

ТЕМА 1

Моделирование систем автоматического управления

Введени

Проф. Григорьев В.А.

1. Классификация методов моделирования
2. Методы моделирования и их применение при синтезе и анализе сложных систем
3. Пример моделирования САУ программным методом

Тверь Версия 2016

1. Моделирование систем автоматического управления

Введение

Сложность современных объектов проектирования, особенно систем автоматического управления (САУ), постоянное ужесточение требований к проектам, чрезвычайно высокая цена ошибочных проектных решений входят в противоречие с традиционными инструментами и технологиями проектирования.

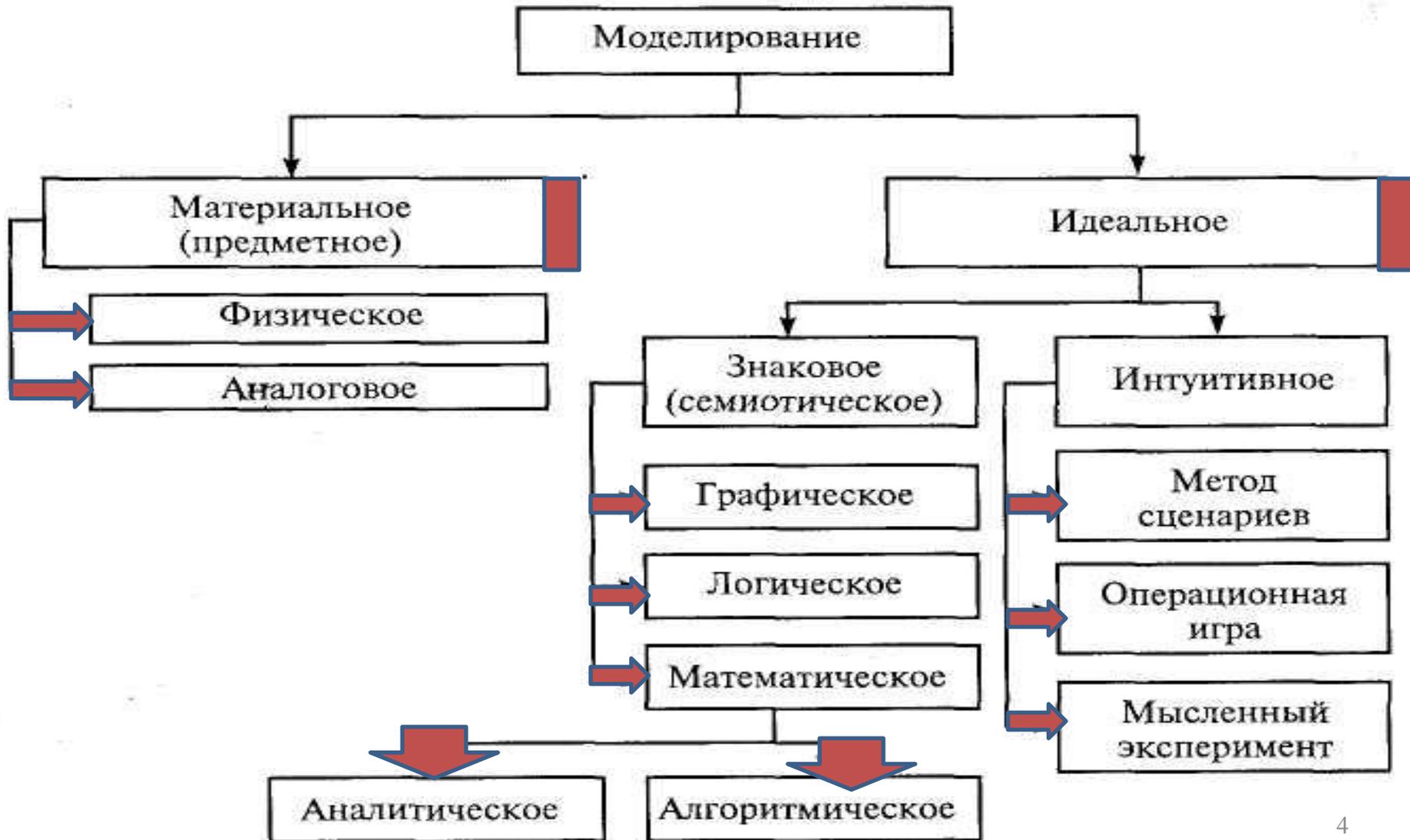
Выходом из положения является разработка и внедрение нового набора инструментов инструментария проектировщика-системы автоматизации проектирования.

