

**Основные законы регулирования: пропорциональный, интегральный пропорционально-интегральный (ПИ), пропорционально-дифференциальный (ПД) и пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) законы.**

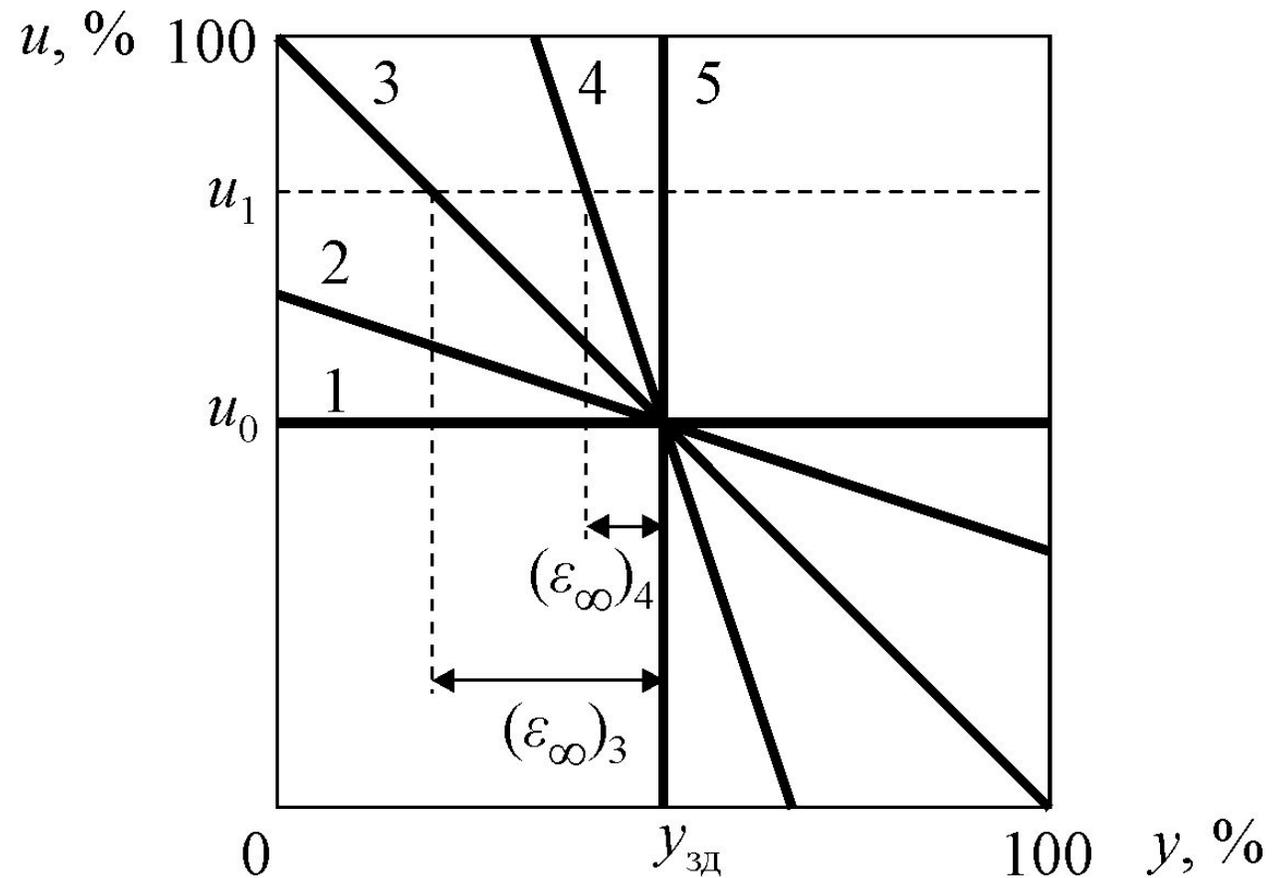
Законом действия регулятора называют функциональную зависимость между погрешностью регулирования  $\varepsilon = u_{зд} - u$  и изменением управляющего воздействия  $\Delta u$ .

