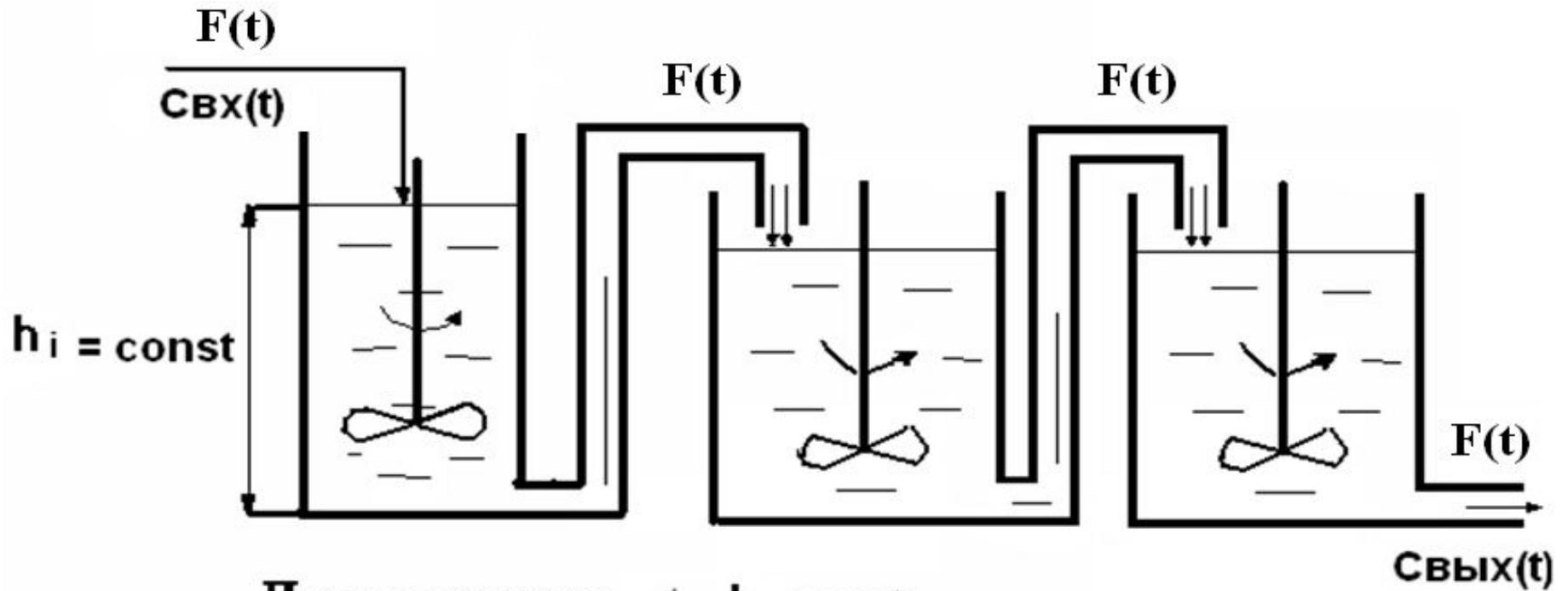


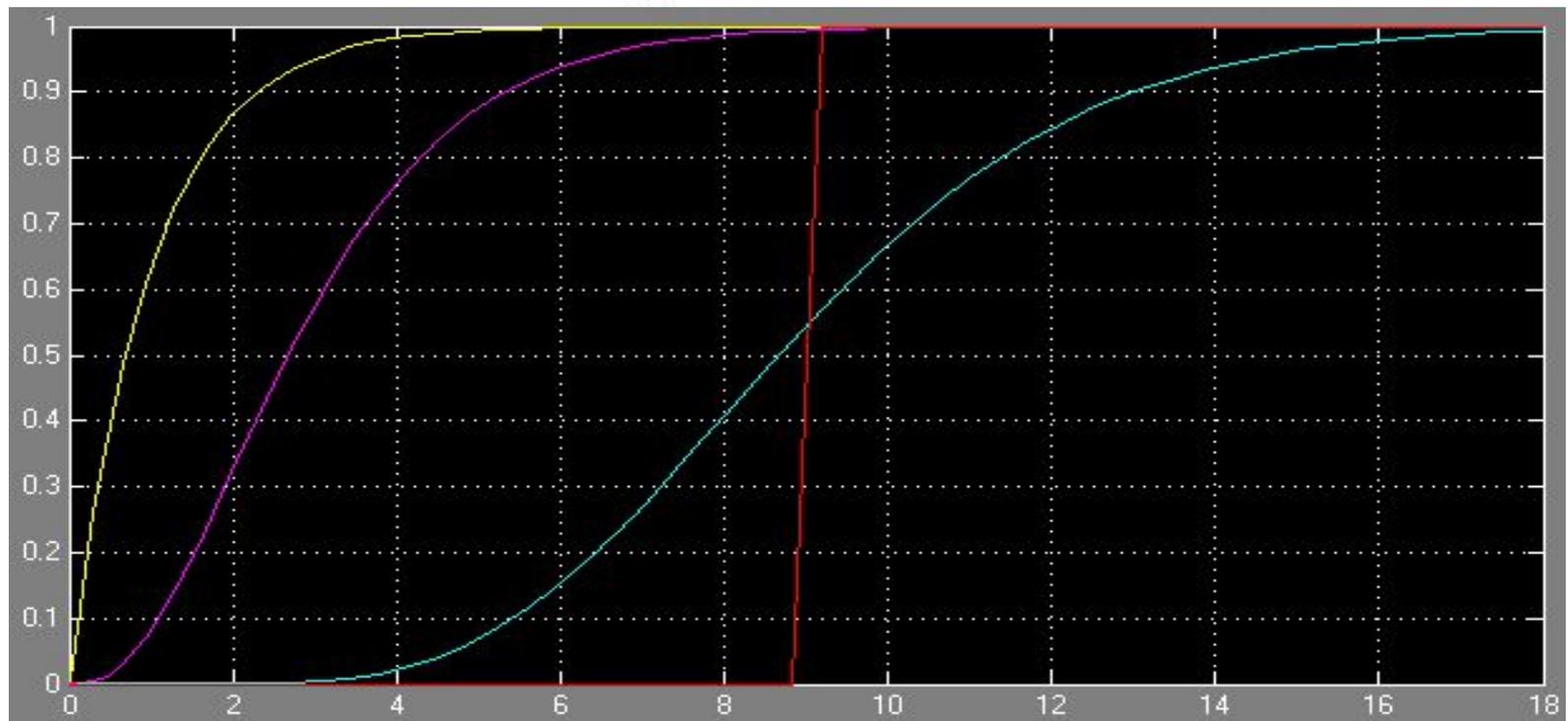
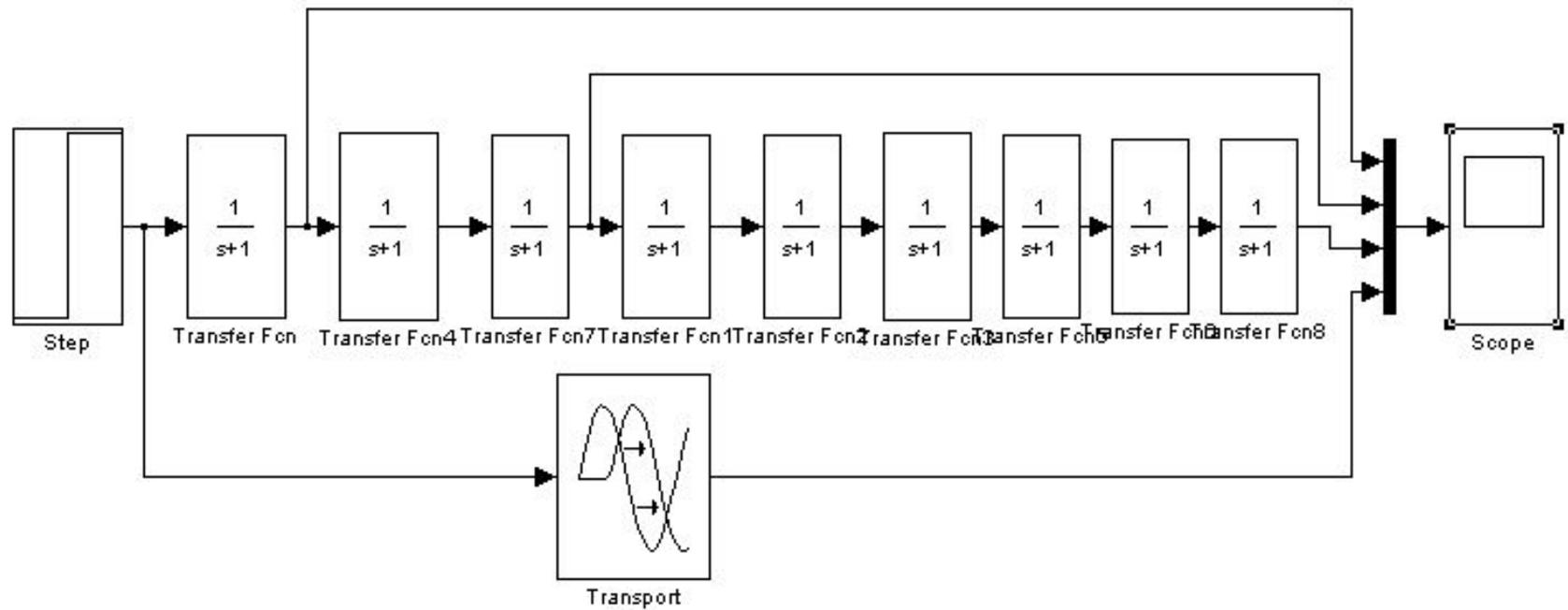
ЯЧЕЕЧНАЯ МОДЕЛЬ



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; $C_{\text{емк}}(0)=0,3$; $G_{\text{кисл}}=0,06$ М³/С; $G_{\text{вод}}=0,04$ М³/С;
 $R_{\text{кис}}=1,9$ Т/М³; $S_{\text{кис}}=0,9$. Чему равна концентрация через 2 мин?