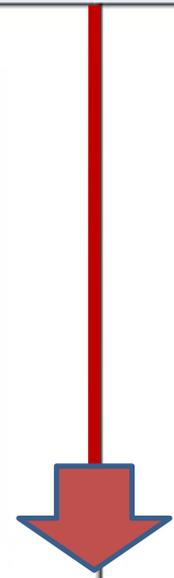
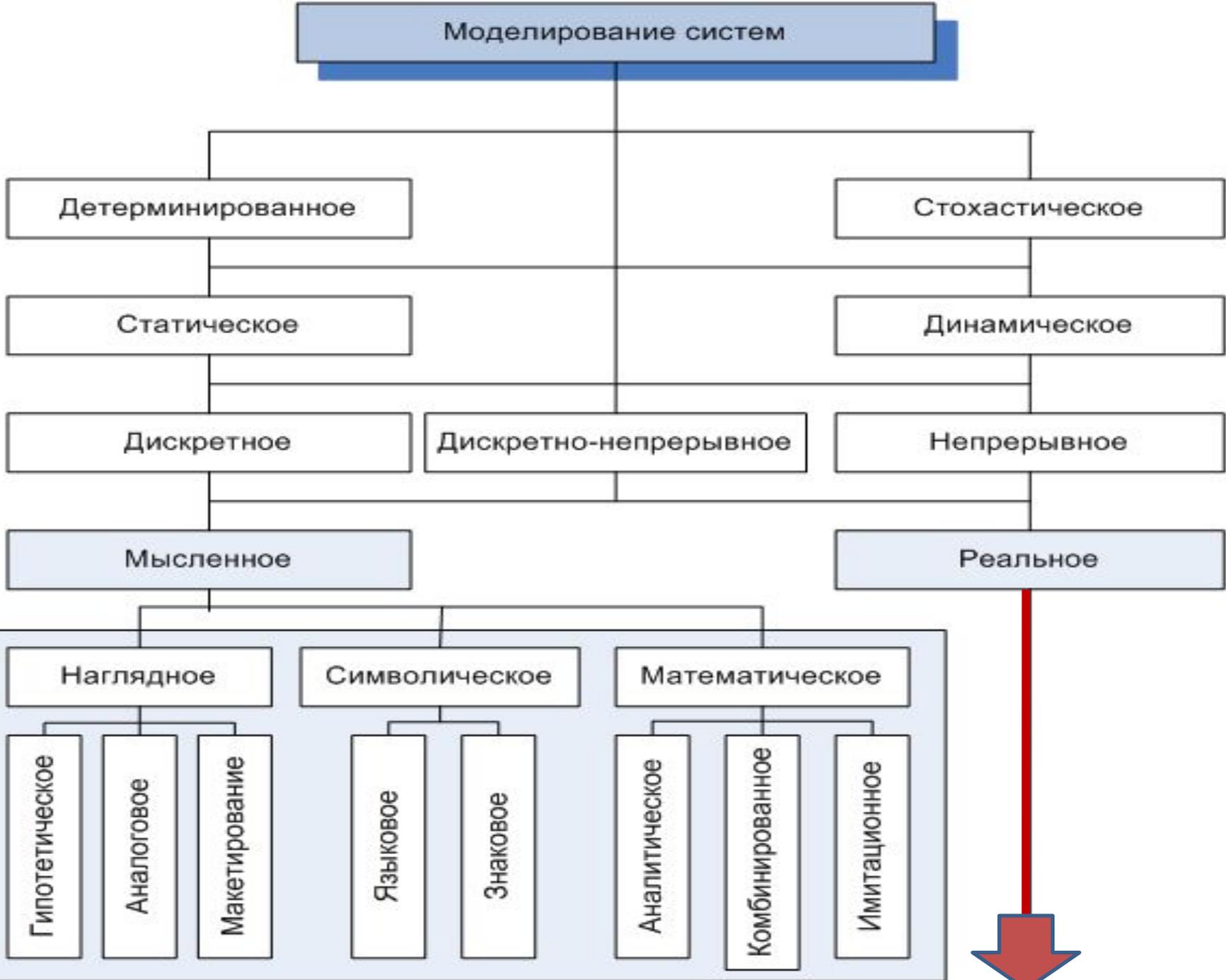
Умение применять инструменты основывается на понимании того, **каким образом строится система моделирования, ее структура и отдельные подсистемы**, и на знании математических моделей, методов и алгоритмов, которые положены в основу подсистем системы моделирования.