### **Пропорциональный закон регулирования.**

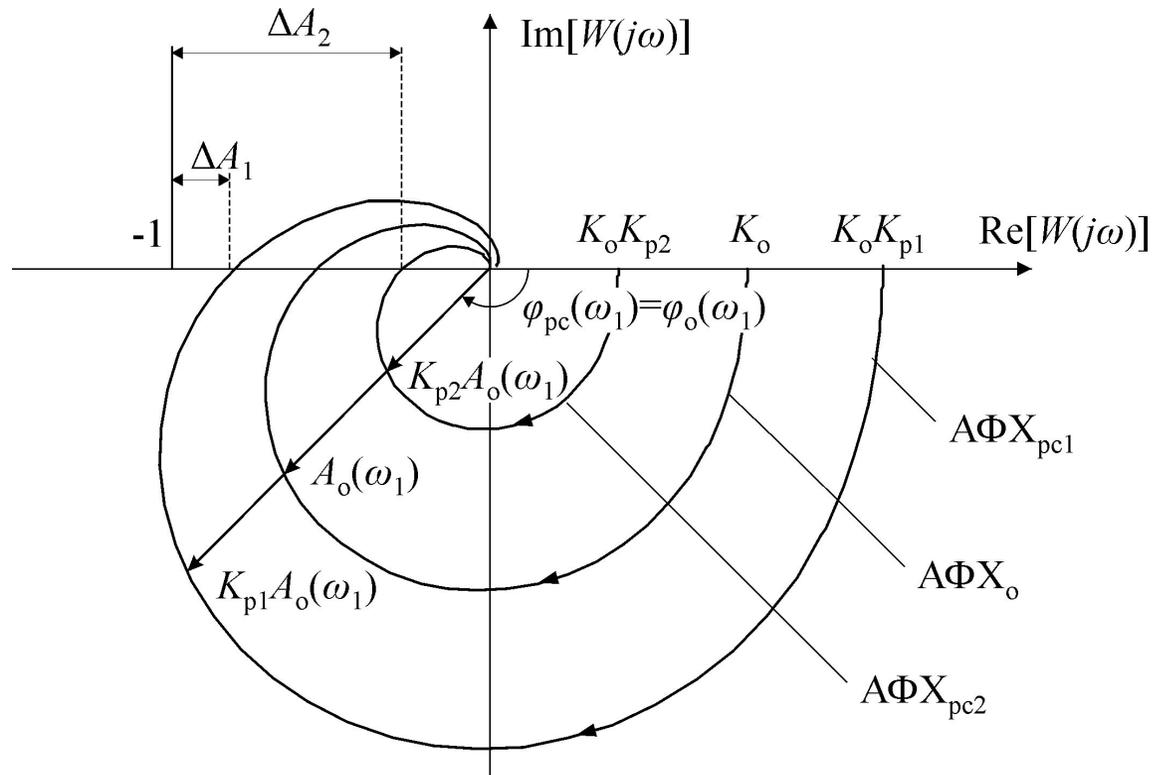
Пропорциональным называют линейный закон регулирования, отражающий прямо пропорциональную зависимость между изменением управляющего воздействия и погрешностью регулирования:

$$\Delta u(\tau) = K_p \varepsilon(\tau)$$

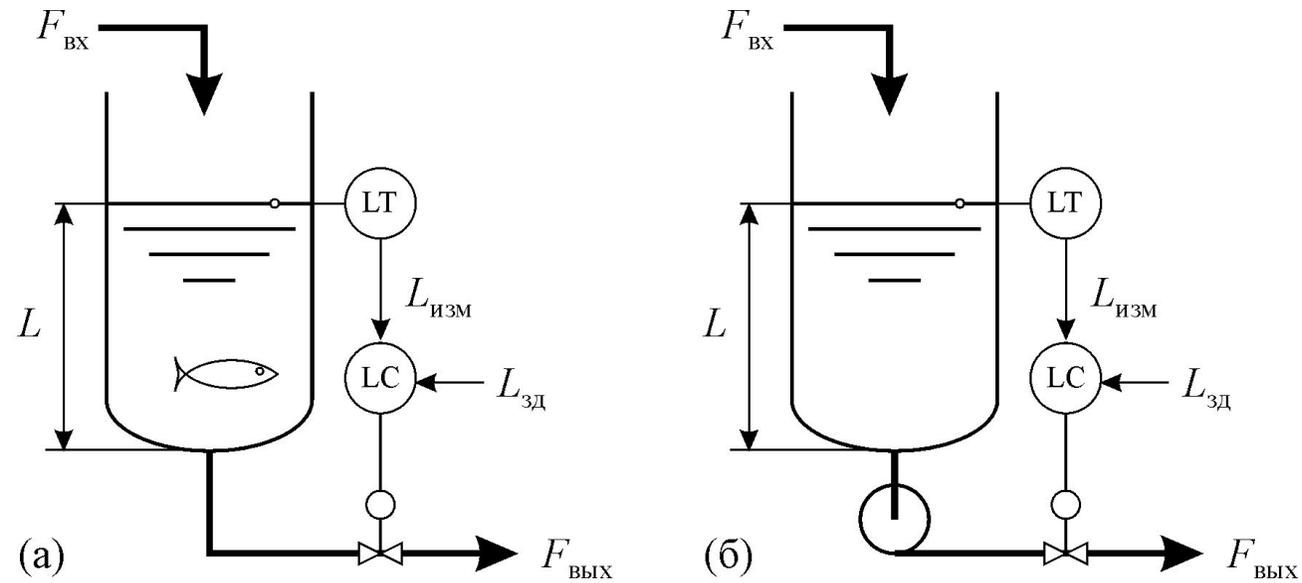
Статические характеристики П-регулятора при  
различных коэффициентах усиления  $K_p$



