

# Аналитические методы синтеза цифровых следящих систем

*Конспект лекций*

## Лекция 2.

Понятие декомпозиции системы автоматического управления.

Структурная схема систем автоматического управления и следящих систем.  
Главная и местные обратные связи.

Понятие закона управления.

Основные задачи в теории автоматического управления:  
задачи анализа, синтеза, идентификации.

## Основные понятия и определения. Определение декомпозиции системы

**Декомпозиция системы** – процесс разбиения систем на отдельные взаимосвязанные подсистемы (элементы), которые, в свою очередь, также могут быть разбиты на составные части. Иногда декомпозицию в *теории систем* называют также **структуризацией системы**.

Процесс декомпозиции (разбиения) систем продолжается до тех, пока для решения конкретной задачи не будет получено завершенности описания структуры (модели): частей должно быть столько, сколько элементов содержит структура, взятая в качестве *основания декомпозиции*.

Под **основанием декомпозиции** понимается совокупность элементов системы (составных частей), описываемых моделями «вход-выход» без дальнейшей детализации вглубь составной части, т.е. они являются «условно» неделимыми в рамках рассматриваемой задачи.

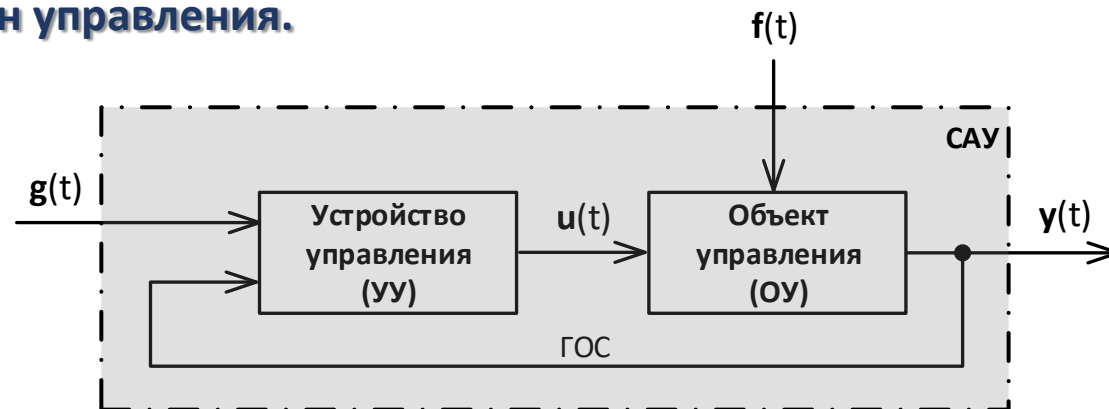
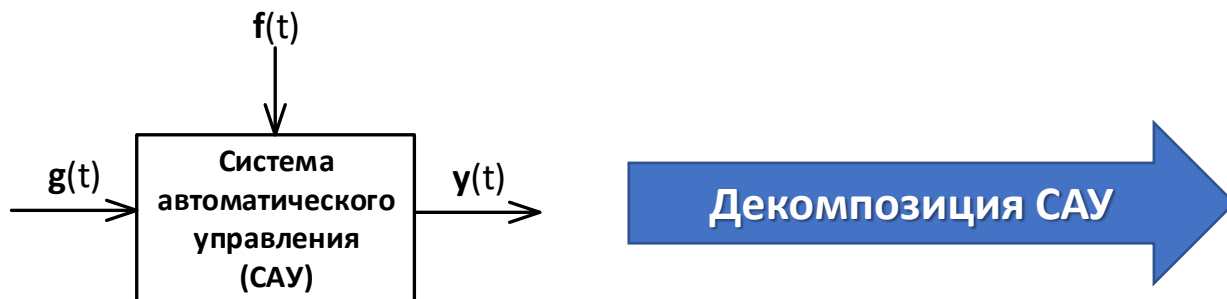
В качестве объектов декомпозиции могут выступать не только материальные объекты (системы), но и процессы, явления и понятия (представляющие собой, например, сигналы).

**Структурная декомпозиция системы** используется для раскрытия внутренней организации системы, связей, составляющих упорядоченную систему элементов.

