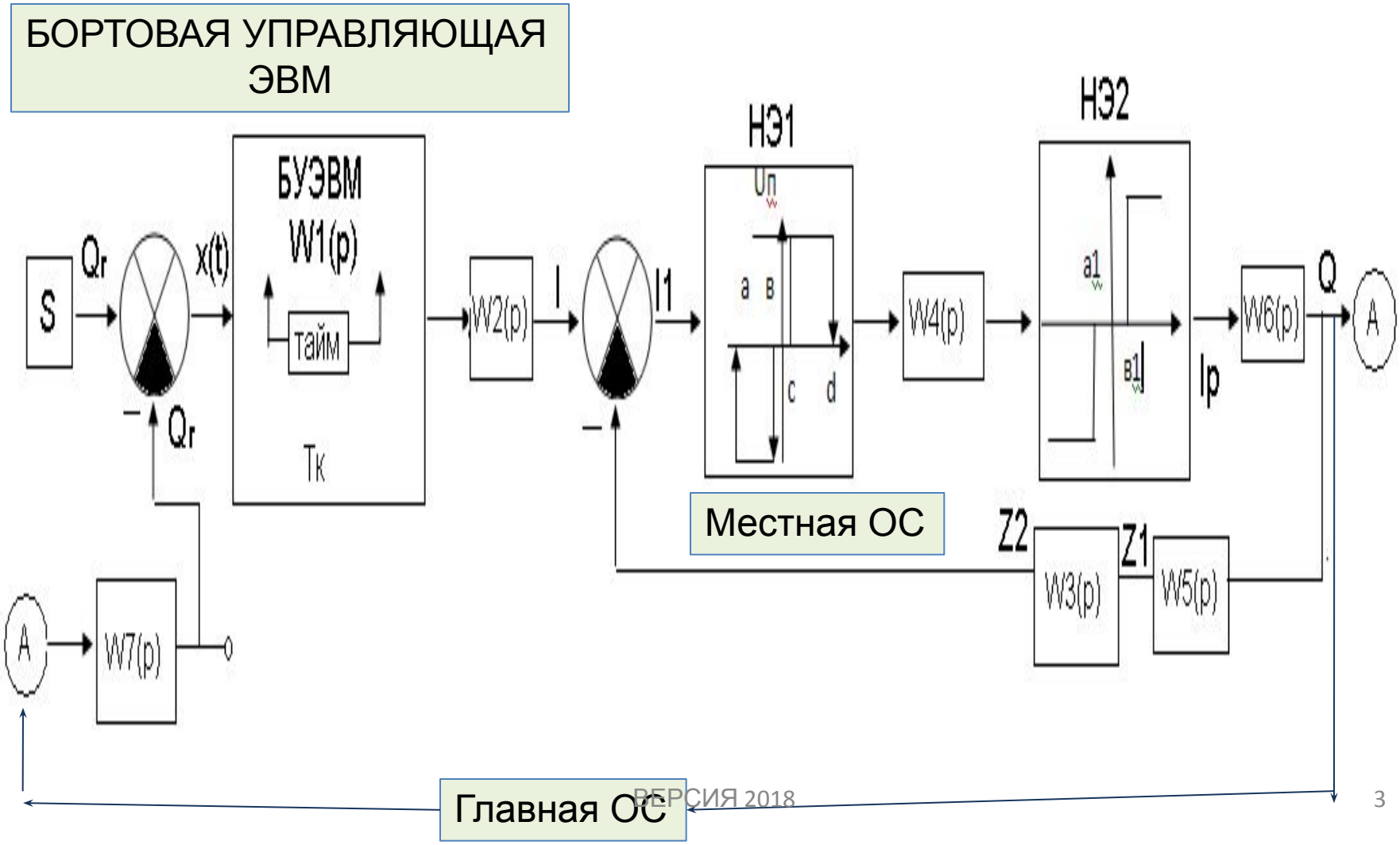
Моделирование цифровых систем управления самолетом.

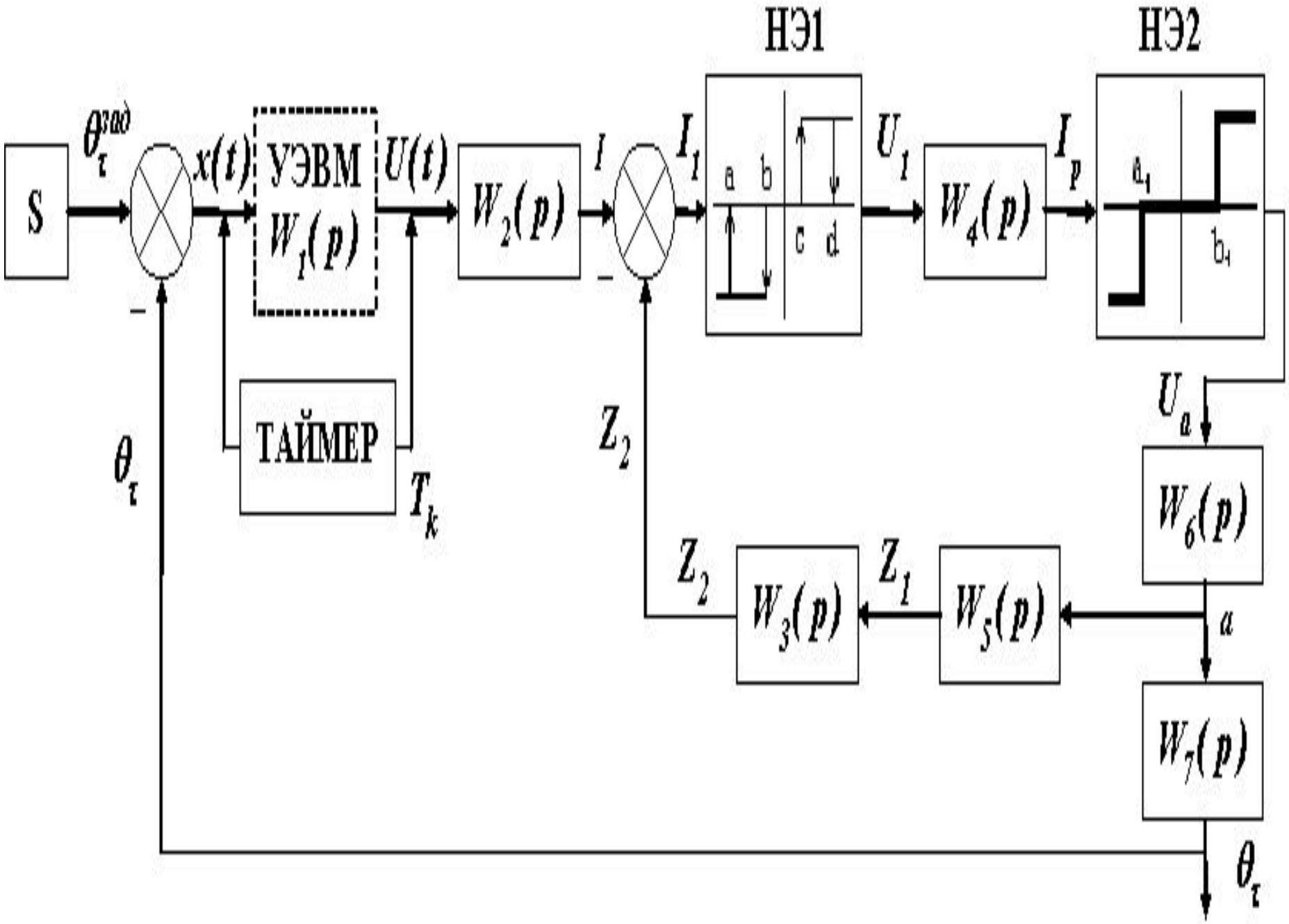
ГРИГОРЬЕВ В.А.