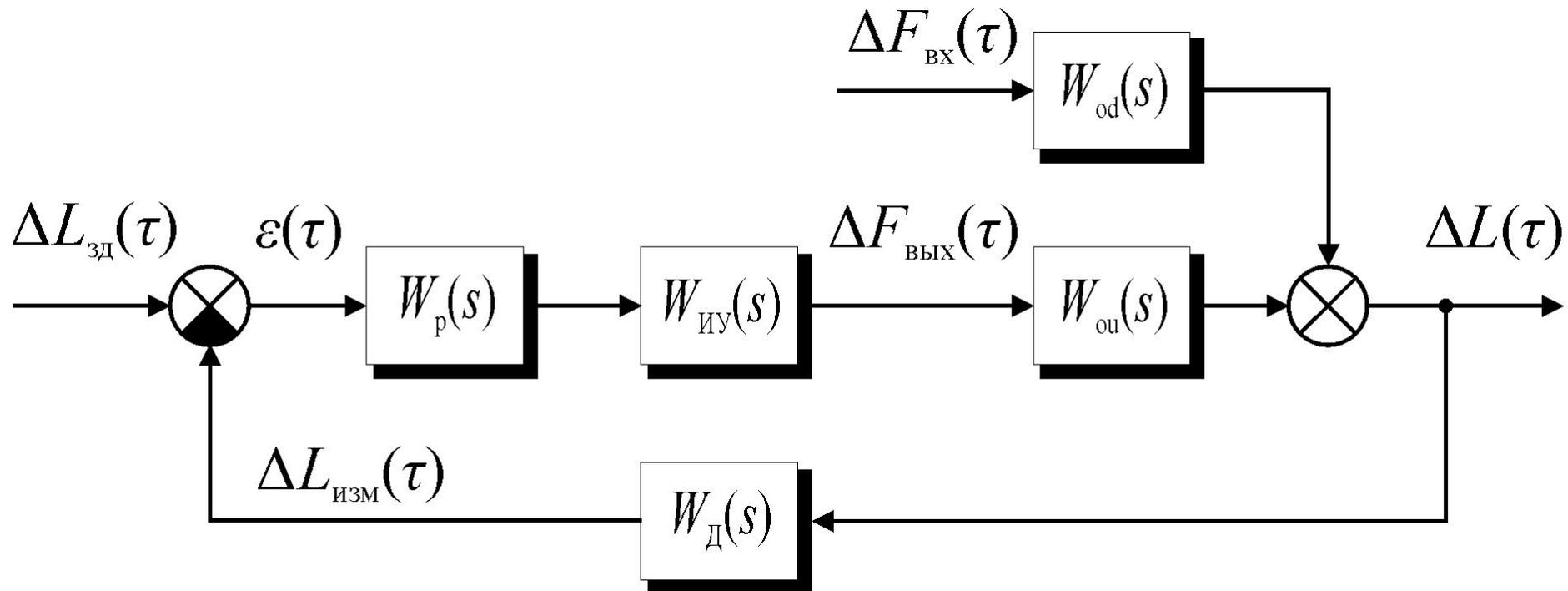
Влияние коэффициента усиления П-регулятора на характер изменения АФЧХ разомкнутой системы регулирования



Регулирование уровня в статическом (а) и астатическом (б) объектах



Структурная схема системы регулирования уровня в объекте первого порядка П-регулятором

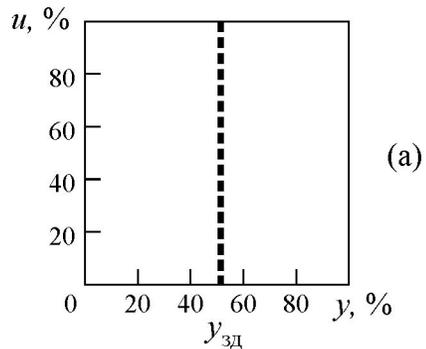


Интегральный закон регулирования

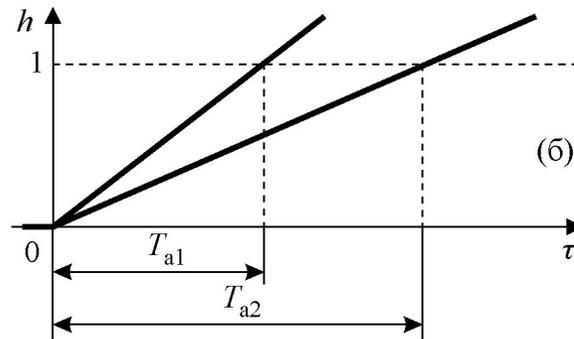
Управляющее воздействие, формируемое интегральным регулятором, пропорционально интегралу по времени от ошибки регулирования:

$$\Delta u(\tau) = \frac{1}{T_a} \int_0^\tau \varepsilon(\tau) d\tau$$

Характеристики И-регулятора



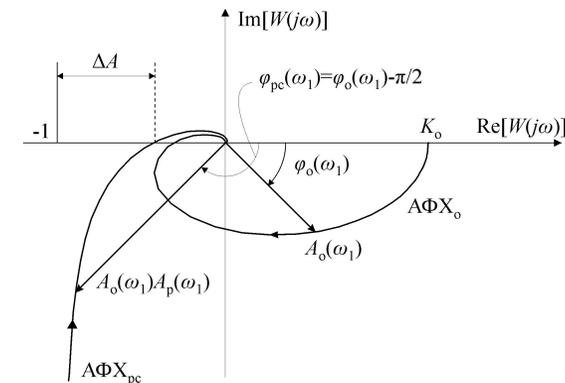
(а)



(б)

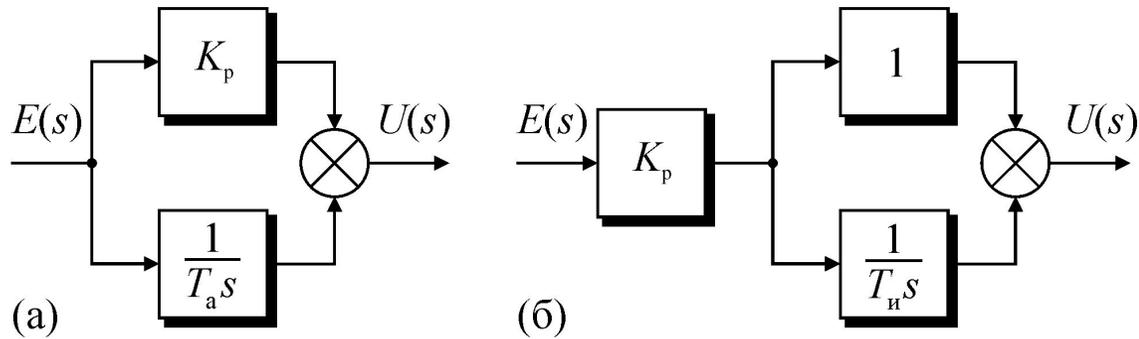
а – псевдостатическая, б – переходные характеристики при различных постоянных времени интегрирования