**Функциональная декомпозиция системы** проводится с целью определения динамических характеристик системы путем исследования процессов изменения ее состояний с течением времени на основе принятых алгоритмов (способов, методов, принципов, концепций) управления.

**Объектом информационной декомпозиции системы** управления являются информационные процессы, протекающие в системе управления. Информационная декомпозиция проводится с целью исследования количественных и качественных характеристик информации, используемой в системе управления.

## Основные понятия и определения. Устройство управления, закон управления.



**Устройство управления (УУ)** системы автоматического управления предназначено для формирования управляющего воздействия  $u(t)$  в соответствии с определенным соотношением, которое определяет **связь управляющего воздействия** (сокр. - **управления**) с имеющейся информацией о цели управления, ходе управляемого процесса  $y(t)$  и внешних воздействиях  $f(t)$ , приложенных к системе.

**Аналитическое выражение этой связи** управления с другими переменными, представляющими указанную информацию, называется **законом управления**.

Другими словами, **закон управления** - это алгоритм или функциональная зависимость, в соответствии с которой устройство управления формирует управляющее воздействие  $u(t)$ .

Здесь  $u(t)$  - сигнал.

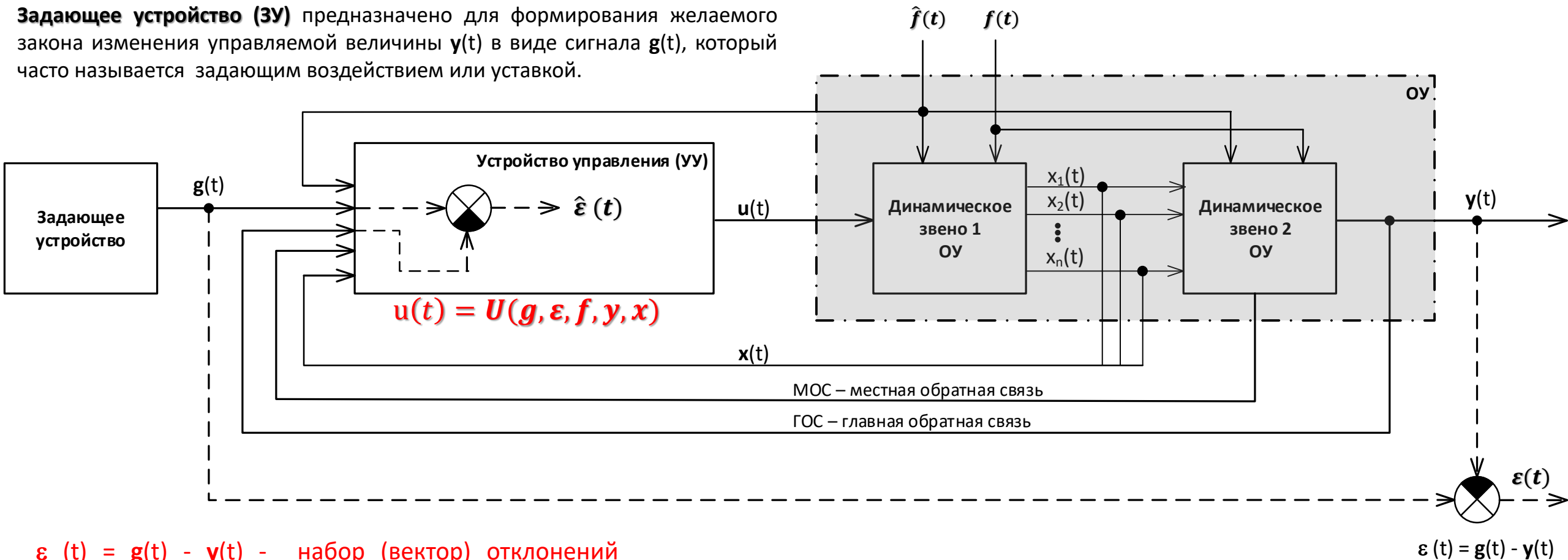
$u(t)$  – набор (вектор) управляющих воздействий, т. е. воздействий, приложенных к органам управления объекта и предназначенных для оказания целенаправленных управляющих воздействий на объект управления.