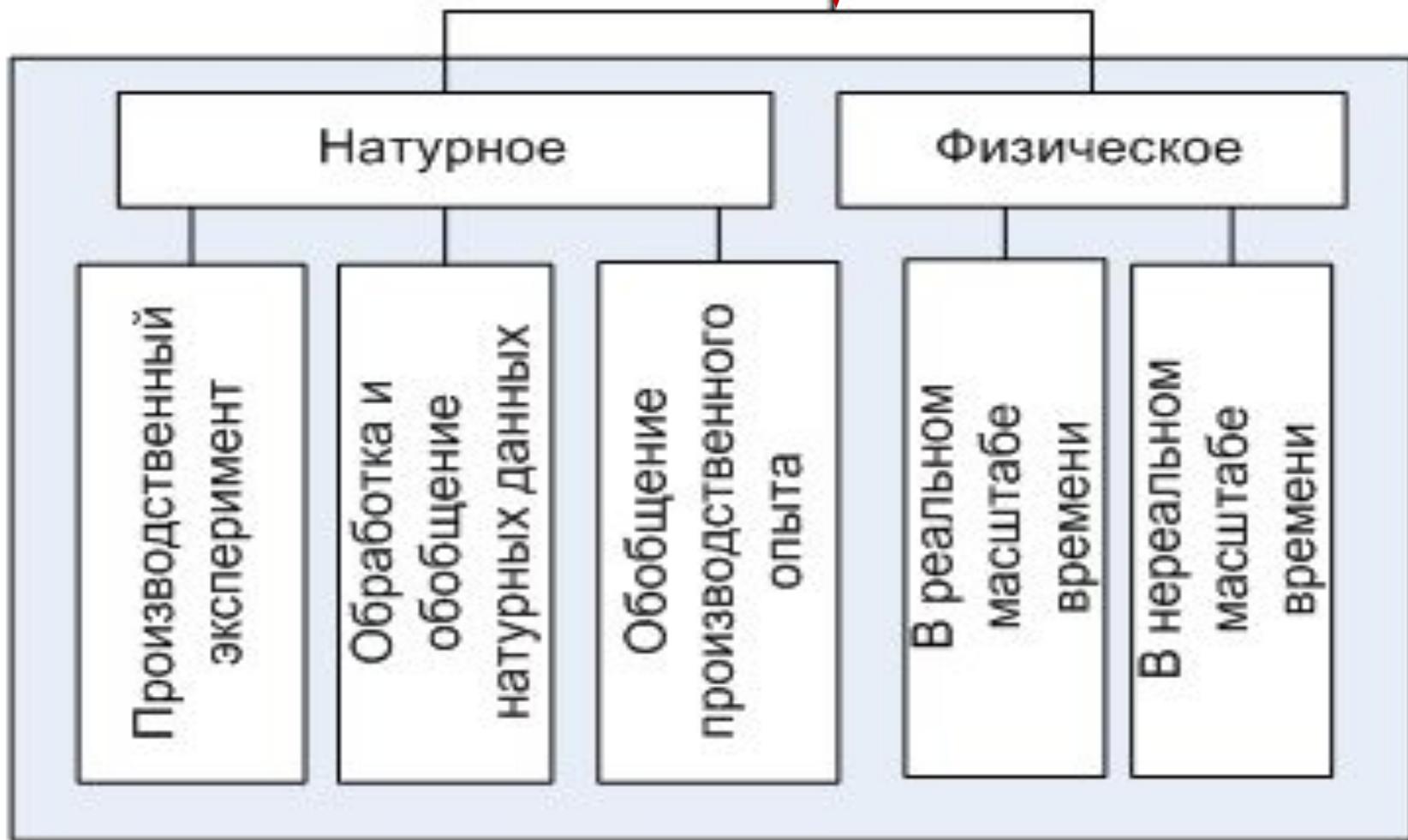
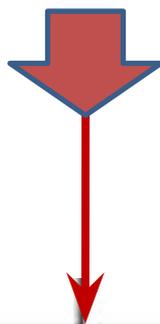
Общие понятия и определения

- Важнейшими требованиями к любой модели являются **ее адекватность изучаемому объекту** в рамках конкретной задачи и реализуемость имеющимися средствами.
- В теории эффективности и информатике **моделью объекта** (системы, операции) называется материальная или идеальная (мысленно представимая) система, создаваемая и/или используемая при решении конкретной задачи с целью получения новых знаний об объекте-оригинале, **адекватная** ему с точки зрения изучаемых свойств и более простая, чем оригинал, в остальных аспектах .

1. Классификация методов моделирования







2. Методы моделирования и их применение при синтезе и анализе сложных систем

- **Объекты считаются подобными**, если характеристики процессов, происходящих в каком-либо из них, отличаются от соответствующих характеристик другого объекта вполне определенными и постоянными в течение данного процесса коэффициентами.
- **Модель изучаемого явления (объекта)** при этом может быть иной физической природы, отличной то природы оригинала.
 - **Под моделированием** какого-либо объекта, (явления, системы), **обычно понимается воспроизведение и исследование другого объекта, подобного оригиналу в форме, удобной для исследования, и перенос полученных сведений на моделируемый объект.**

- Существуют различные методы моделирования: **геометрическое и физическое моделирование**, моделирование путем прямых аналогий, **математическое моделирование на аналоговых и цифровых вычислительных машинах** (АВМ и ЦВМ), полунатурное моделирование.
- Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. Применение того или иного метода определяется в каждом конкретном случае в зависимости от исследуемой системы и условий ее работы.
- При этом необходимо иметь набор правил и условий, выполнение которых обеспечивает требуемую **точность изучения заданного объекта по его модели.**

Эти правила и условия формулируются в теории полюбия

В состав САПР САУ вводятся:

- моделирование на ЭВМ (АВМ и ЦВМ) и **полунатурное моделирование**.
- В последнем случае с помощью средств САПР осуществляется не только воспроизведение и исследование объекта, но и управление процессами полунатурного моделирования.

При математическом моделировании, моделировании на ЭВМ, в качестве объекта моделирования, **оригинала**, выступают исходные уравнения, представляющие ММ объекта, в качестве модели - процессы, протекающие в соответствии с этими уравнениями и воспроизводимые на ЭВМ в виде «машинных решений» либо аппаратно (АВМ), либо путем реализации программ (ЦВМ).

Математическое моделирование САУ на АВМ и ЦВМ

Математическое моделирование САУ осуществляется на АВМ и ЦВМ, поэтому часто такие способы называют **аналоговым и цифровым моделированием.**

АВМ применяются в САПР САУ как консольные, терминальные, устройства на рабочих местах разработчиков и испытателей.

Управление АВМ осуществляется через терминальные станции центральным процессором в соответствии с общей идеологией построения САПР САУ.

Имитационное моделирование

В математическом моделировании выделяют **имитационное моделирование**, под которым понимается воспроизведение процессов, объектов, явлений с имитацией случайными величинами и случайными процессами звеньев оригинала.

Имитационное моделирование рассматривают так же, как **управляемый эксперимент**, производимый на ЭВМ.

В таком эксперименте определенные математическими модели объекта моделирования взаимодействуют с имитирующими возмущающими воздействиями.

Возмущающие воздействия могут быть детерминированными или формироваться генераторами случайных величин.

Это взаимодействие проводится по определенным в эксперименте правилам, а результаты моделирования подвергаются статистической обработке.

Полунатурное моделирование

Под полунатурным моделированием (моделированием с реальной аппаратурой) понимают исследование элементов реальной аппаратуры совместно с моделью остальной части системы, реализованной на ЭВМ.

Применение такого метода моделирования становится необходимым в тех случаях, когда не удается описать работу некоторых элементов системы математически.

Математическое моделирование

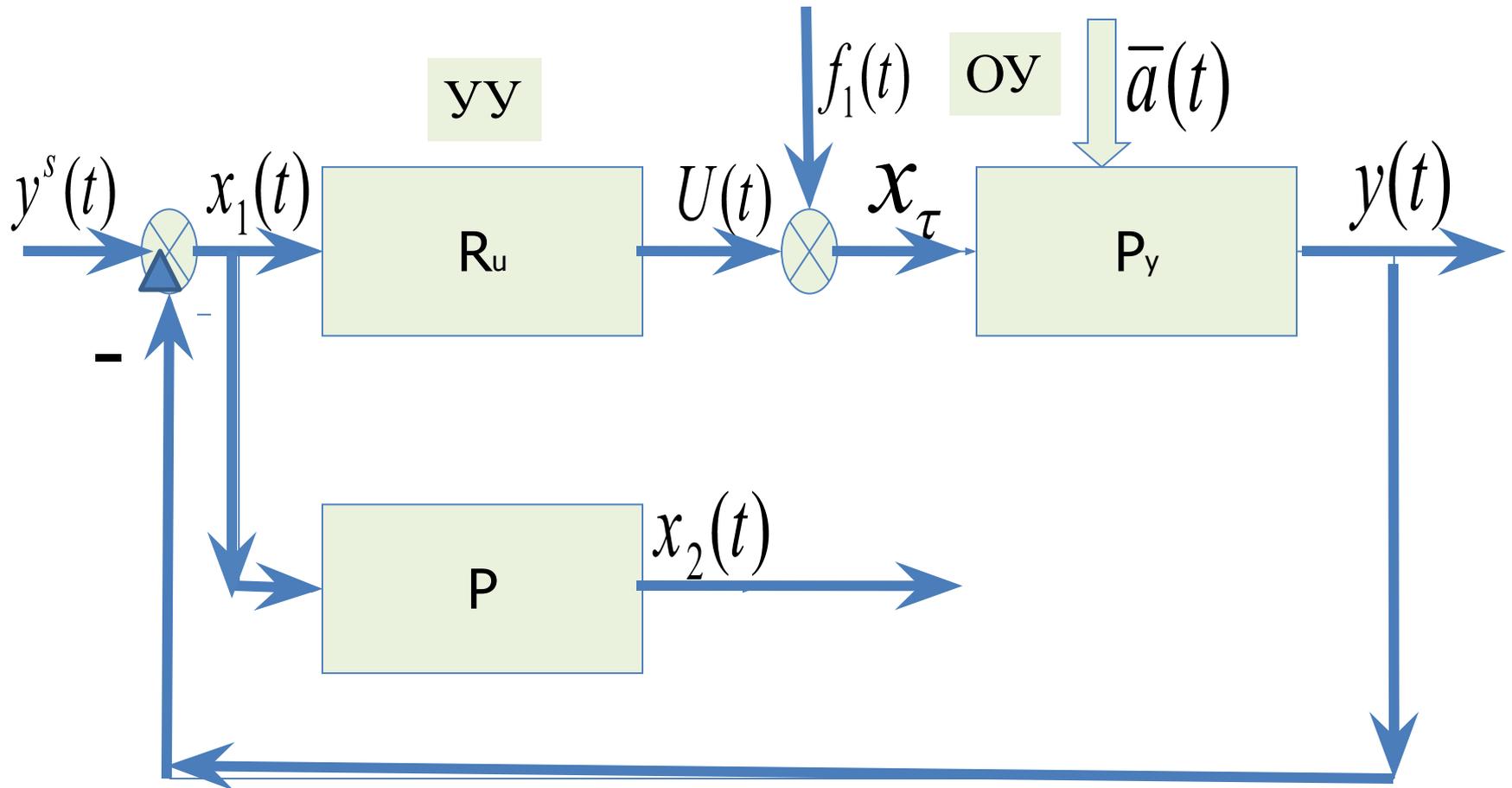
Математическое моделирование динамики САУ позволяет значительно уменьшить объемы макетных испытаний и осуществить:

- **решение** таких проектных задач, как **анализ** функционирования САУ, их устройств и элементов;
- **исследование** влияния изменения параметров и возмущающих воздействий на стабильность характеристик САУ,
- **выбор** структурной схемы САУ по задаваемым проектировщиком критериям;

- **оценки устойчивости, динамических и статических ошибок** для различных значений параметров выбранной структурной схемы и возмущающих воздействия.
- Основное требование к подсистеме моделирования САПР САУ - создание более эффективного по отношению к макетированию инструмента для решения перечисленных проектных задач.

3. Пример моделирования САУ программным методом.

Рассмотрим пример моделирования САУ, структурная схема которой имеет вид:



ГДЕ:

$y^s(t)$ - задающее воздействие;

$x_1(t), x_2(t)$ - сигнал ошибки и его производная;

$U(t)$ - управляющее воздействие;

$f_1(t)$ - координатное возмущение;

$\bar{a}(t)$ - параметрические возмущения;

$y(t)$ - управляемая координата;

R_u - оператор УУ;

P_y - оператор ОУ;

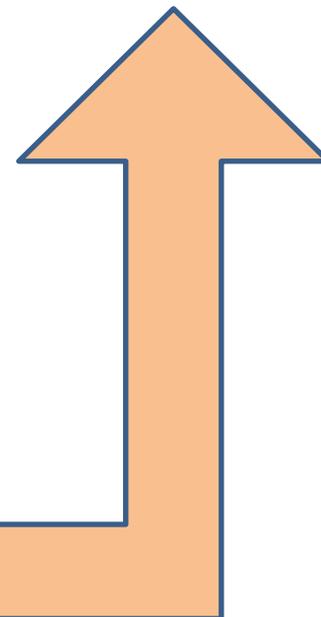
Пусть в устройстве управления УУ формируется управляющее воздействие $U(t)$ вида:

$$R_u : U(t) = k_1 x_1(t) + k_2 \int_0^t x_1(t) dt + k_3 dx_1(t) / dt$$

Пропорциональная ,

Интегральная

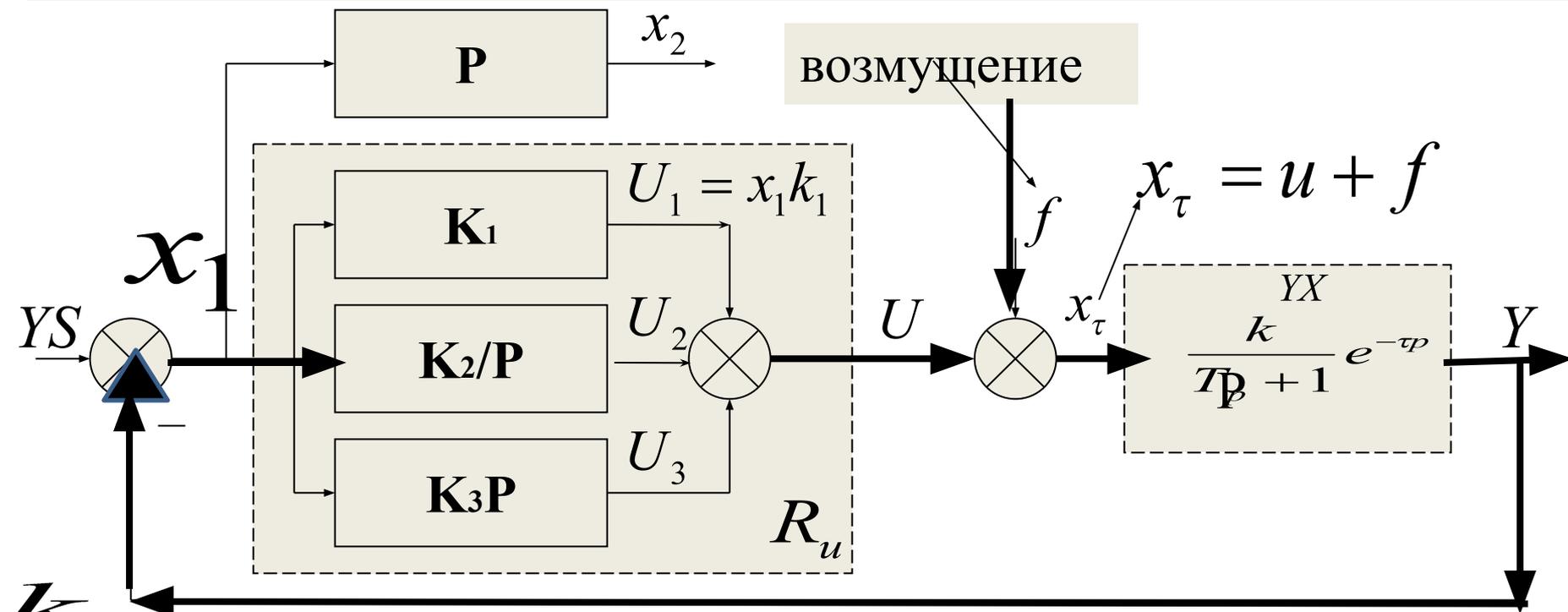
Дифференциальная



Объект управления – инерционное звено первого порядка с самовыравниванием и запаздыванием (ИНТ)

Знать: моделирование дифференциальной и интегральной составляющих

$$\frac{k}{T_P + 1} e^{-\tau p}$$



k_1 - коэффициент усиления **пропорциональной составляющей**

k_2 - коэффициент усиления **интегральной составляющей**

k_3 - коэффициент усиления **дифференциальной составляющей**

Моделирование инерционного объекта.