АФЧХ объекта регулирования и разомкнутой системы регулирования с И-регулятором



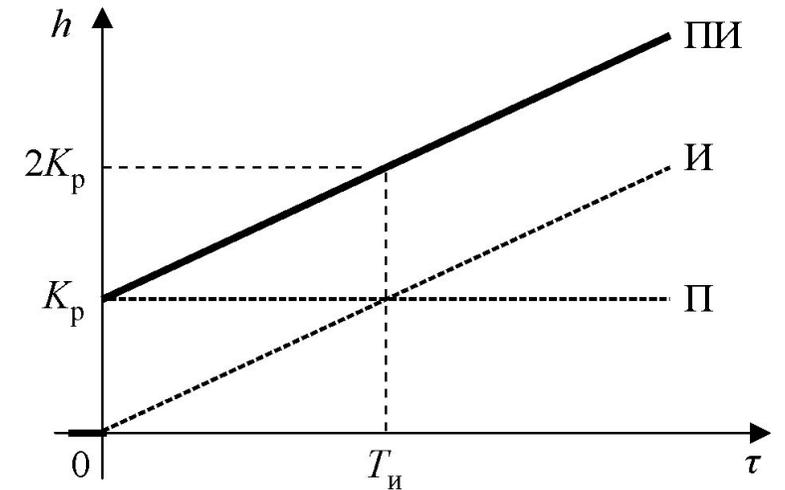
Пропорционально-интегральный закон регулирования

Структурная схема ПИ-регулятора



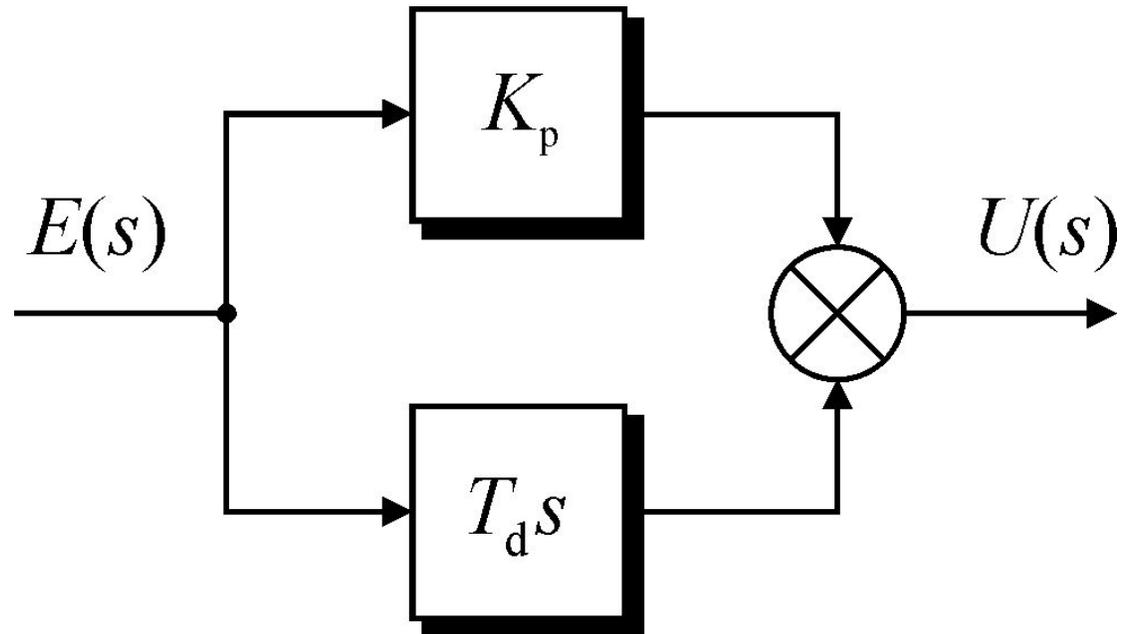
а – с независимыми параметрами настройки, б – с взаимозависимыми параметрами настройки