Здесь **ГОС** - **главная обратная связь** – сигнал, содержащий информацию о ходе управляемого процесса с учетом результатов внешних воздействий, приложенных к объекту управления.

**САУ** - это замкнутая активная динамическая система направленного действия, преобразующая уставку (задание) на ее входе в воздействие, непосредственно прикладываемое к объекту управления.

## Основные понятия и определения. Обобщенная структурная схема систем автоматического управления

**Задающее устройство (ЗУ)** предназначено для формирования желаемого закона изменения управляемой величины  $y(t)$  в виде сигнала  $g(t)$ , который часто называется задающим воздействием или уставкой.

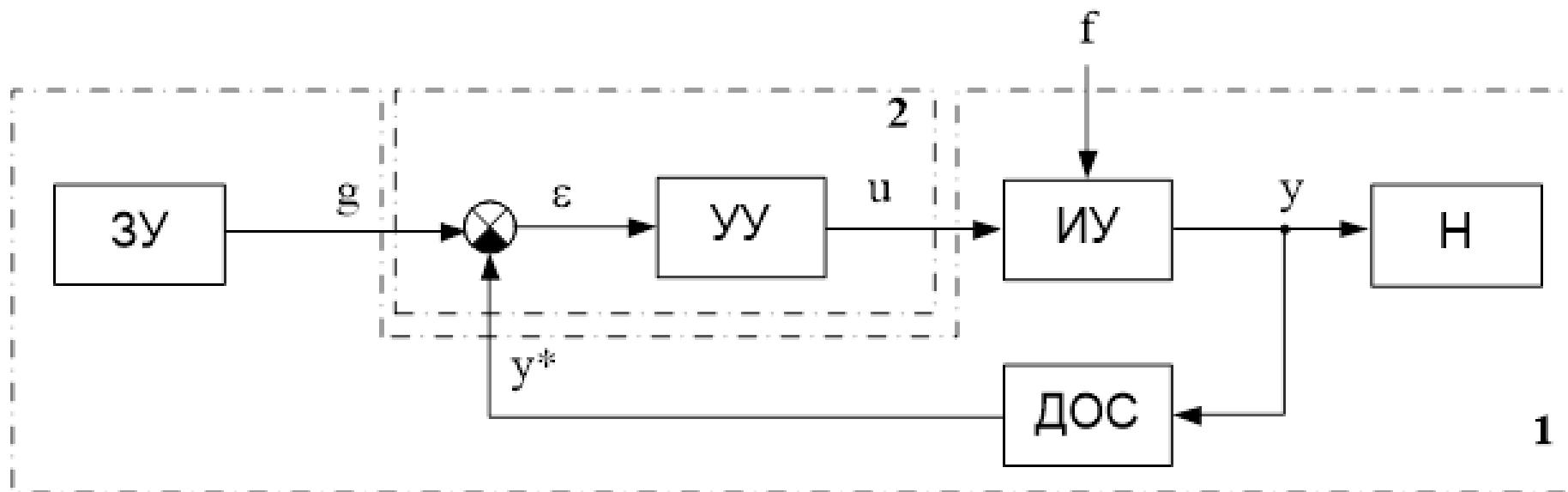


$\varepsilon(t) = g(t) - y(t)$  – набор (вектор) отклонений выходной переменной от задающего воздействия. Еще называется сигналом рассогласования или сигналом ошибки; или просто отклонением, рассогласованием или ошибкой системы.

$x(t)$  – набор (вектор) переменных состояния объекта управления.

$\hat{f}(t)$  и  $f(t)$  – измеряемое и неизмеряемое возмущающее воздействие соответственно.