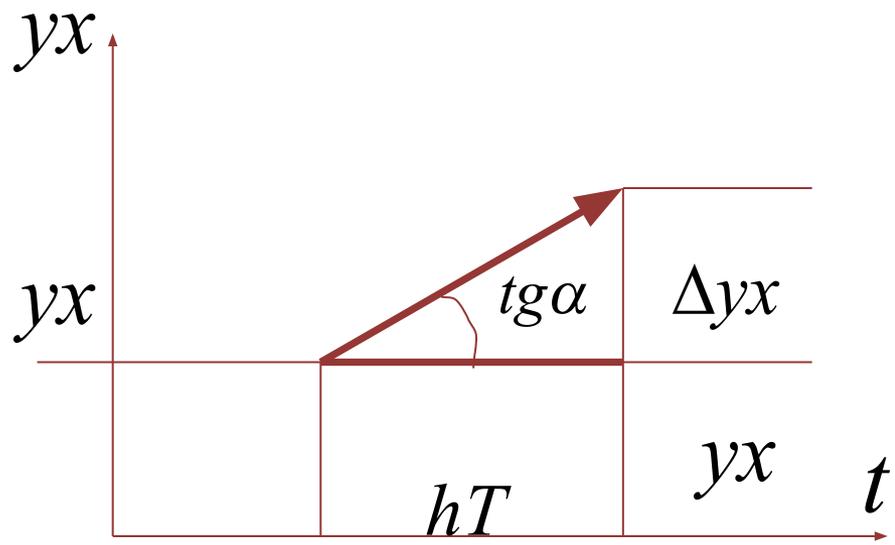
$$\frac{k}{T p + 1} e^{-\tau p}$$

$$T \frac{dy_x}{dt} + y_x = kx$$

$$\frac{dy}{dt} = y_1 = \frac{k}{T} x - \frac{1}{T} yx$$

где y_1 - производная

$$yx = yx + y_1 \cdot hT$$

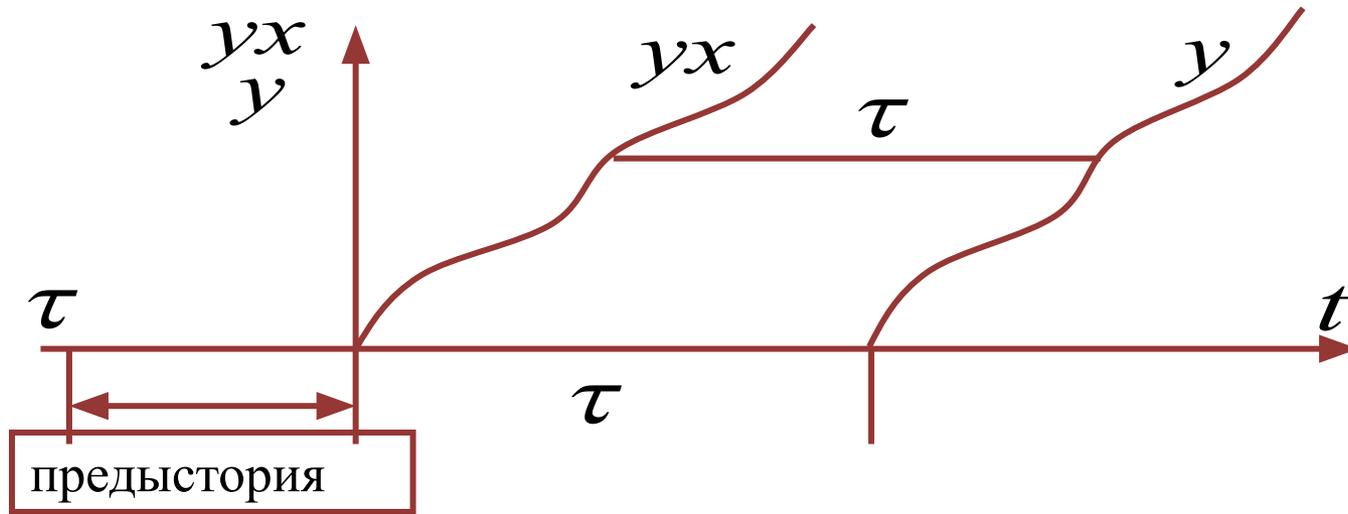


Уравнение Эйлера

$$yx = yx + \Delta yx$$

Пусть необходимо оценить динамику системы управления **при воздействии единичных координатных возмущений $f(t)$ и $y_s(t)$** (оценка режима стабилизации и управления по заданию).

Моделирование звена запаздывания



Введем одномерный массив YR [N1] размерностью N1 элементов.

где $N1 = \left[\frac{\tau}{HT} \right] + 1;$ HT - шаг моделирования

$YR = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ $Y = YR(J)$

$j = 1 \rightarrow (+1) \rightarrow N1$