Переходная характеристика ПИ-регулятора

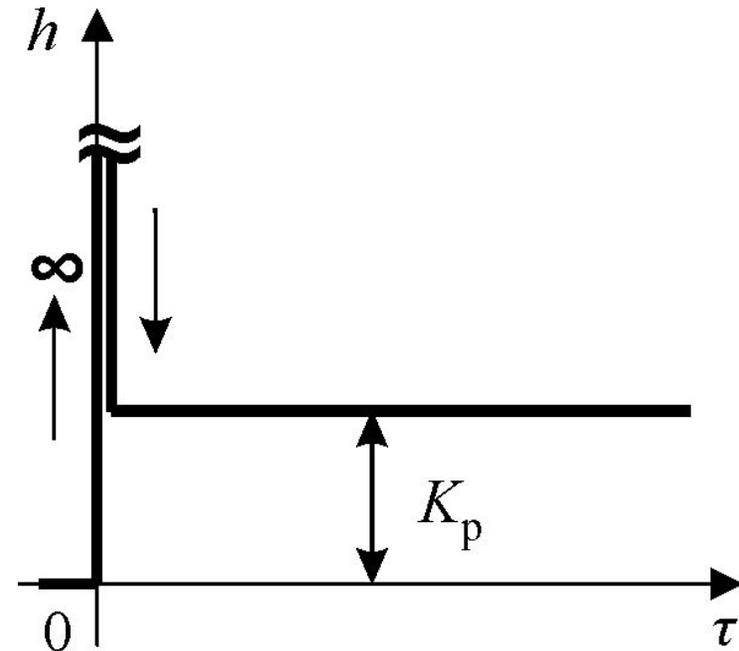


Пропорционально-дифференциальный закон регулирования

Структурная схема ПД-регулятора

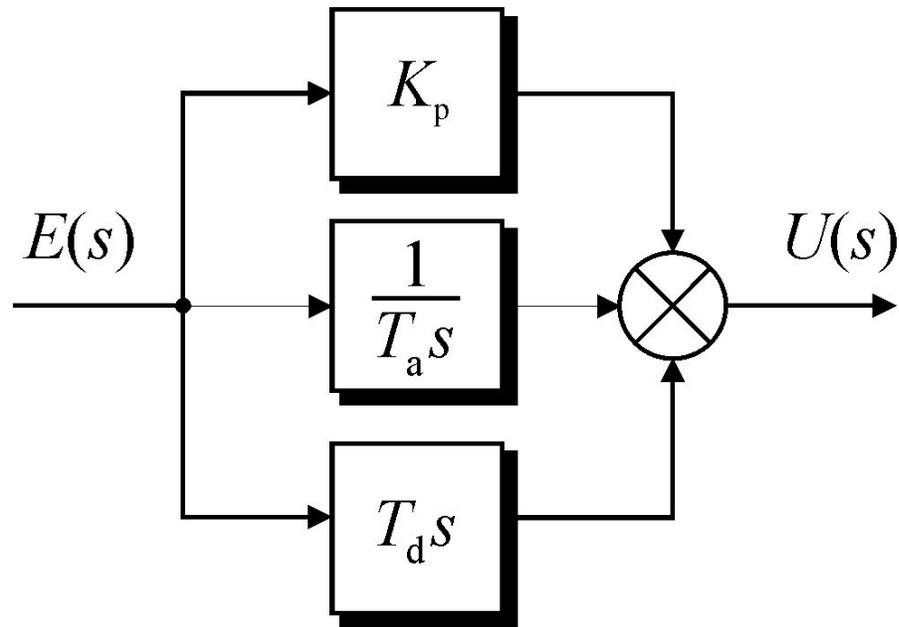


Переходная характеристика ПД-регулятора



Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования

Структурная схема ПИД-регулятора



Переходная характеристика ПИД-регулятора

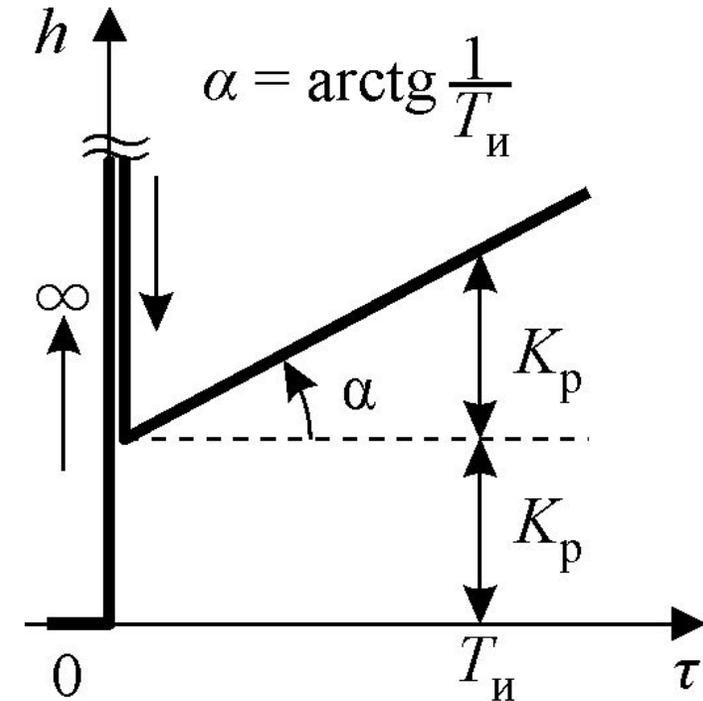
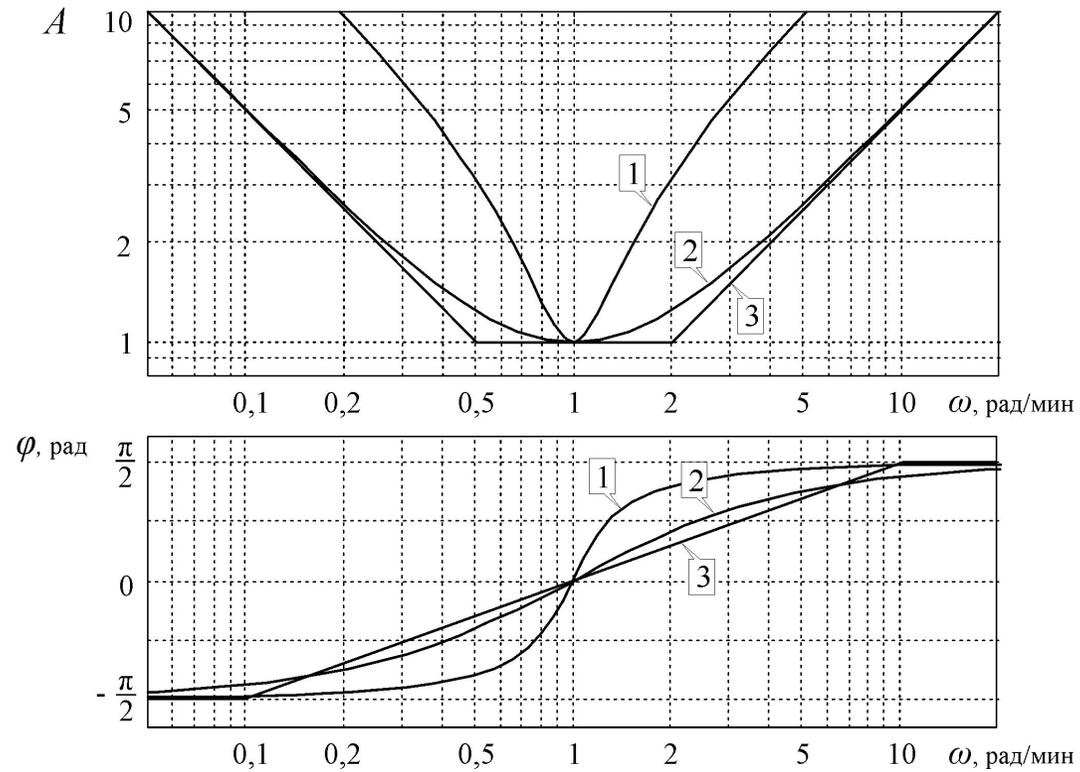
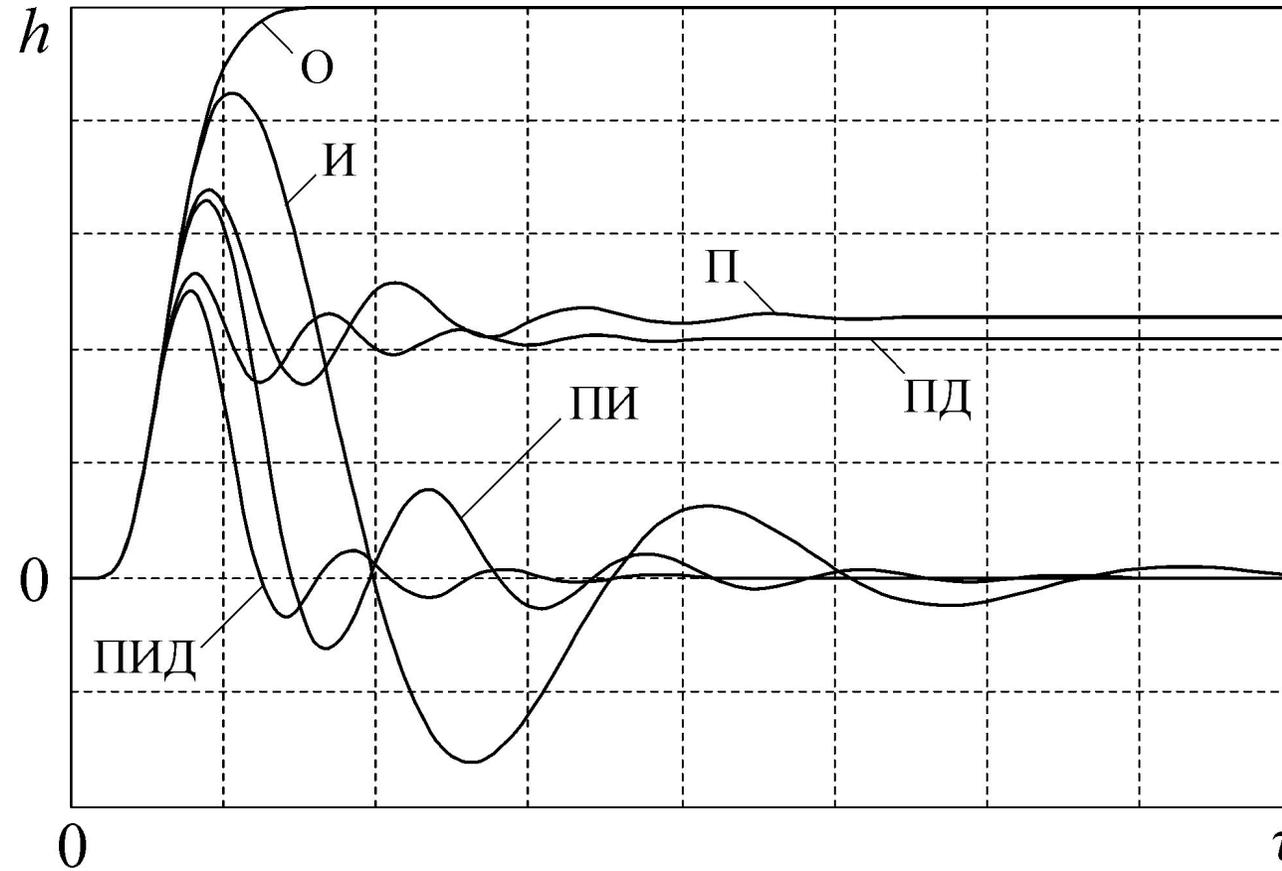