## Основные понятия и определения. Обобщенная структурная схема следящей системы



1 – заданная (неизменяемая часть) следящей системы

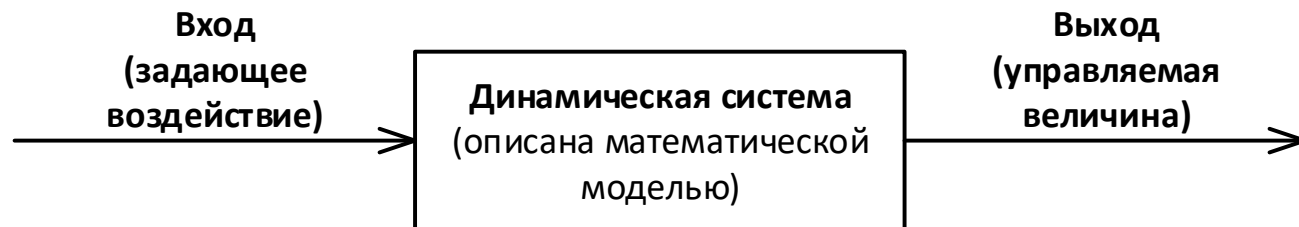
2 – изменяемая часть следящей системы

**ЗУ** – задающее устройство,  
**УУ** – устройство управления,  
**ИУ** – исполнительное устройство,  
**Н** – нагрузка,  
**ДОС** – датчик обратной связи

В следящей системе выходная величина  $y(t)$  воспроизводит изменение входной величины  $g(t)$  причем автоматическое УУ реагирует на рассогласование (отклонение)  $\varepsilon(t)$  между выходной и входной величиной.

Для следящей системы величины выходной переменной и входной принято называть регулируемой величиной и задающим воздействием

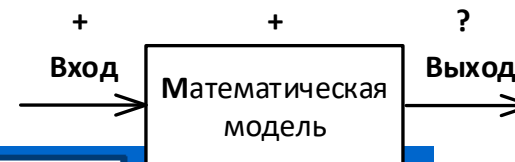
## Основные понятия и определения. Основные задачи в теории автоматического управления



задача анализа	задача синтеза	задача идентификации
Изучение характера решений уравнений модели и зависимости их свойств от ее параметров и структуры системы	Выбор структуры и параметров математической модели создаваемой системы так, чтобы ее качество удовлетворяло заданным требованиям	Изучение системы и формирование её математической модели
По заданным задающему воздействию и математической модели системы исследовать закон изменения управляемой величины	По желаемому закону изменения управляемой величины найти задающее воздействие и математическую модель системы (уравнения и параметры модели неизвестны – должны быть получены в результате решения задачи синтеза)	По известным (например, полученным в ходе эксперимента) задающему воздействию и управляемой величине определить математическую модель системы
<pre> graph LR     In[Вход] -- "+" --&gt; Model[Математическая модель]     Model -- "?" --&gt; Out[Выход]   </pre>	<pre> graph LR     In[Вход] -- "?" --&gt; Model[Математическая модель]     Model -- "+" --&gt; Out[Выход]   </pre>	<pre> graph LR     In[Вход] -- "+" --&gt; Model[Математическая модель]     Model -- "+" --&gt; Out[Выход]   </pre>

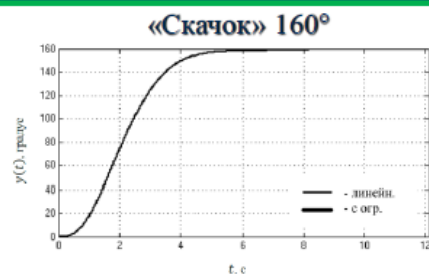


## Основные понятия и определения. Пример задачи анализа



$$u_k = 0,037g_{k-2} + 5794y_{k-1} - 12950y_{k-2} + 8502y_{k-3} - 1350y_{k-4} + 1,265u_{k-1} + 0,078u_{k-2} - 0,3u_{k-3} - 0,042u_{k-4}.$$

$$v_g = 1; v_f = 1.$$



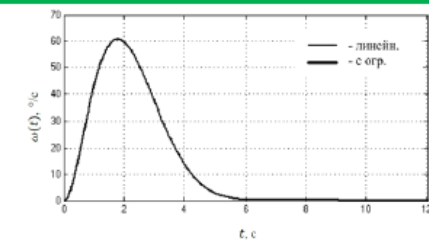
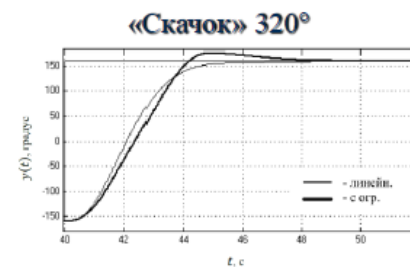
## Переходная характеристика