Содержание

1. Структурная схема цифровой системы управления автопилотом самолета с учетом нелинейных составляющих.
2. Схема сборки имитационной модели ИМ.
3. Цифровые регуляторы. Моделирование.

Рассмотрим структурную схему цифровой системы управления автопилотом самолета с учетом нелинейных составляющих.




НЭ1
НЭ2
S
$\theta_\tau^{зад}$
x(t)
УЭВМ
$W_1(p)$
U(t)
$W_2(p)$
I
I_1
a b c d
U_1
$W_4(p)$
I_p
a_1
b_1
ТАЙМЕР
T_k
θ_τ
Z_2
U_a
$W_6(p)$
Z_2
$W_3(p)$
Z_1
$W_5(p)$
a
$W_7(p)$
θ_τ

- Система управления содержит задатчик курса S, формирующий заданное значение курса самолета $Q^{зад}_{г}$.
- Блок сравнения формирует сигнал ошибки x(t) как разность между заданным значением и измеренным значением

  $x(t) = Q^{зад}_{г} - Q_{г}$
- где $Q_{г}$ – измеренное значение курса.

Схема включает бортовую управляющую машину БУЭВМ, которая реализует дискретный алгоритм управления для формирования

интервале квантования Тк, где U(t) – управляющее воздействие на исполнительные устройства самолета.

Таймер УЭВМ с интервалом квантования Тк реализует подключение ЭВМ с помощью АЦП и ЦАП.

На основании анализа динамических свойств конкретных элементов входящих в систему управления получены разработчиками их следующие передаточные функции :

$$W1(p) = A\mu$$ Дискретный алгоритм управления

$$W2(p) = \frac{k2}{T2p+1}$$ Инерционное звено

$$W3(p) = \frac{k3}{T3p+1}$$ Инерционное звено

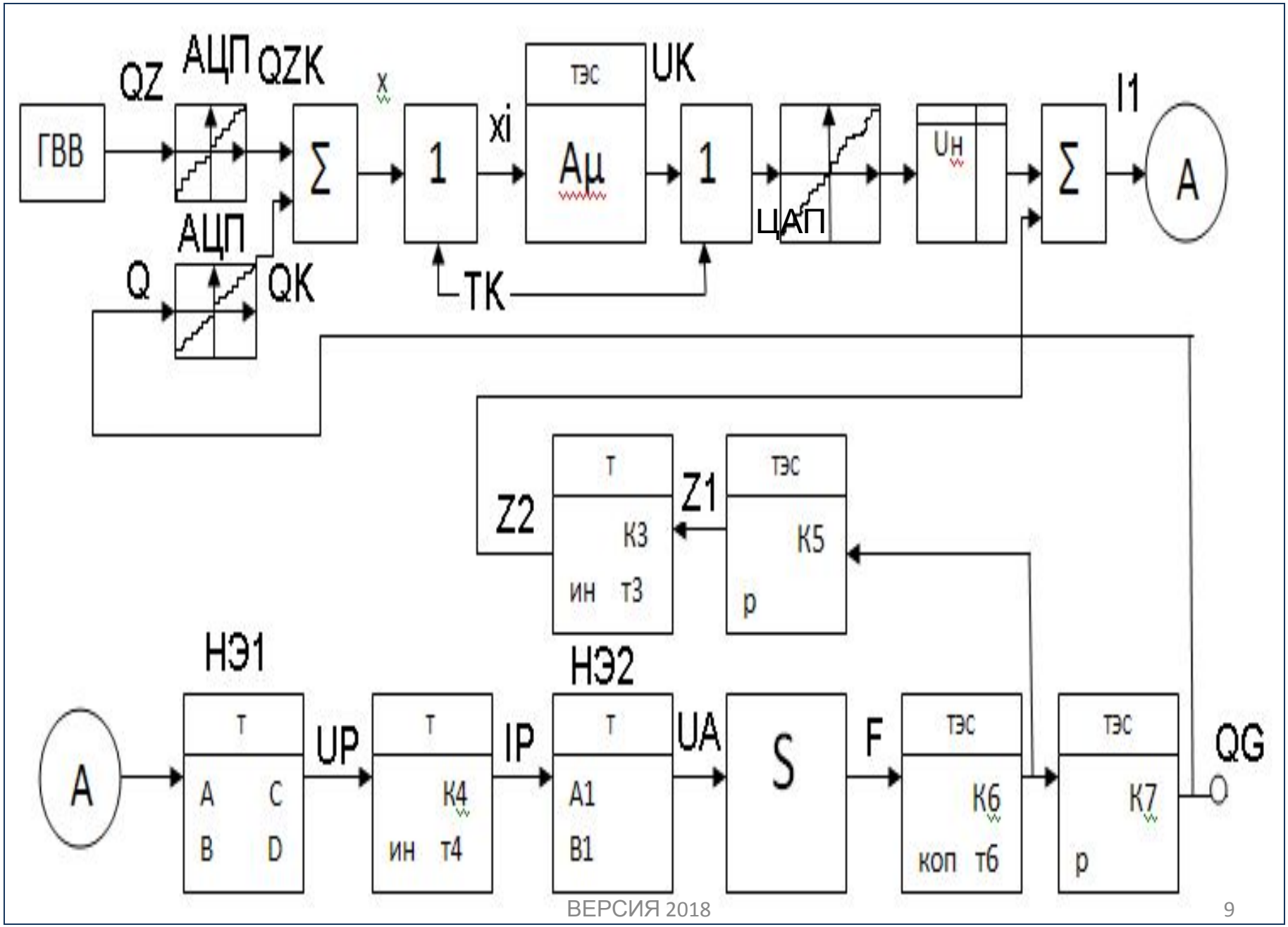
$$W4(p) = \frac{k4}{T4p+1}$$ Инерционное звено