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

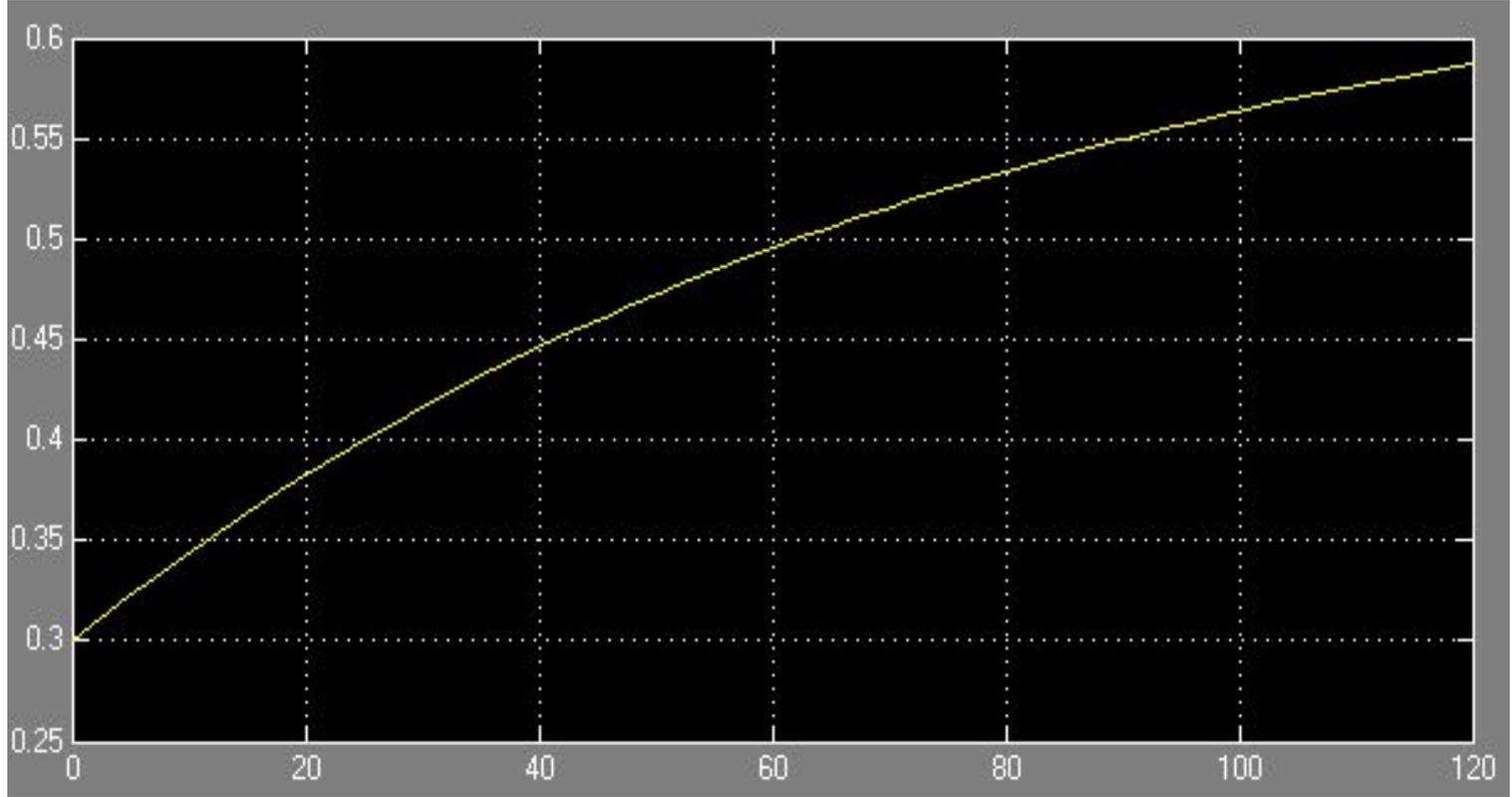
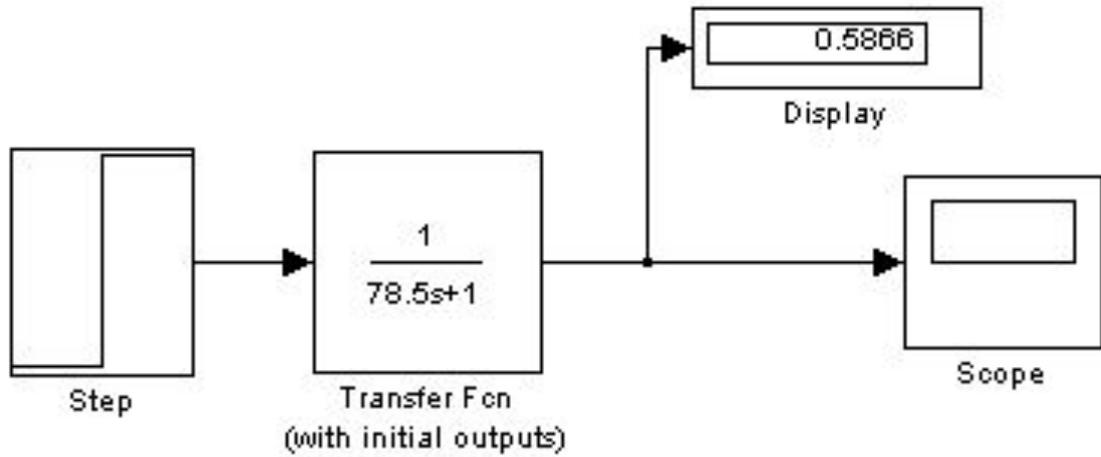
$$y(t) = y_{\text{ЧАС}}(t) + y_{\text{ОБЩ}}(t);$$

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

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

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

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

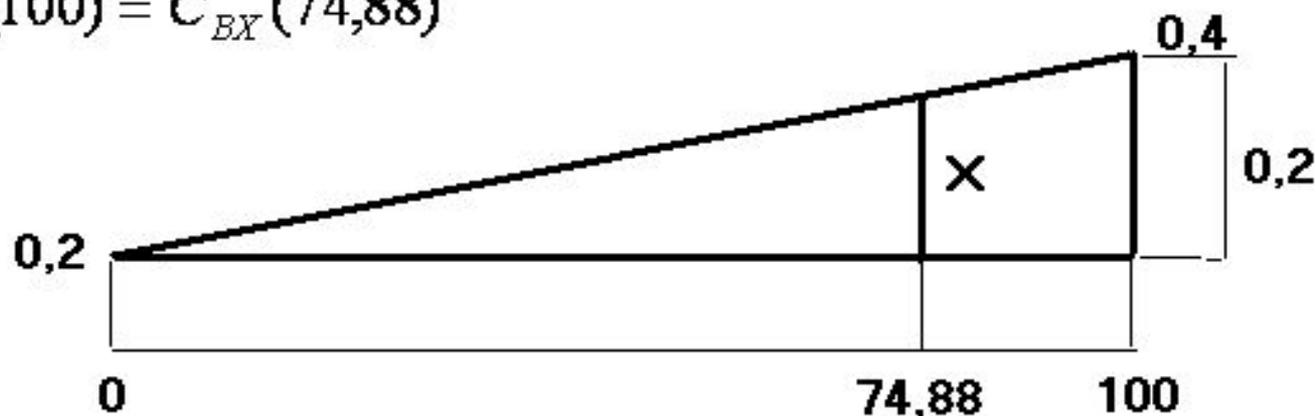


ЗАДАЧА НА МОДЕЛЬ ПОРШНЕВОГО ВЫТЕСНЕНИЯ

$d=0,2$ М; $L=20$ М; $G=0,025$ М³/С; $C_{ВХ}(0)=0,2$; $C_{ВХ}(100)=0,4$;
 $C_{ВЫХ}(100)=?$.

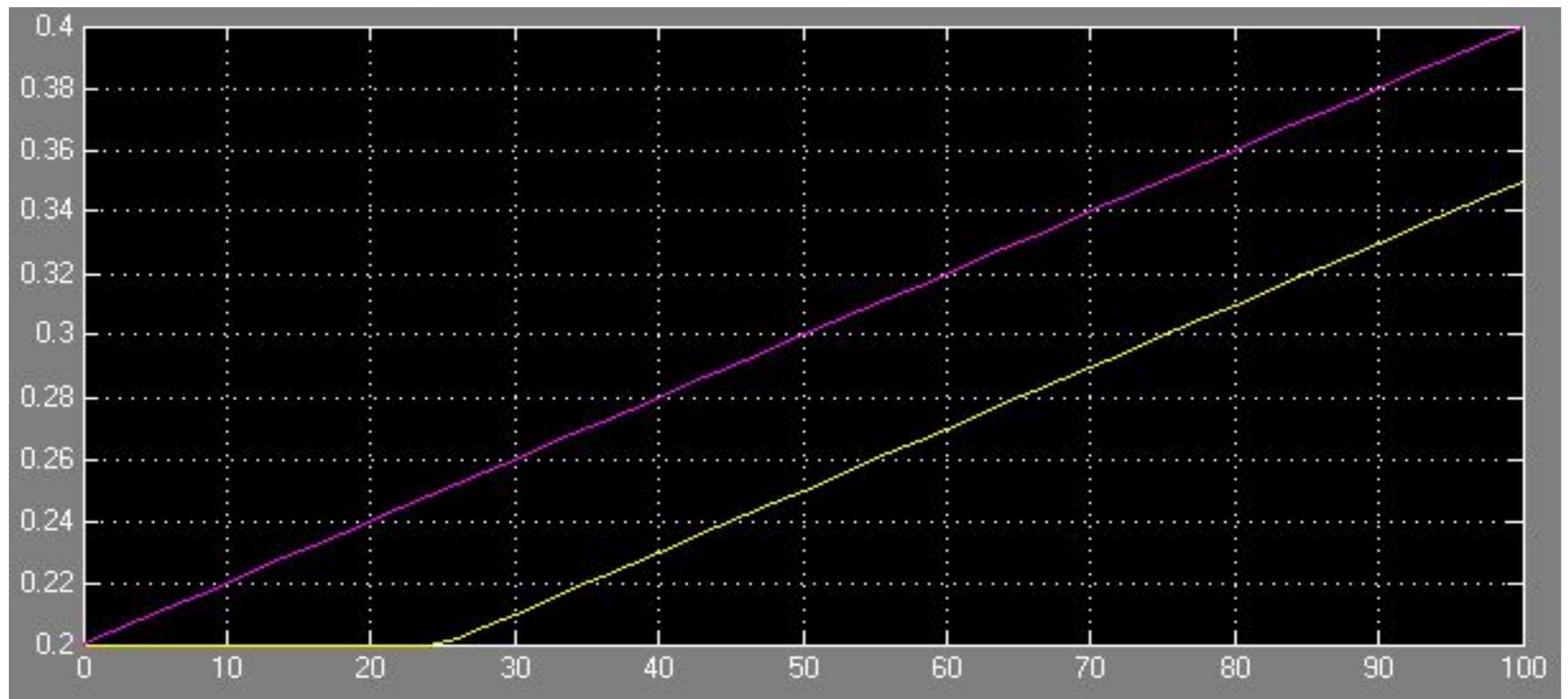
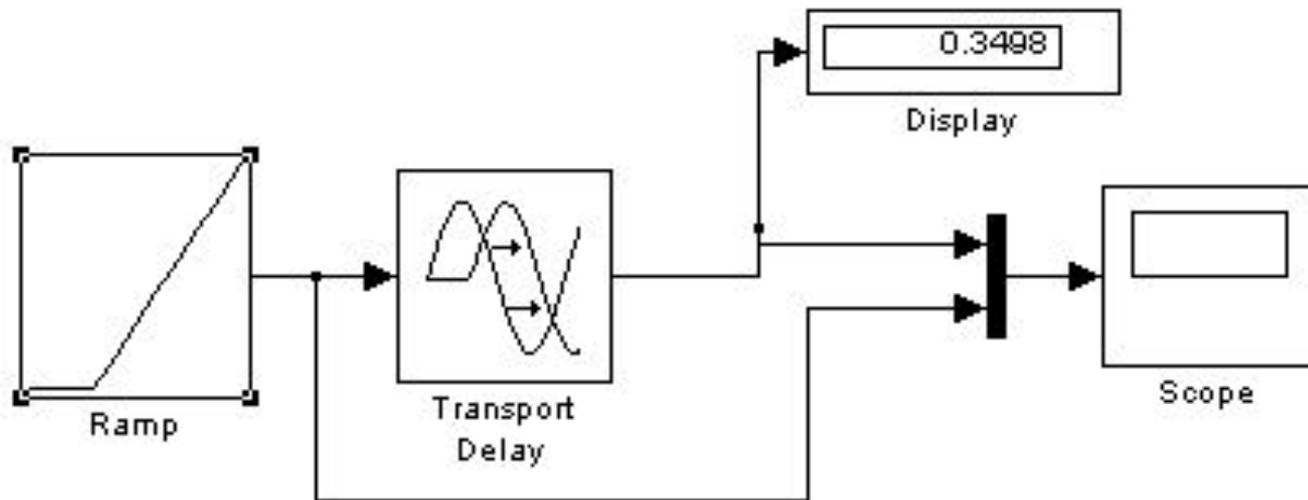
$$C_{ВЫХ}(t) = C_{ВХ}(t - \tau); \quad \tau = \frac{V}{G} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2 / 4 \cdot 20}{0,025} = 25,12 \text{ С.}$$

$$C_{ВЫХ}(100) = C_{ВХ}(74,88)$$

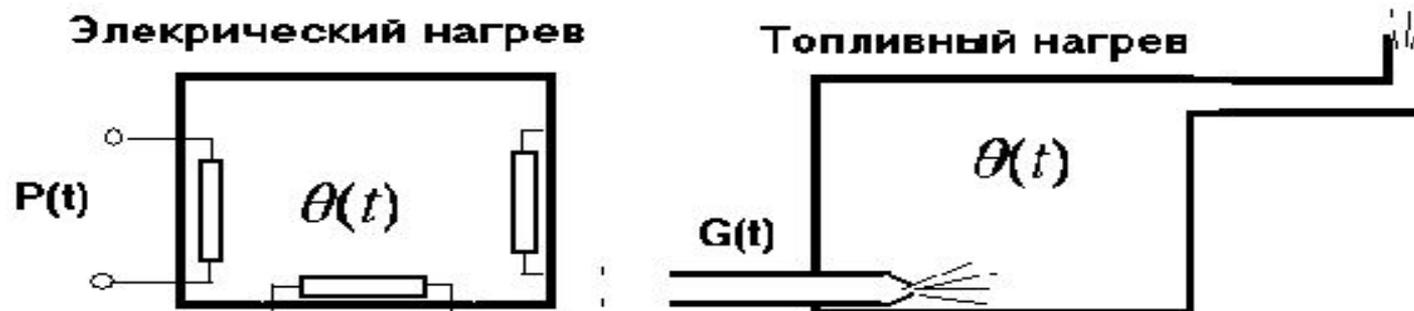


$$\frac{X}{0,2} = \frac{74,88}{100}; \quad X = \frac{74,88 \cdot 0,2}{100} = 0,1498$$

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



МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ



Уравнение теплового баланса за время Δt

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 $Q_{\text{НАКОП}} = m \cdot \rho \cdot \Delta \theta(t)$.

γ - коэффициент теплопроводности стенок печи;

ρ - средняя удельная теплоемкость материала;

m - общая масса материала.

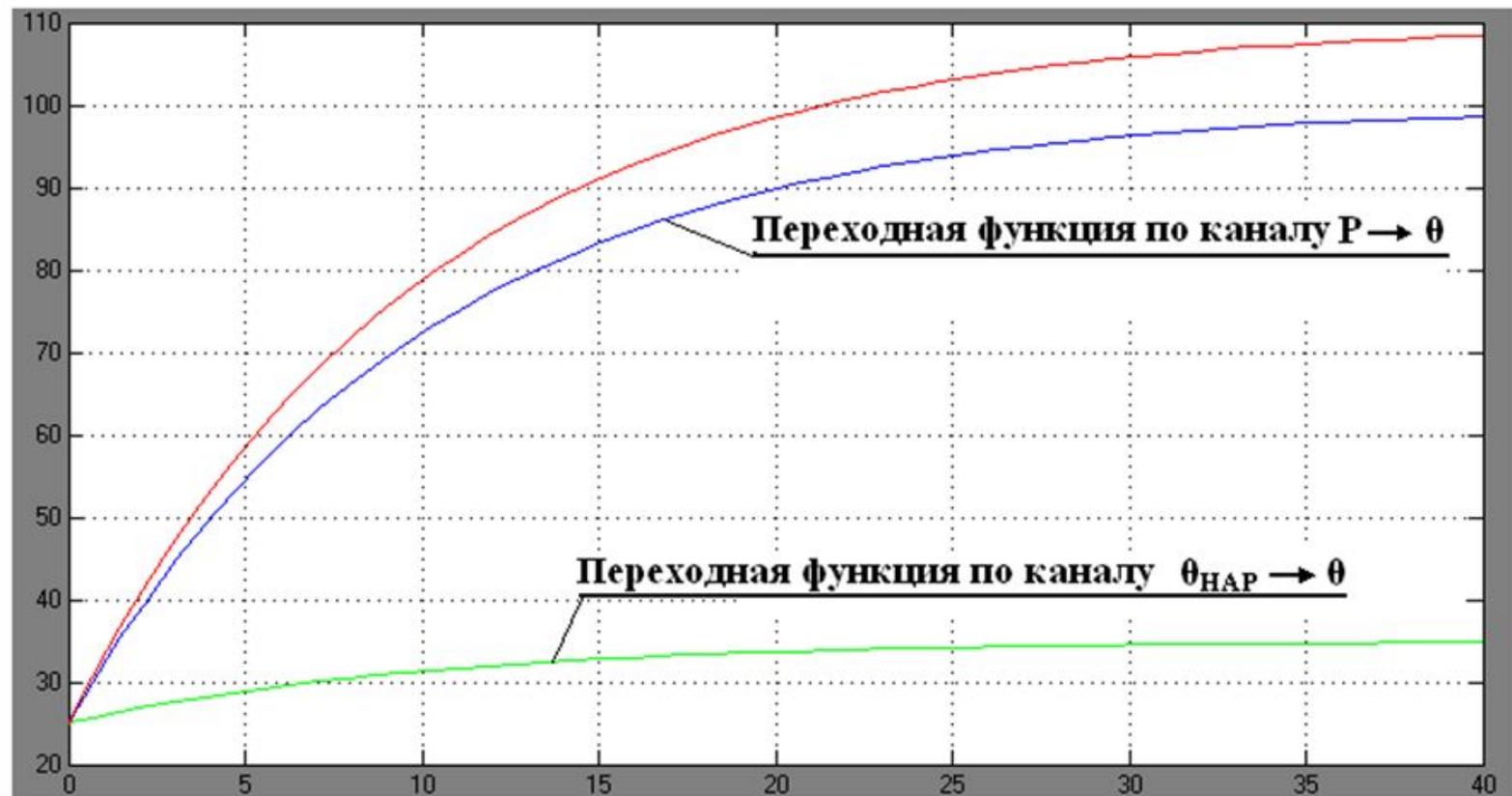
$$K \cdot P(t) \cdot \Delta t = (\theta(t) - \theta_{\text{НАР}}(t)) \cdot S_{\text{ПОВ}} \cdot \gamma \cdot \Delta t + m \cdot \rho \cdot \Delta \theta(t).$$

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

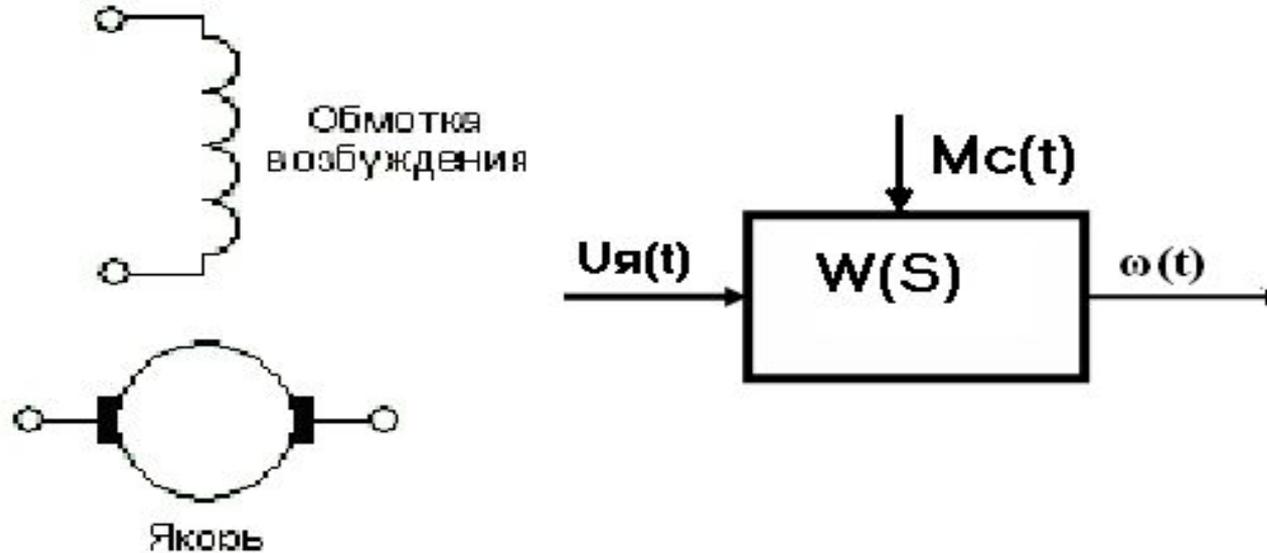
$$\frac{m \cdot \rho}{S_{\text{ПОВ}} \cdot \gamma} \frac{d\theta(t)}{dt} + \theta(t) = \frac{K}{S_{\text{ПОВ}} \cdot \gamma} \cdot P(t) + \theta_{\text{НАР}}(t);$$

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

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



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;

Φ - электромагнитный поток от обмотки возбуждения;

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

C_M и C_{ω} – 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).

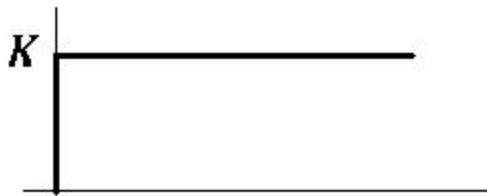
РАЗЛИЧАЮТ 1.ИДЕНТИФИКАЦИЮ В УЗКОМ СМЫСЛЕ и 2. ИДЕНТИФИКАЦИЮ В ШИРОКОМ СМЫСЛЕ.

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

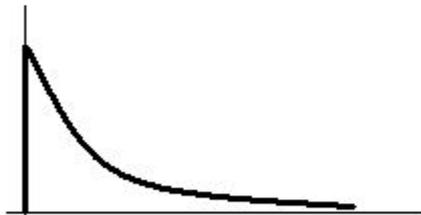
K	Усилительное
$K \cdot S$	Идеальное дифференцирующее
$\frac{K \cdot S}{T \cdot S + 1}$	Реальное дифференцирующее
$\frac{K}{S}$	Идеальное интегрирующее
$\frac{K}{T \cdot S + 1}$	Апериодическое 1-го порядка
$\frac{K}{T_1 \cdot S^2 + T_2 S + 1}$ при $T_2 \geq 2 \cdot T_1$	Апериодическое 2-го порядка
$\frac{K}{T_1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



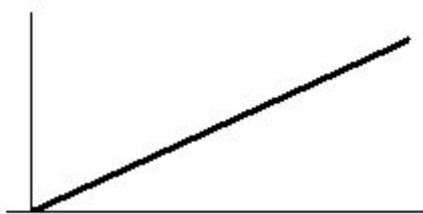
Усилительное



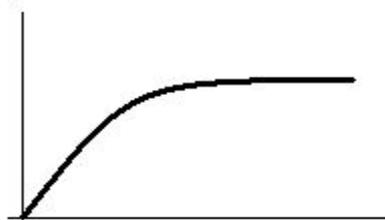
Идеальное дифференцирующее



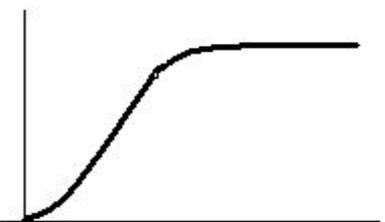
Реальное дифференцирующее



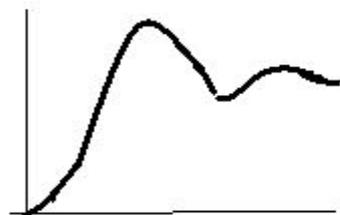
Идеальное интегрирующее



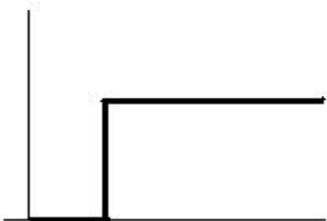
Аперiodическое 1-го порядка



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 .

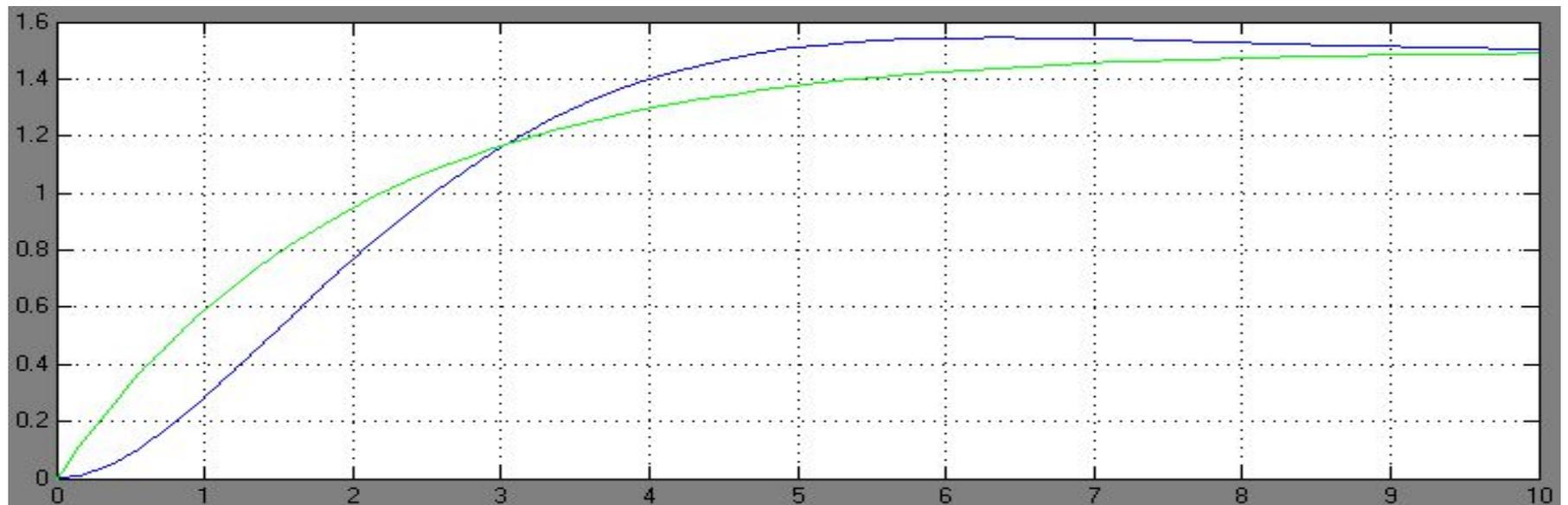
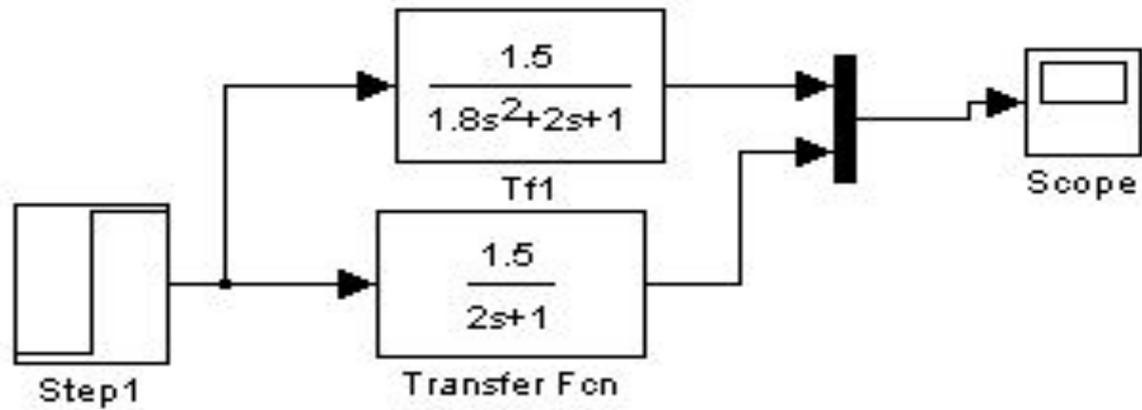
Или известно, что $Y=aX+b$,
необходимо определить
параметры a и b . Для этого
провели серию
экспериментов и получили
данные Y_i и X_i