$$\sigma_{g, \text{поз.}} = 0\% \leq 6,25\%;$$

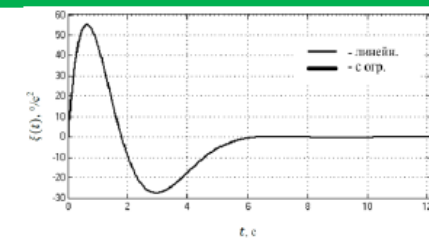
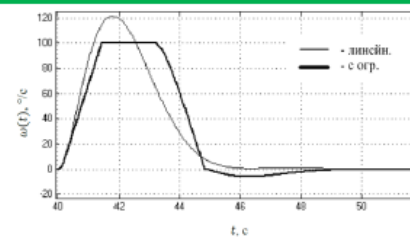
$$t_{p, \text{поз.}} = 4,23 \text{ с} \leq 5,0 \text{ с}.$$

$$\sigma_{g, \text{поз.}} = 4,5\% \leq 6,25\%;$$

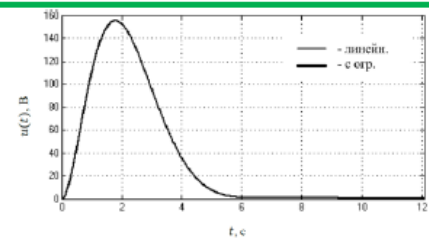
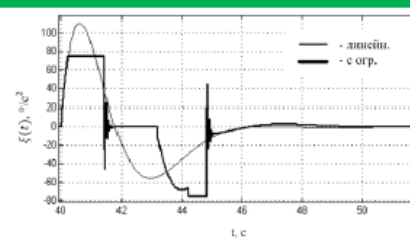
$$t_{p, \text{поз.}} = 3,92 \text{ с} \leq 5,0 \text{ с}.$$