Диаграмма Бode ПИД-регулятора

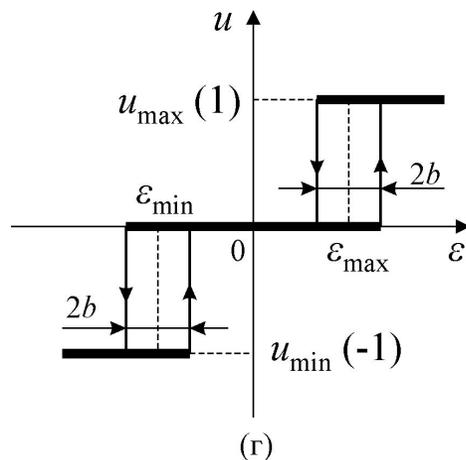
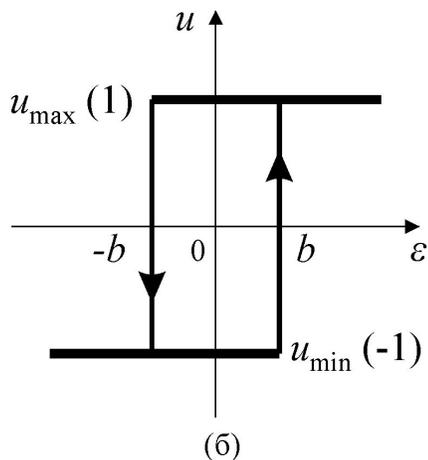
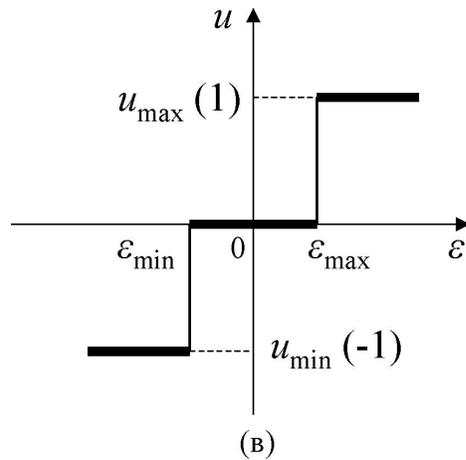
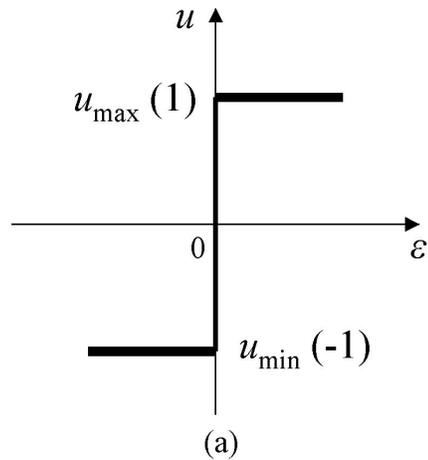


1,2 – точные, 3 – аппроксимированные ЛАЧХ и ЛФЧХ

Переходные процессы в объекте и в системе объект-регулятор

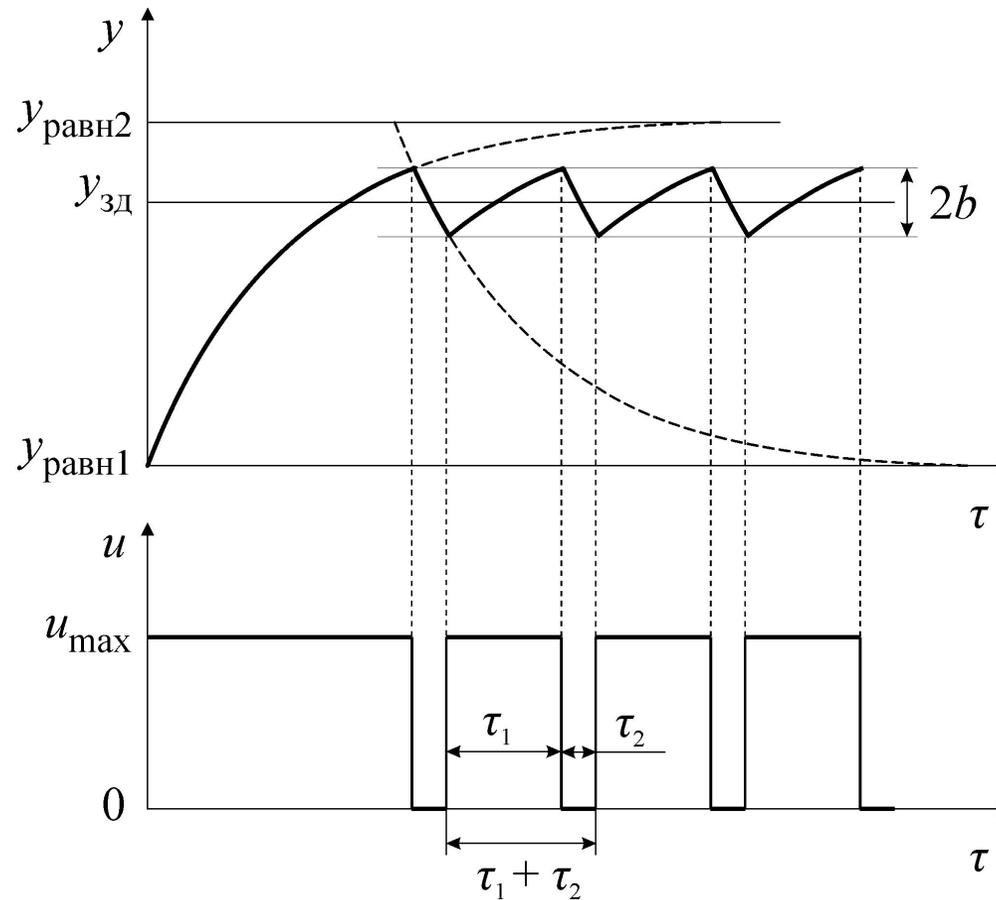


Позиционные регуляторы



Статические характеристики двухпозиционного (а,б) и трехпозиционного (в, г) регуляторов.  
 а – идеальная релейная, б – релейная с зоной неоднозначности, в – релейная с зоной нечувствительности, г – релейная с зоной нечувствительности и с зоной неоднозначности