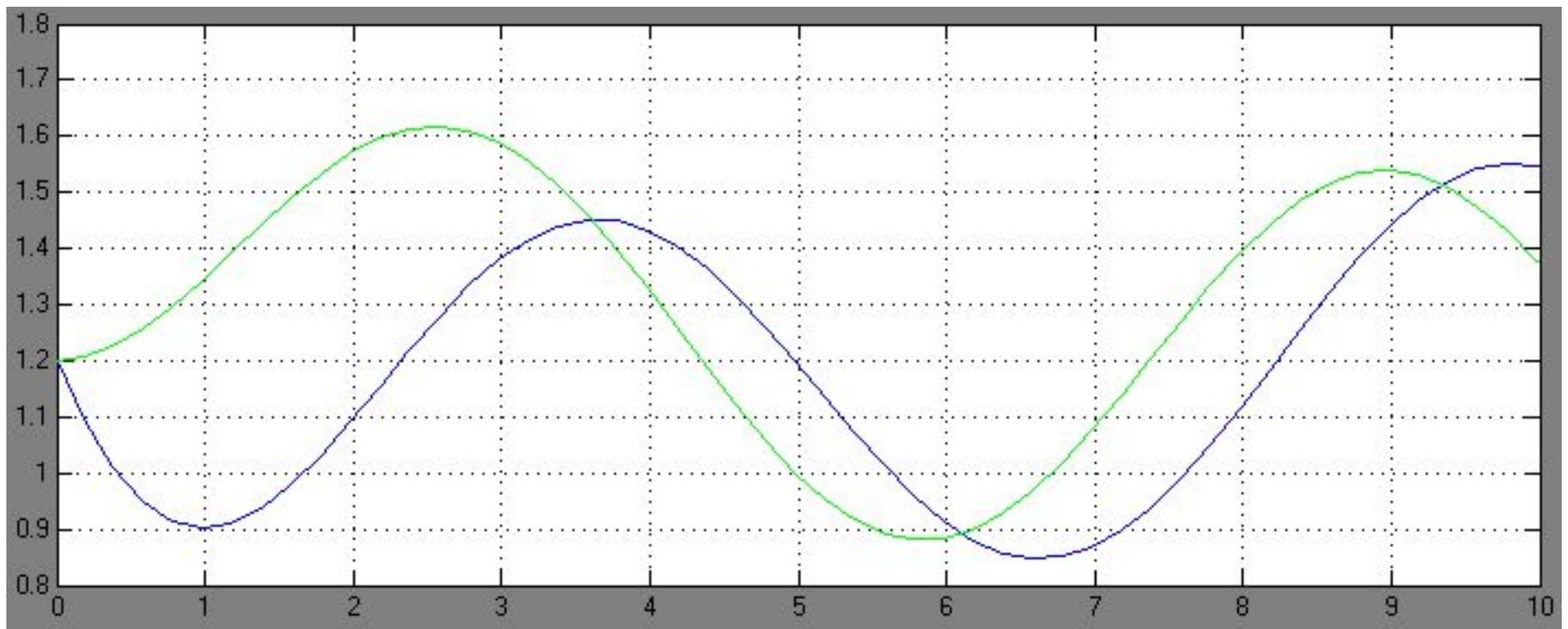
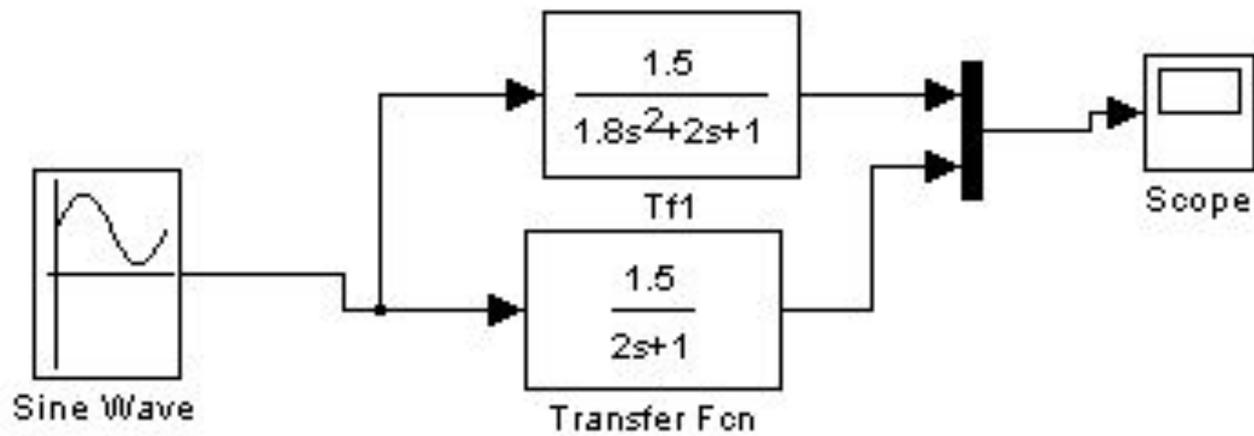
В ШИРОКОМ СМЫСЛЕ

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.