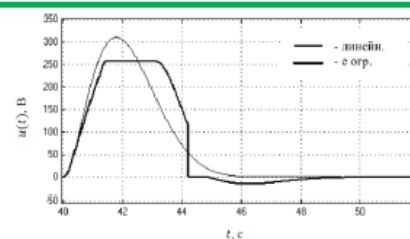
## Временная зависимость скорости



## Временная зависимость ускорения

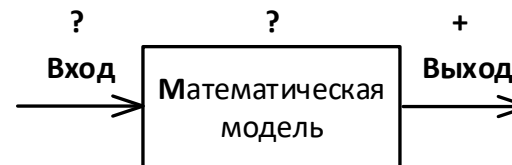


## Временная зависимость управления

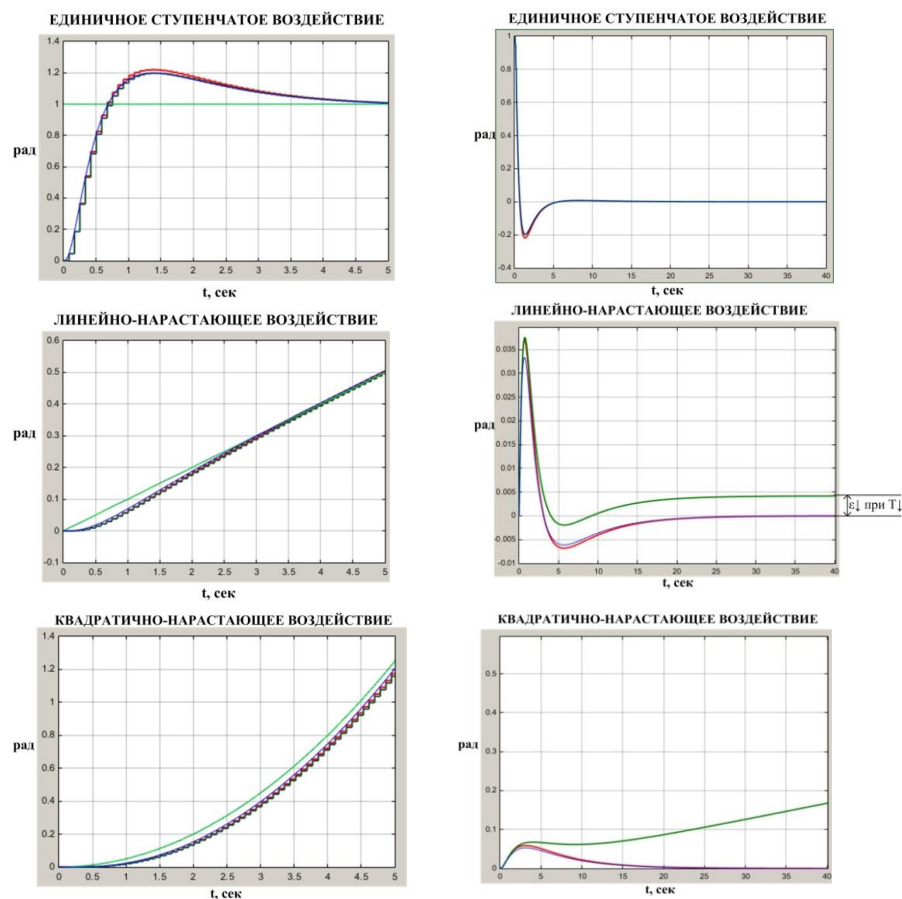




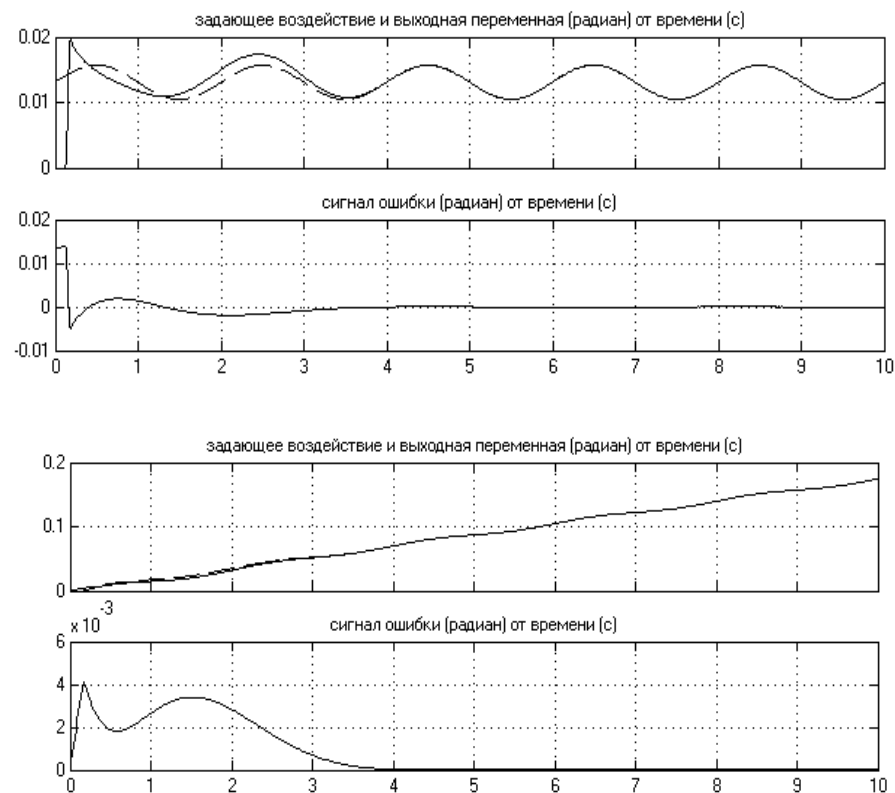
## Основные понятия и определения. Пример задачи синтеза