$$W5(p) = k5p$$ дифференцирующее звено

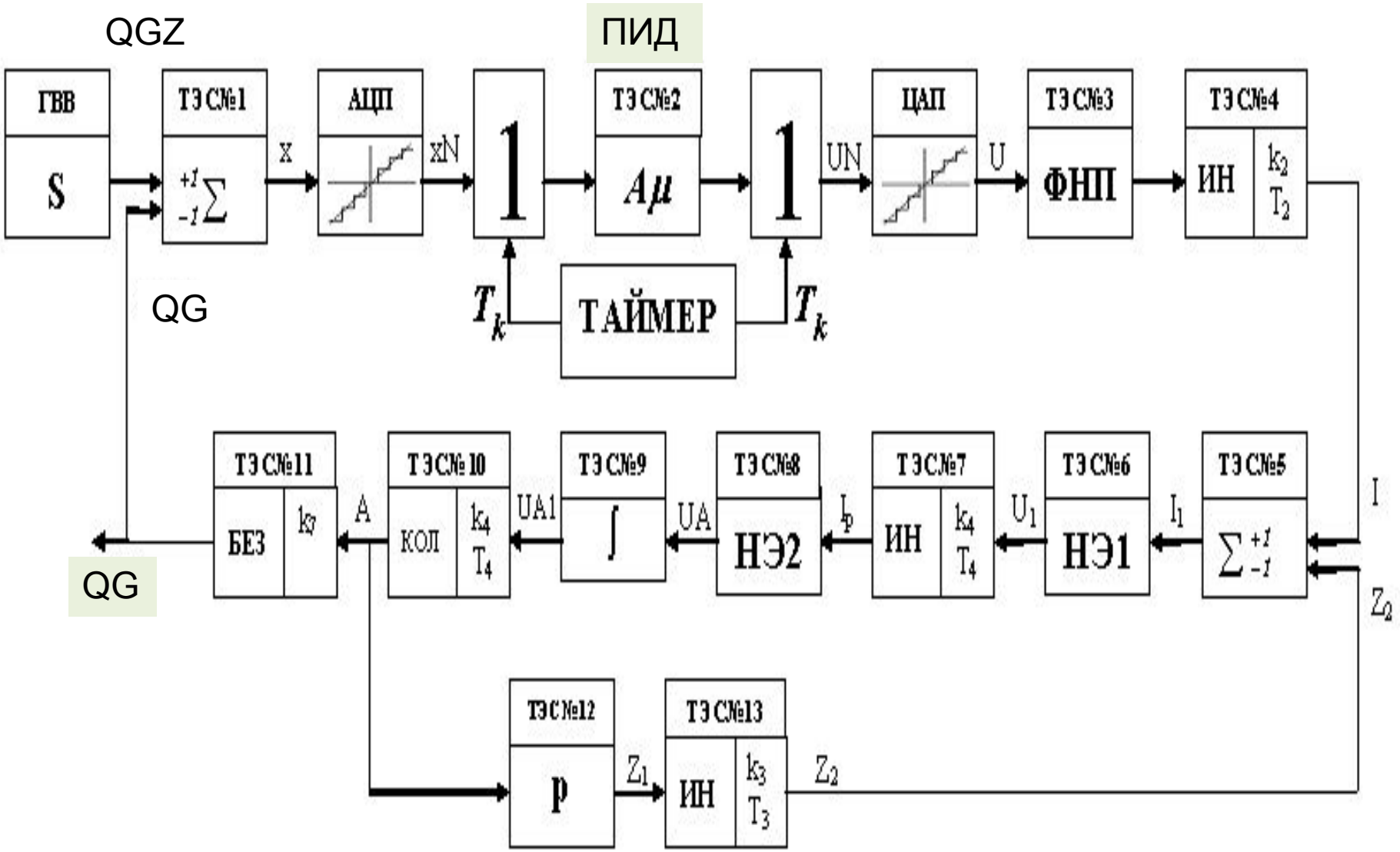
$$W6(p) = \frac{k6}{p(T_6^2 p^2 + 2T_6 p + 1)}$$

- При программировании реальной модели системы необходимо моделировать линейную часть системы (инерционные звенья), например, методом Эйлера или модифицированным методом Эйлера.
- Колебательные звенья приводятся к системам дифференциальных уравнений первого порядка и решаются методом Рунге-Кутта.

Схема сборки ИМ.



Второй вариант сборки модели



3. Цифровые регуляторы

В непрерывных системах широко используются PID-регуляторы, которые представляются идеализированным уравнением:

$$u(t) = K_P \cdot \left[x(t) + \frac{1}{T_I^x} \int_0^t x(t)dt + T_D^x \frac{dx(t)}{dt} \right].$$

- где: K_P - коэффициент усиления пропорционального канала; T_I^x - постоянная времени интегрального канала (ВРЕМЯ ИЗОДРОМА); T_D^x - постоянная времени дифференциального канала (ВРЕМЯ ПРЕДВОРЕНИЯ).

- Для малых периодов дискретизации $T_ц$ (ИНТЕРВАЛА КВАНТОВАНИЯ) уравнение может быть преобразовано в разностное без существенной потери в точности.
- Непрерывное интегрирование может быть представлено с помощью метода прямоугольников , или метода трапеций .
- Используем метод прямоугольников для аппроксимации непрерывного интеграла и запишем PID-закон в дискретном виде:

$$u[n] = K_P \cdot \left[x[n] + \frac{T_ц}{T_I^x} \sum_{i=0}^{n-1} x[i] + \frac{T_D^x}{T_ц} \left(x[n] - x[n-1] \right) \right].$$

В результате получен **нерекуррентный** (позиционный) алгоритм управления, который требует сохранения всех предыдущих значений сигнала ошибки $x[i]$, и в котором каждый раз заново вычисляется управляющий сигнал $u[n]$.

- ЭТО ТРЕБУЕТ ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ПАМЯТИ (для хранения массива **X**) И ВРЕМЕНИ НА РАССЧЁТ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ.

Для реализации программ закона регулирования на ЦВМ более удобным является рекуррентный алгоритм.

- Он характеризуется тем, что для вычисления текущего значения сигнала $u[n]$ используется его предыдущее значение $u[n\text{-}1]$ и поправочный коэффициент, не требующий существенных вычислительных затрат.
- Определим его:

РЕКУРЕНТНЫЙ ПИД АЛГОРИТМ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ НА УВМ

ПРИРАЩЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ

$$u[n]-u[n-1]=u[n]-K_P\left[x[n-1]+\frac{T_ц}{T_I^x}\sum_{i=0}^{n-2}x[i]+\frac{T_D^x}{T_ц}\left(x[n-1]-x[n-2]\right)\right]\ominus$$

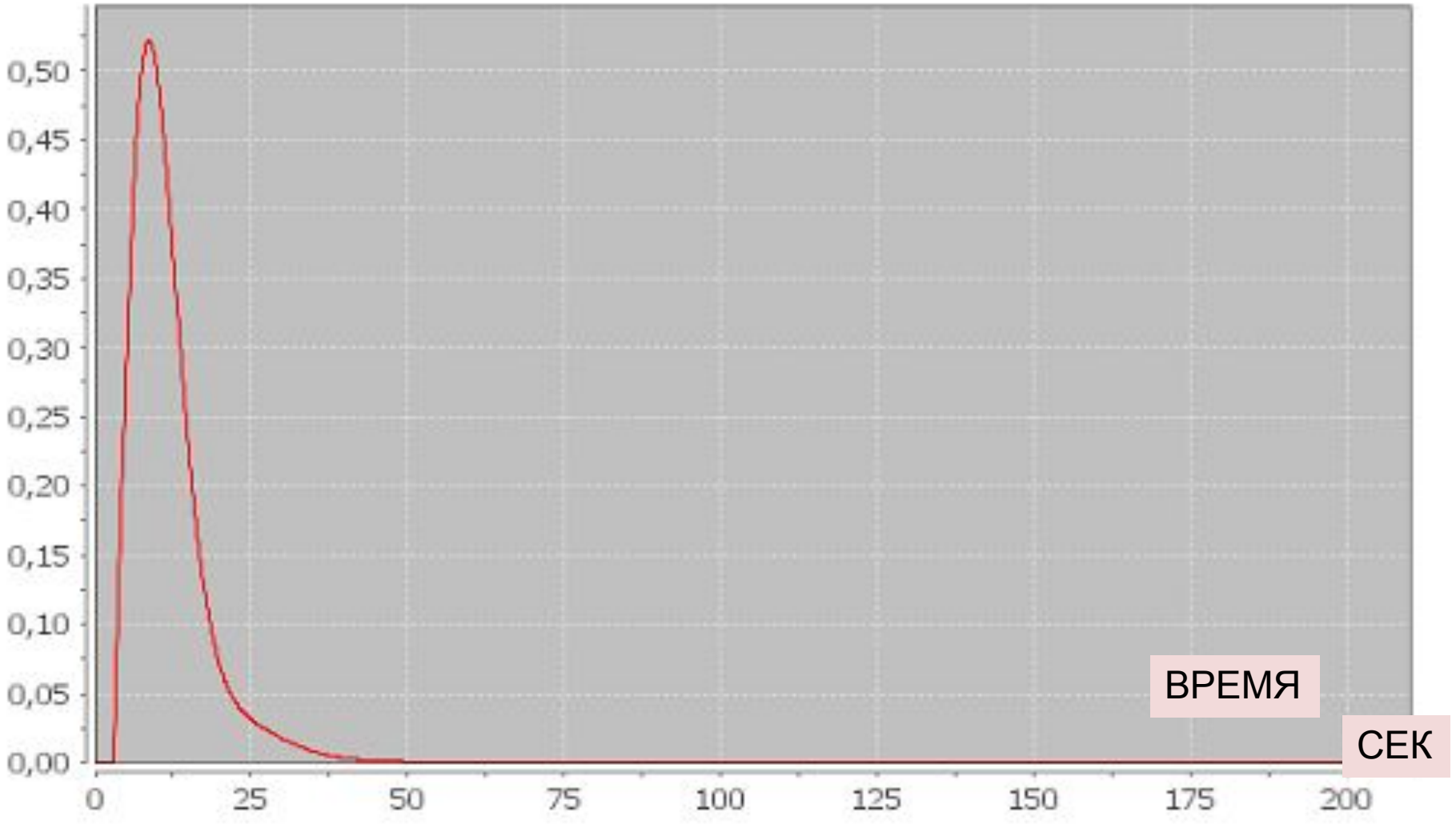
$$\ominus K_P\cdot\left[x[n]-x[n-1]+\frac{T_ц}{T_I^x}x[n-1]+\frac{T_D^x}{T_ц}\left(x[n]-2x[n-1]+x[n-2]\right)\right]\ominus$$

$$\ominus K_P\cdot\left[\underbrace{\left(1+\frac{T_D^x}{T_ц}\right)}_{b_0/K_P}\cdot x[n]+\underbrace{\left(\frac{T_ц}{T_I^x}-1-2\cdot\frac{T_D^x}{T_ц}\right)}_{b_1/K_P}\cdot x[n-1]+\underbrace{\frac{T_D^x}{T_ц}}_{b_2/K_P}\cdot x[n-2]\right]$$

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА СТАБИЛИЗАЦИИ

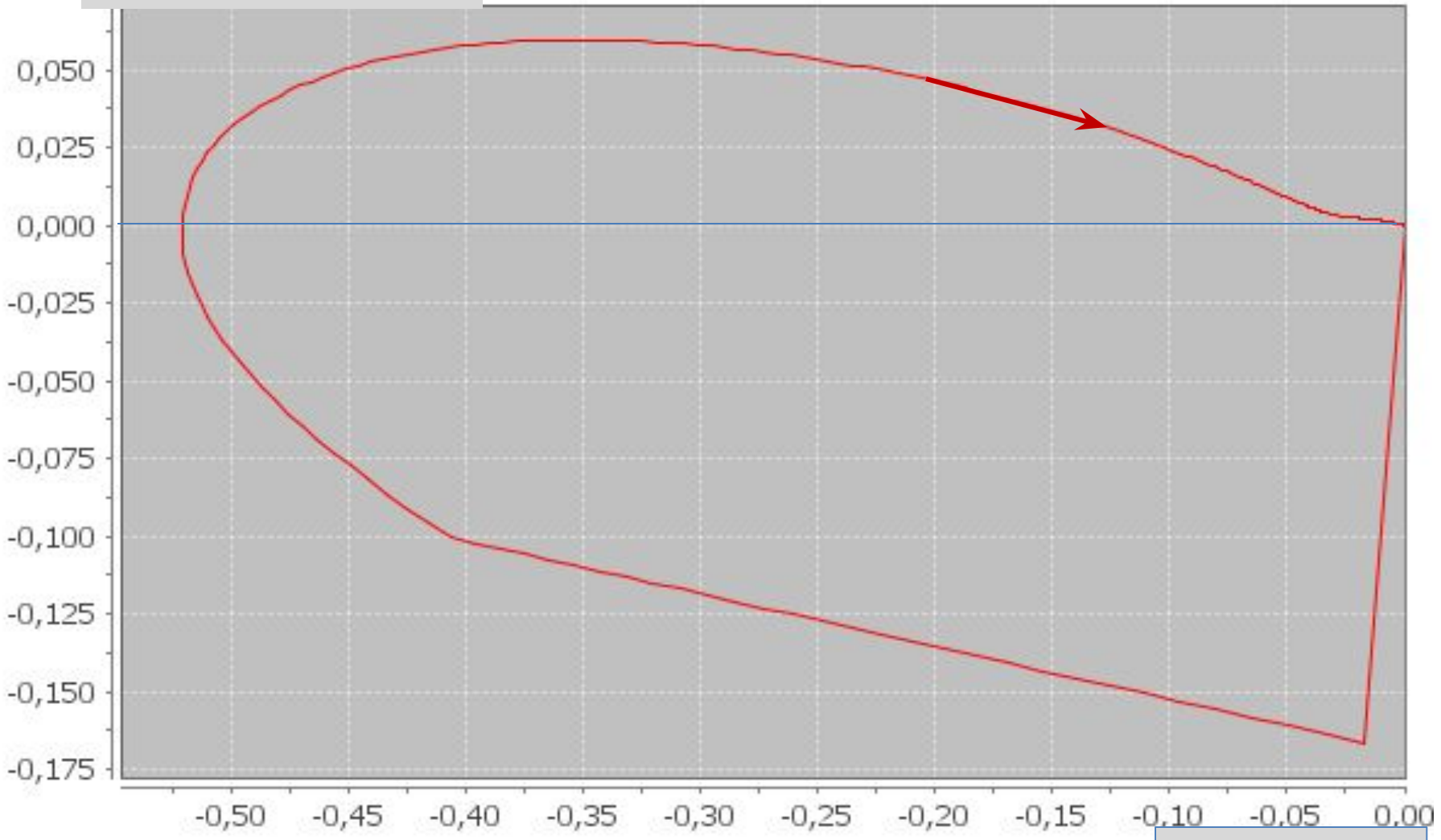
ОПТИМАЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС БЕЗ УЧЕТА ОГРАНИЧЕНИЙ И СУЩЕСТВЕННЫХ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ

ОТКЛОНЕНИЕ ОТ КУРСА при координатных возмущениях

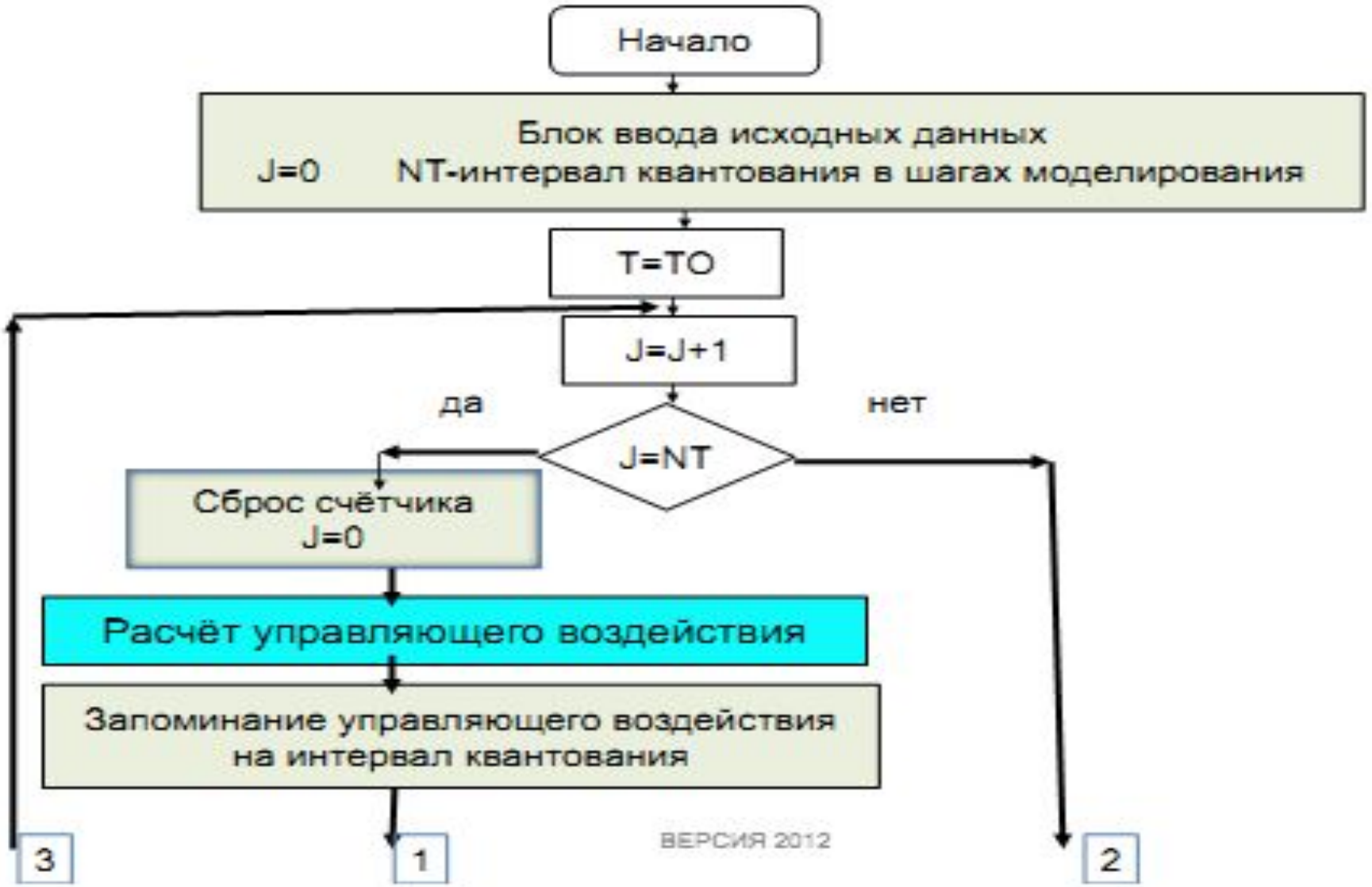


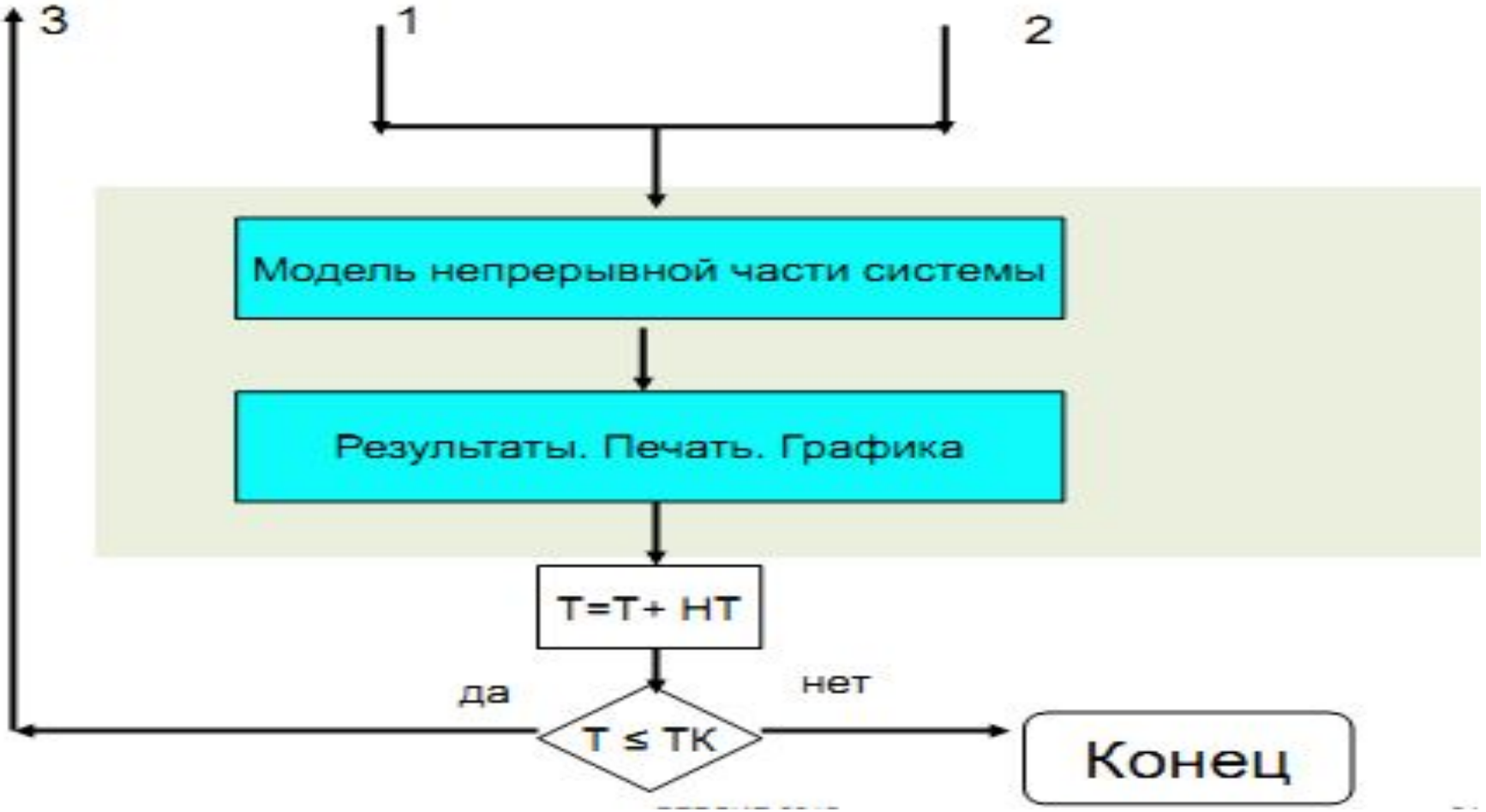
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА СТАБИЛИЗАЦИИ

ФАЗОВЫЙ ПОРТРЕТ ОПТИМАЛЬНЫЙ



Использование рекуррентного алгоритма для расчёта управляющего воздействия




3
1
2
Модель непрерывной части системы
Результаты. Печать. Графика
T=T+ HT
да
нет
T ≤ TK
Конец

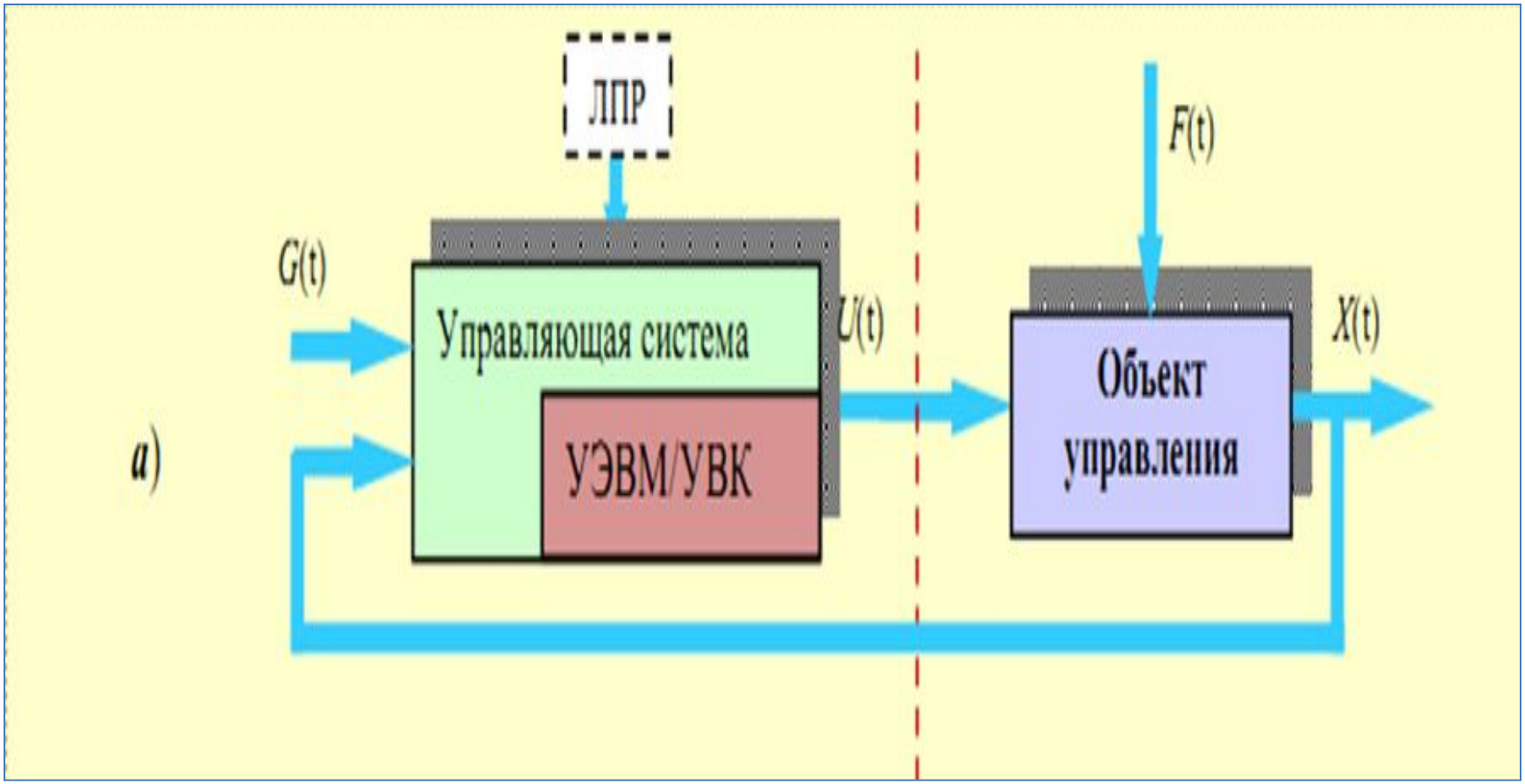
Управление – это прежде всего информационный процесс, предполагающий выполнение функций сбора, обработки и анализа информации, её передачи и хранения, **необходимых для выработки соответствующих управленческих решений.**

Современные управляющие системы являются сложными, многофункциональными, многорежимными, распределенными системами.

Их базовую часть составляют логико-вычислительные средства, специально предназначенные для решения задач управления, обеспечивающие оптимальные (или близкие к ним) режимы работы системы управления.

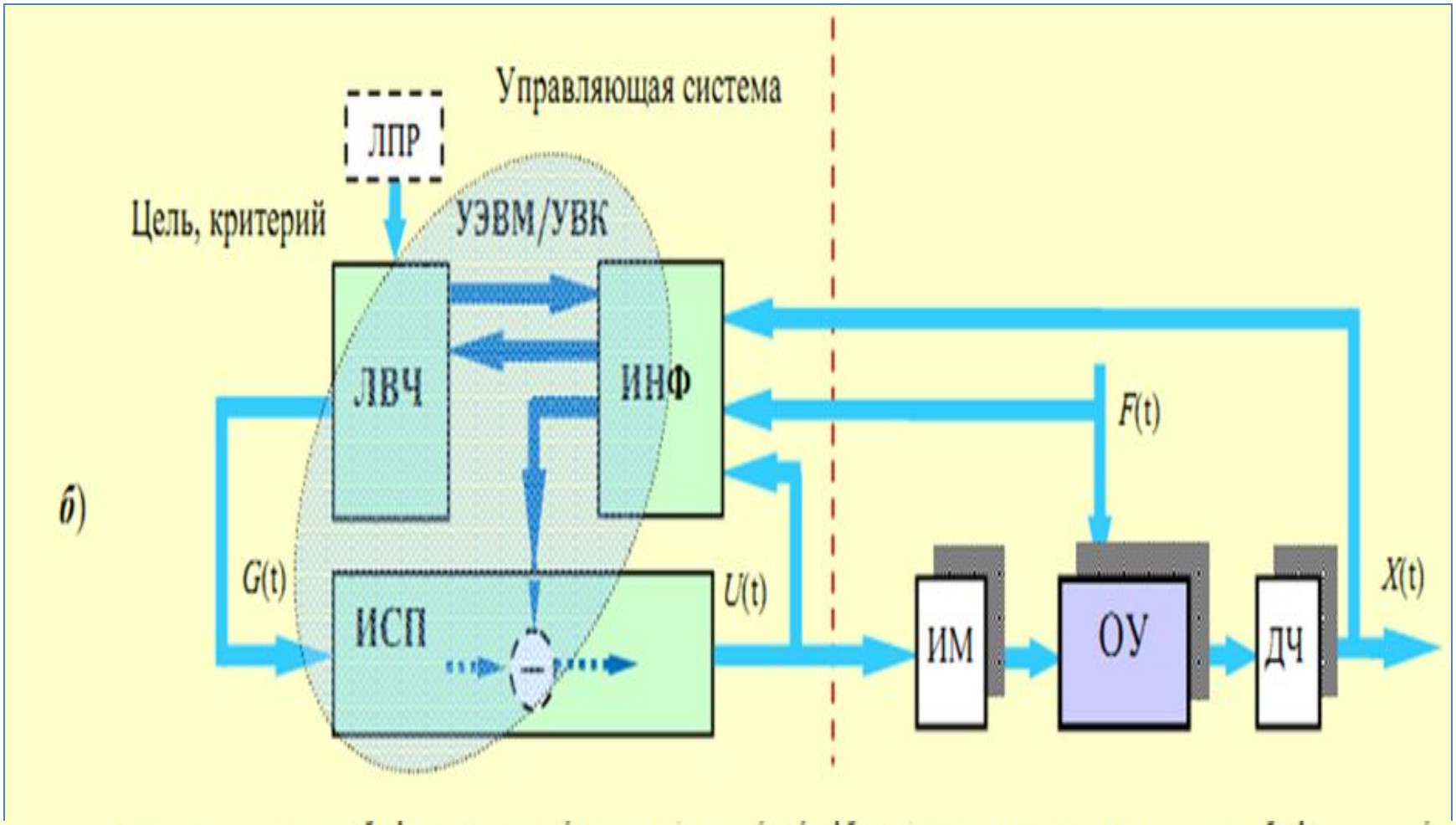
Такие средства называют управляющими электронными вычислительными машинами (УЭВМ), представляющими собой специализированные вычислительные машины, используемые в качестве центрального звена

Обобщённая схема системы управления



ЛПР - лицо принимающее решения

Функциональная схема системы управления



ИМ – исполнительные механизмы; ДЧ – датчики; ЛПР – лицо, принимающее решение;

ЛВЧ/ИНФ/ИСП – соответственно логико-вычислительная, информационная и исполнительная подсистемы

Управляющих ЭВМ и комплексы

Управляющих ЭВМ и комплексы - это программно-технические комплексы (ПТК), включающие в себя программируемые контроллеры – управляющие устройства и инструментальные программные системы для разработки и реализации программно-аппаратного обеспечения всех уровней системы.

Программируемые контроллеры (ПРК) – это основа современных управляющих систем, т.к. именно их структуры, в том числе и сетевые, оснащенные соответствующим системным и прикладным ПО, выполняют все функции управляющих вычислительных машин и комплексов, а также реализуют ряд новых функций и возможностей.

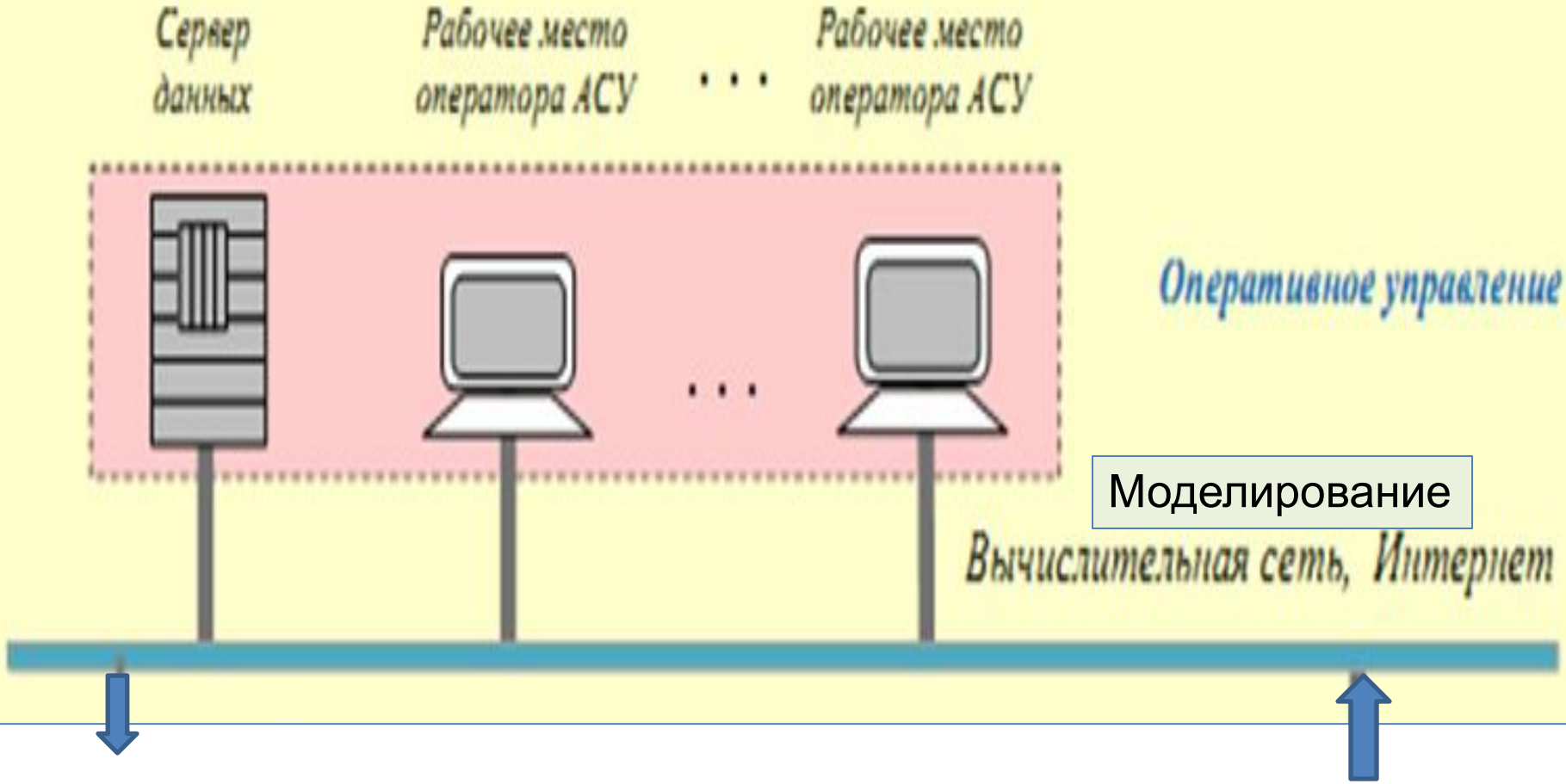
Программно-технические комплексы (ПТК)

- Выше было отмечено, что при разработке логико-вычислительных управляющих средств необходимо опираться на современные программно-технические комплексы, сетевые и информационные технологии, подобные средства представляют собой многоуровневую иерархическую систему (рис.).

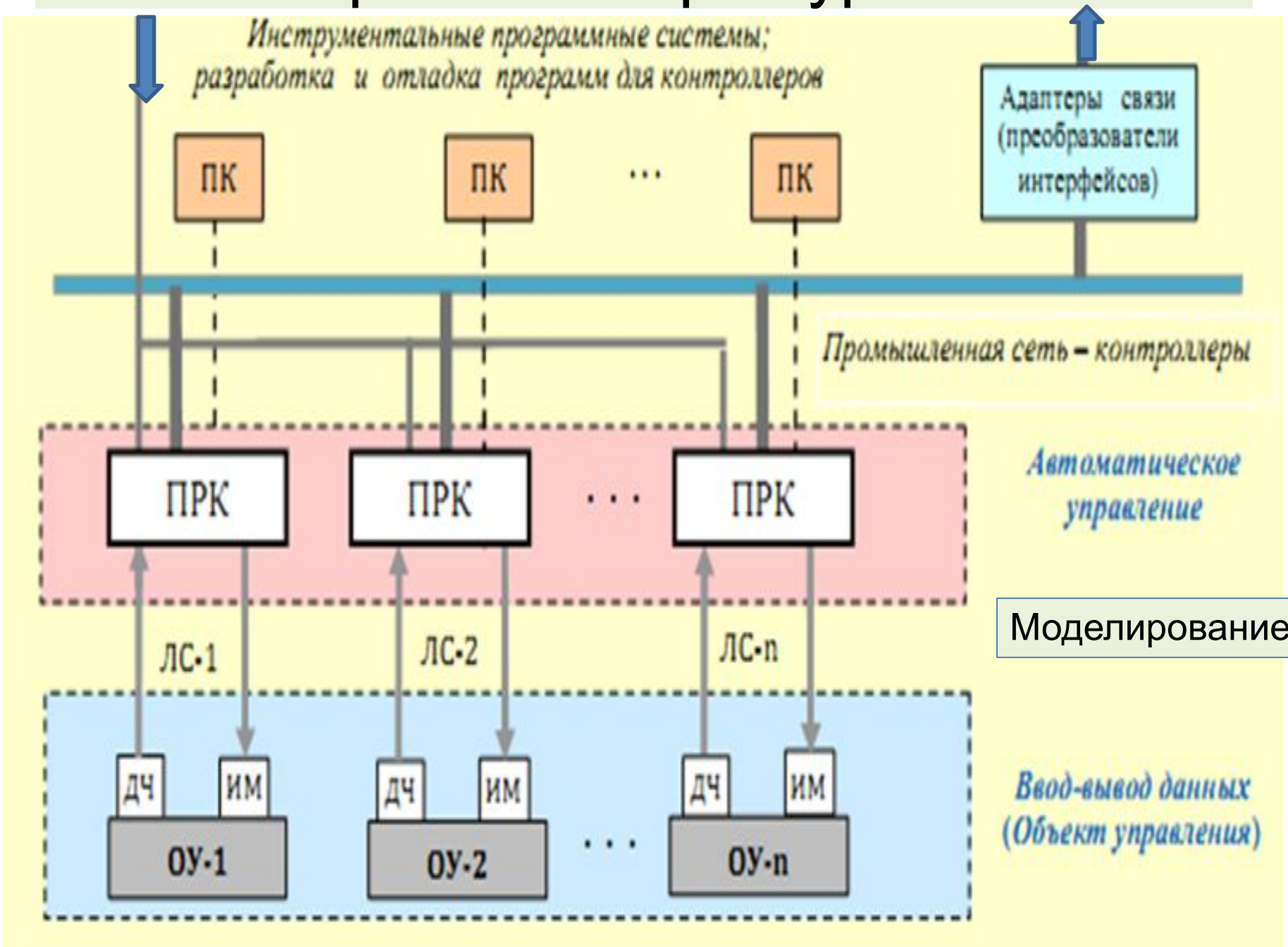
Моделирование:

- Одного контура управления с учётом квантования;
- Всех контуров управления ОУ с учетом дисциплины обслуживания;
- Промышленной сети контроллеров;
- Информационно управляющей системы;
- Систем поддержки принятия решений.

Рис. 1.2. Общая функциональная схема трехуровневой распределенной системы: ПРК – программируемый контроллер; ОУ-1… ОУ-n • части распределенного объекта управления; ЛС-1… ЛС-n • локальные системы управления; ПК – персональный компьютер; ДЧ – датчики; ИМ • исполнительные механизмы



Первый и второй уровни



Моделирование

Взаимодействие компонентов УВК

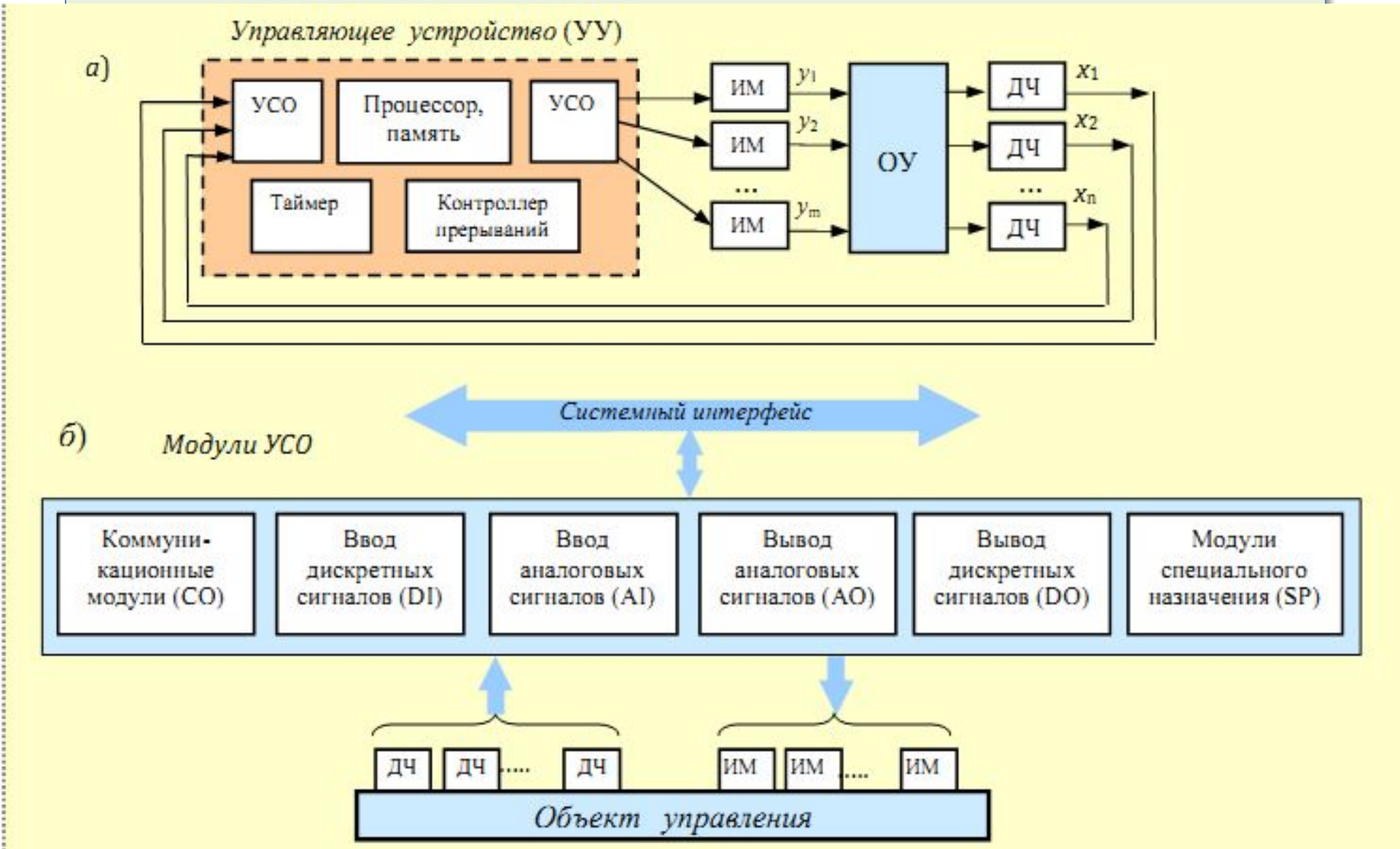


Рис. 1.9. Типовой состав и взаимодействие компонентов УВК (*а*), типы модулей УСО. ДЧ – датчики; ИМ – исполнительные механизмы