Переходный процесс в системе регулирования с позиционным регулятором

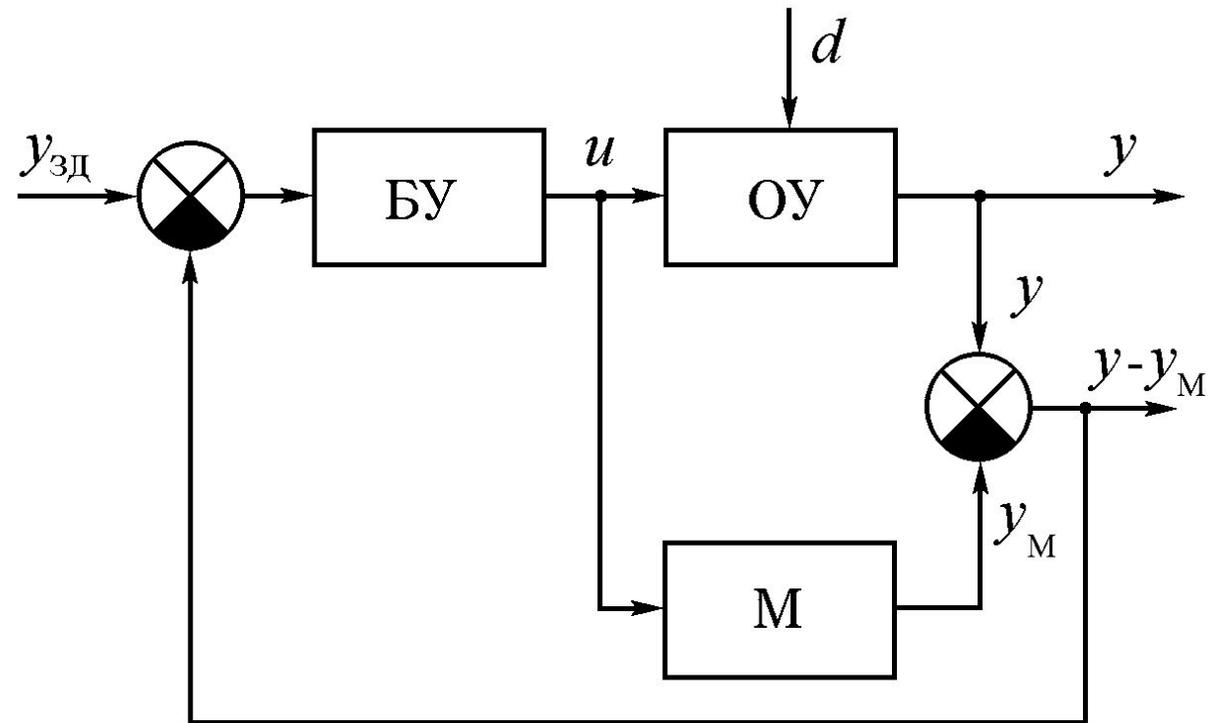


## Регуляторы с прогнозирующей моделью

Регуляторы с прогнозирующей моделью придают следующие свойства системам управления, включая и многосвязные:

- работоспособность системы управления обеспечивается не параметрами настройки, как это выполняется при наличии ПИД-регулятора, а включением в регулятор надежной модели;
- устойчивость системы определяется устойчивостью объекта, модели объекта и фильтра (или фильтров для многосвязной системы управления) в отдельности;
- запас устойчивости обеспечивается настройкой фильтров;
- возможность переводить на ручное управление отдельные переменные в многосвязной системе управления при сохранении автоматического режима управления для других переменных;
- сохранение устойчивости системы при выводе отдельного регулирующего органа в многосвязной системе на границу рабочего диапазона (при этом управление менее ответственными переменными можно вывести из автоматического режима).

Упрощенная структурная схема системы регулирования с прогнозирующей моделью



ОУ – объект управления, М – модель объекта, БУ – блок управления

### Определение оптимальных параметров настройки промышленных регуляторов

Предварительным критерием выбора структуры системы регулирования и закона действия регулятора может служить величина отношения времени запаздывания объекта и постоянной времени объекта:  $\tau_{зап}/T_0$

- При соотношении  $\tau_{зап}/T_0 < 1$  удовлетворительное качество регулирования можно получить, используя **одноконтурную систему регулирования**.
- В зависимости от величины этого отношения можно предварительно выбрать закон действия регулятора:
  - при соотношении  $\tau_{зап}/T_0 < 0,2$  и небольших изменениях нагрузки целесообразно использовать регулятор **релейного** действия;
  - при соотношении  $\tau_{зап}/T_0 > 0,2$  лучшее качество регулирования обеспечивают регуляторы **непрерывного** действия, причем с ростом соотношения  $\tau_{зап}/T_0$  для обеспечения требуемого качества регулирования необходимо выбирать более сложные законы регулирования (**П > ПИ > ПИД**).
- Если  $\tau_{зап}/T_0 > 1$ , то при использовании одноконтурной системы регулирования ни один из линейных законов регулирования не дает удовлетворительного качества регулирования. Тогда необходимо использовать **многоконтурные системы регулирования**.