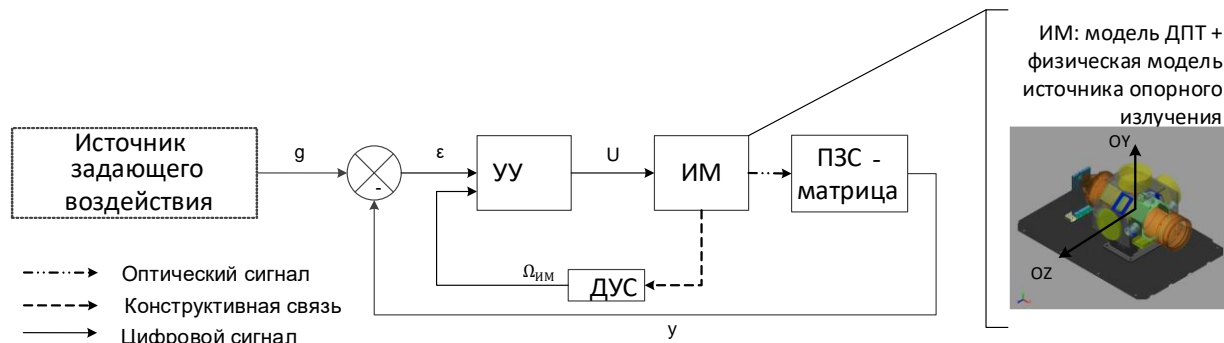
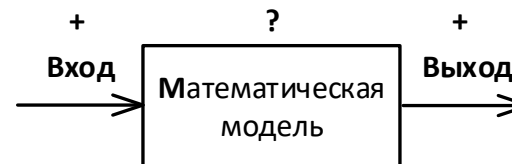
### Синтез астатических систем («обрабатывают» полиномиальные задающие воздействия)



### Синтез селективно инвариантных систем («обрабатывают» задающее воздействие в виде аддитивной смеси полиномиального и гармонического воздействия)

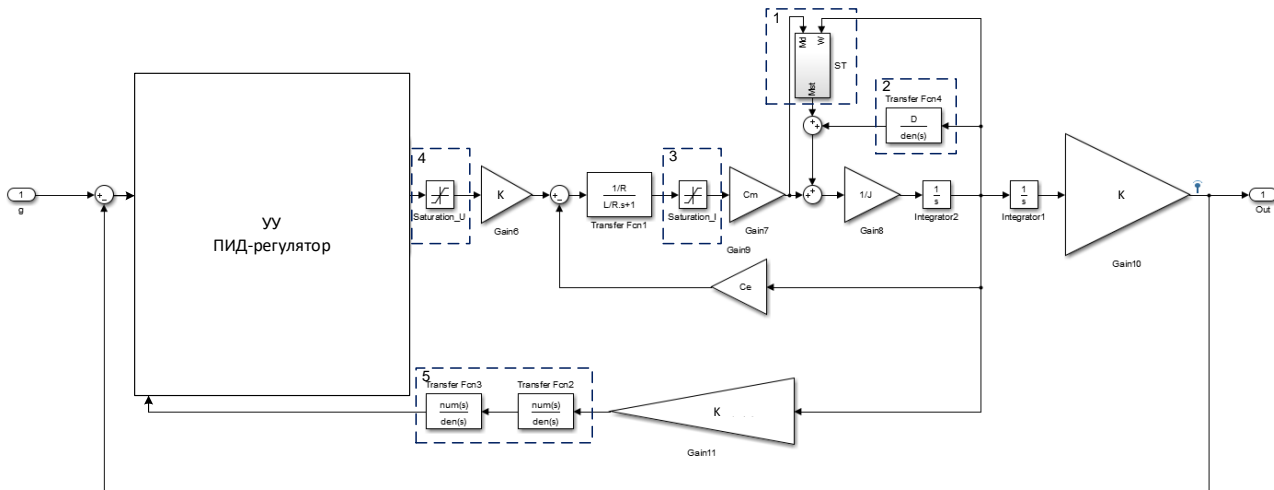


# Основные понятия и определения. Пример задачи идентификации



ИМ: модель ДПТ + физическая модель источника опорного излучения

Simulink-модель исполнительного механизма следящей системы



**ДО**  
структурной и параметрической идентификации:

