

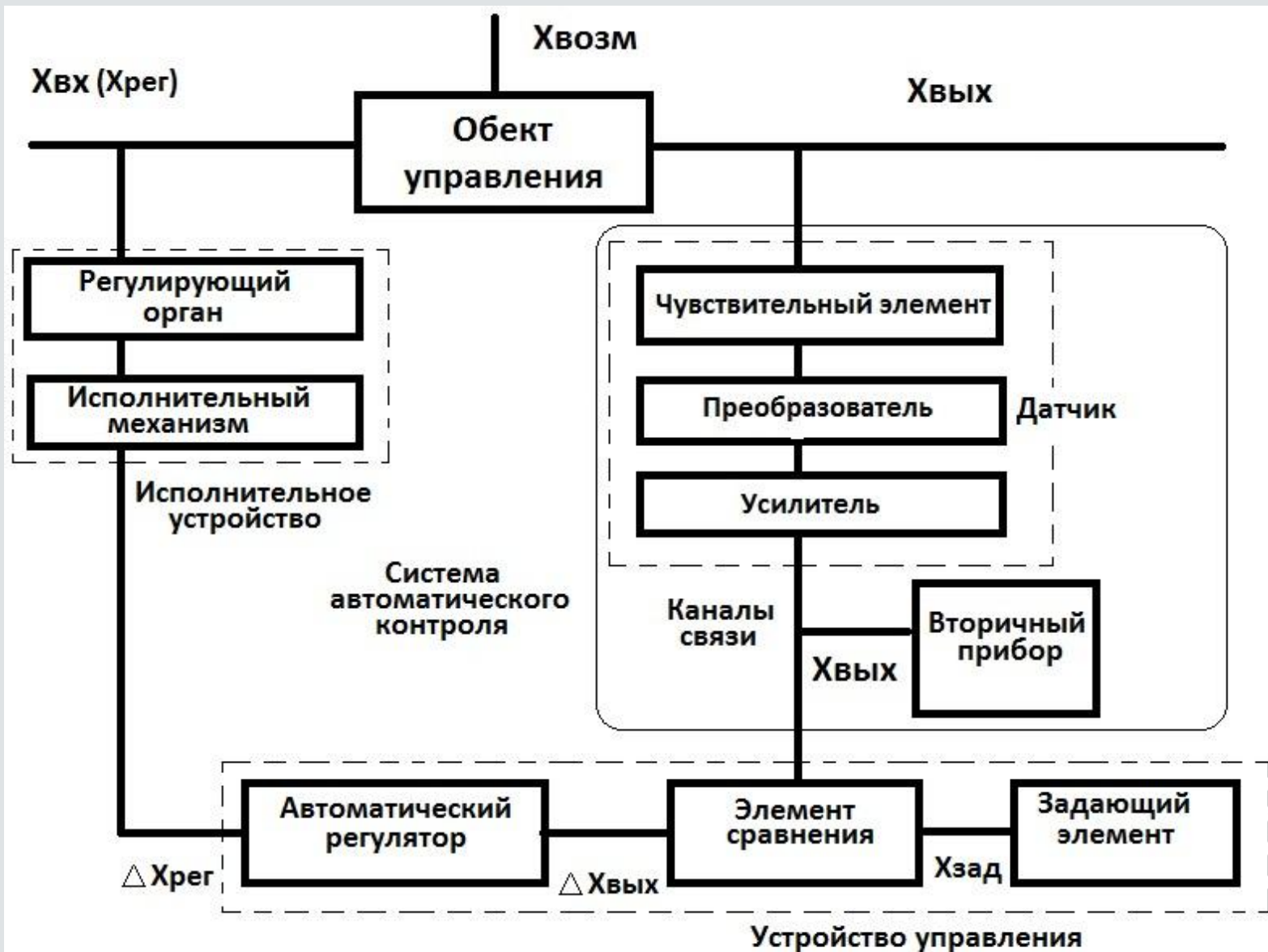
# **АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ**

**НАЗНАЧЕНИЕ. КЛАССИФИКАЦИЯ.  
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ. ТРЕБОВАНИЯ К  
КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР.**

# ПОВТОРЕНИЕ:

- Объект управления
- Датчик
- Вторичный прибор
- Задающий элемент (задатчик)
- Сравнительный элемент (сумматор)
- Устройство управления
- Регулятор
- Исполнительный механизм
- Регулирующий орган
- Регулирующее воздействие
- Управляющее воздействие

# СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

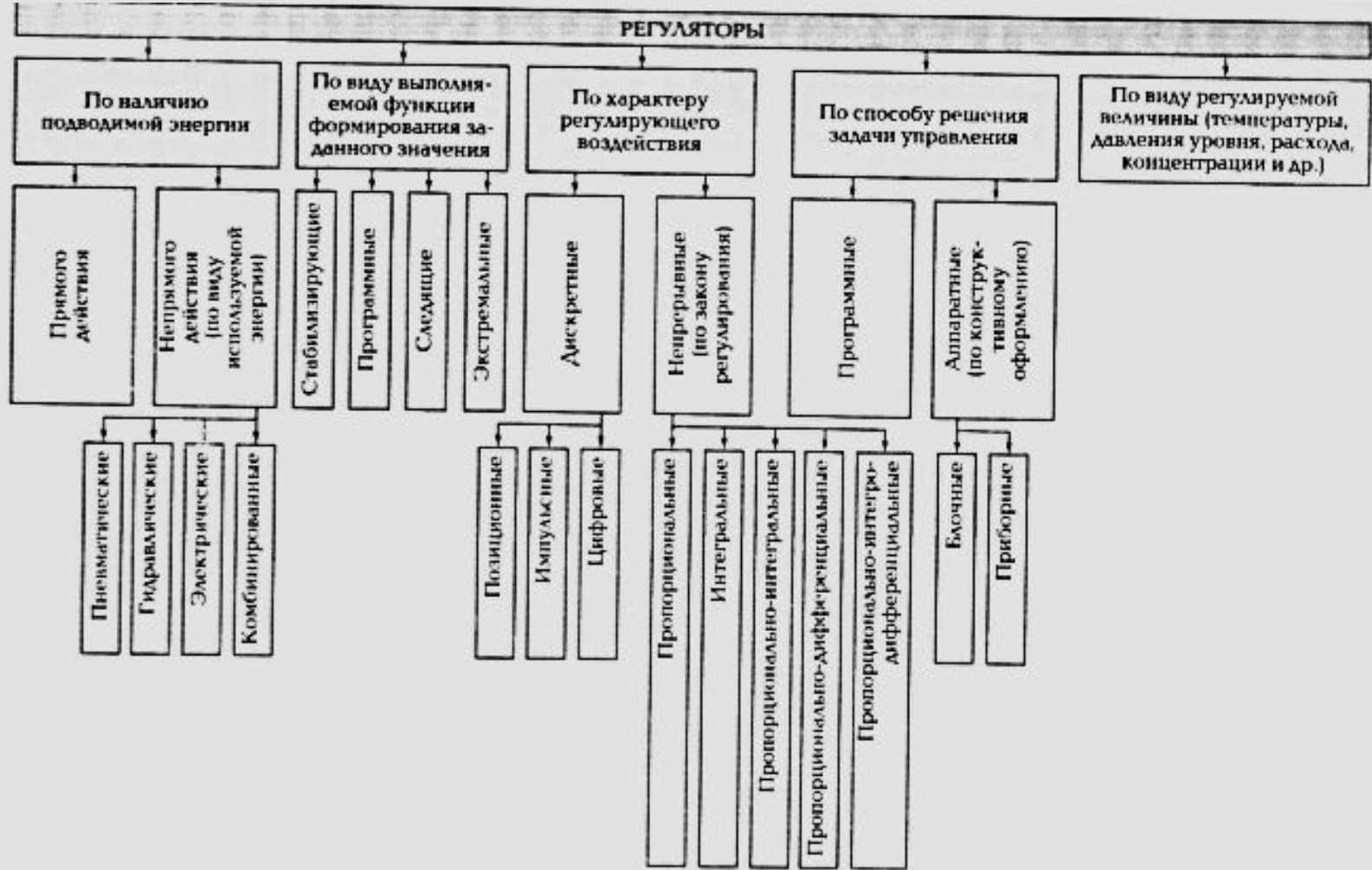


# РЕГУЛЯТОР

**Автоматический регулятор** – это автоматическое управляющее устройство, которое вырабатывает регулирующее воздействие в САР, если регулируемая величина отклонится от заданного значения.

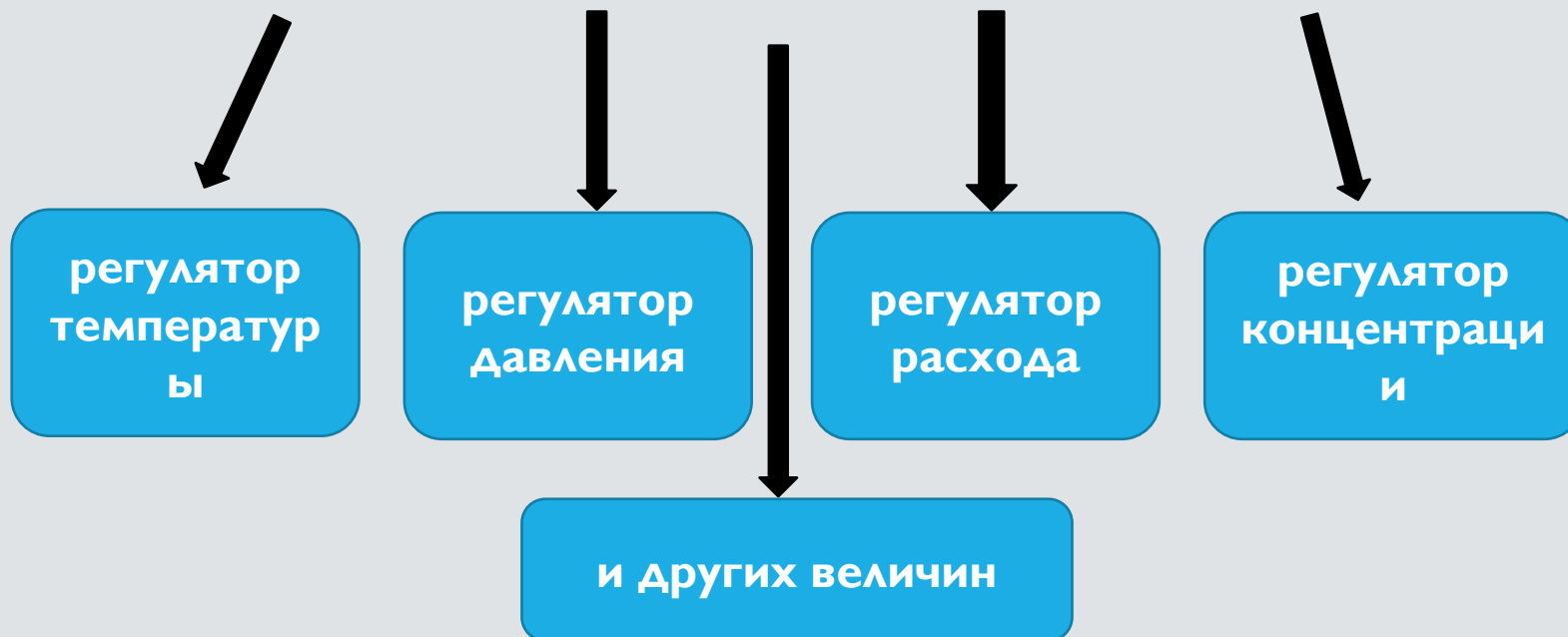
Регуляторы поддерживают параметры на заданных значениях, соответствующих нормальному технологическому процессу. Оператор корректирует их работу путем изменения задания или коэффициентов настройки только в случае невыполнения цели функционирования ОУ, возникновения критических ситуаций или перехода на другой вид продукции (т.е. изменения технологического режима).

# КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ



# КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

По виду регулируемой величины:



# КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

По наличию  
подводимой энергии:

Регуляторы  
прямого действия

Не используют внешнюю энергию для процессов управления, используют энергию самого ОУ.

Не являются универсальными, нельзя управлять на расстоянии, ограничены в использовании.

Регуляторы  
непрямого  
действия

Используют дополнительные источники энергии для приведения в движение регулирующего органа

# КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

По виду используемой энергии:

**пневматические**

Используют энергию сжатого воздуха давлением 0,14МПа

**гидравлические**

Используют энергию жидкости, находящейся под давлением 0,6-0,8 кгс/см<sup>2</sup>

**электрические**

Используют электрическую энергию промышленной частоты



# КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

По конструктивному оформлению:

Регуляторы  
приборного типа

Регулирующее устройство  
встроено в корпус прибора и  
соединено с его измерительной  
частью сложной кинематической  
схемой

Регуляторы  
блочного типа

Занимают много места на  
ЩУ, в настоящее время  
практически не используется

# КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

по виду выполняемых функций:

Стабилизирующие  
(заданное значение  
{ЗЗ} постоянно во  
времени)

Следящие  
(ЗЗ соответствует текущему  
значению какого-либо  
параметра, т.е. произвольно  
меняется во времени)

Программные  
(ЗЗ изменяется во  
времени по заранее  
заданной зависимости  
{программе})

Экстремальные  
(ЗЗ соответствует  
экстремальному значению  
параметра для данных  
производственных условий)

# КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

по способу решения задачи  
управления:

Регуляторы  
с аппаратурной  
реализацией функций  
управления

за выполнение каждой функции  
отвечает отдельное устройство

Регуляторы  
с программной  
реализацией  
функций  
управления

встроены в современные  
цифровые вторичные приборы с  
функцией регулирования,  
вычисляют регулирующее  
воздействие программно.

# КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

по характеру регулирующего  
воздействия:

Регуляторы  
дискретного действия  
(импульсные и  
позиционные)

РО перемещается только при достижении непрерывно изменяющейся регулируемой величиной определенных заданных значений.

РО может занимать ограниченное число определенных положений (позиций).

Регуляторы  
непрерывного действия

Действуют по определенному закону регулирования: Пропорциональный, Интегральный, дифференциальный, ПИ, ПИД закон регулирования.

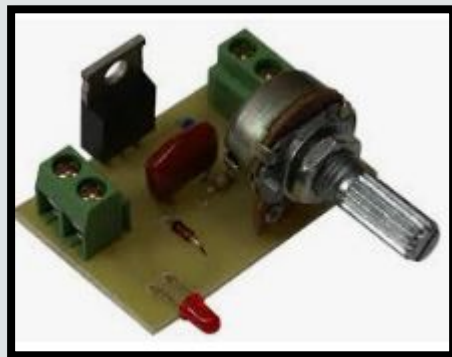
# ПОЗИЦИОННЫЙ РЕГУЛЯТОР

**Самостоятельная работа** – разобрать принцип действия пропорционального регулятора уровня

**Источник** – Основы автоматизации ТП переработки нефти и газа, Е.А.Сотскова, С.М. Головлева, глава 7.1, стр. 202

# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Если при непрерывном изменении входной величины регулирующий орган перемещается непрерывно, то такой регулятор называется **регулятором непрерывного действия**. Работает в соответствии с установленным для него законом регулирования.



Регулятор тока



Регулятор давления



Регулятор скорости

# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Под **законом регулирования** понимают вид математической зависимости между выходной (перемещение РО) и входной величиной (отклонение регулируемого параметра от заданного значения  $\Delta X_{рег} = X_{вых} - X_{зад}$ ). Закон регулирования наглядно отображается временной характеристикой регулятора.



# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Несмотря на большое разнообразие объектов управления и обилие различных технологических процессов, есть типовые законы регулирования, универсально подходящие для качественного управления промышленными объектами.

Для каждого объекта достаточно подобрать лишь параметры настройки регулятора.

Регулятор	Типовой процесс регулирования		
	апериодический	с 20% перерегулированием	$\min \int \sigma^2 dt$
п	$K_p = \frac{0,4}{\sqrt{T}}$	$K_p = \frac{0,7}{\sqrt{T}}$	-
пи	$K_p = \frac{0,4}{\sqrt{T}}$ $T_i = 6T$	$K_p = \frac{0,7}{\sqrt{T}}$ $T_i = 3T$	$K_p = \frac{1}{\sqrt{T}}$ $T_i = 4T$
пид	$K_p = \frac{0,6}{\sqrt{T}}$ $T_i = 5\tau$ $T_d = 0,2\tau$	$K_p = \frac{1,1}{\sqrt{T}}$ $T_i = 2\tau$ $T_d = 0,4\tau$	$K_p = \frac{1,4}{\sqrt{T}}$ $T_i = 1,6\tau$ $T_d = 0,5\tau$



# ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Применение типовых законов регулирования позволяет использовать в промышленных САР стандартные, серийно выпускаемые регуляторы.

Название регулятора дают по типу закона регулирования, который он обрабатывает.



Овен  
TPM138



Овен  
TPM1



Овен  
TPM151

# ЗАКОН РЕГУЛИРОВАНИЯ

По закону регулирования регулятора непрерывного действия делятся на:

- Пропорциональные **П-регуляторы** (статические);
- Интегральные **И-регуляторы** (астатические);
- Пропорционально-интегральные **ПИ-регуляторы** (изодромные);
- Дифференциальные **Д-регуляторы**;
- Пропорционально-дифференциальные **ПД-регуляторы**;
- Пропорционально-интегралодифференциальные **ПИД-регуляторы**;

# ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (П-РЕГУЛЯТОР)

- это АР, у которого отклонение регулируемой величины от заданного значения вызывает перемещение РО на величину, *пропорциональную* величине этого отклонения.

Каждому значению регулируемого параметра соответствует определенное положение РО.

Пропорциональная зависимость достигается за счет действия жесткой обратной связи.

Скорость перемещения РО таких регуляторов пропорционально скорости изменения регулируемой величины.

# ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (П-РЕГУЛЯТОР)

Уравнение П-регулятора  $X_p = K_{\Pi} * X_{\varepsilon}$

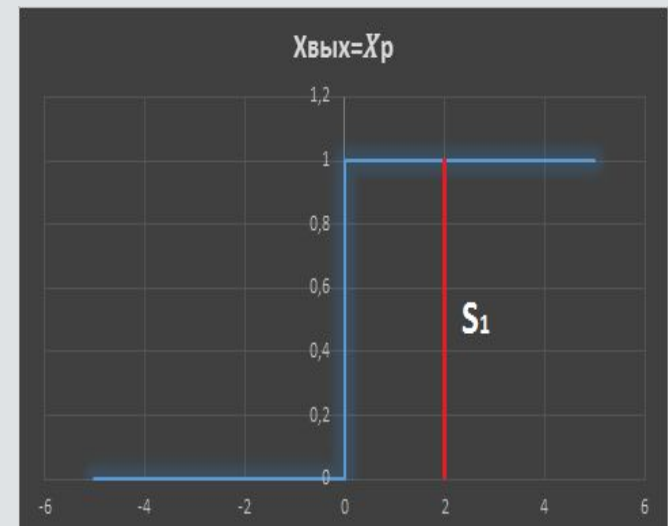
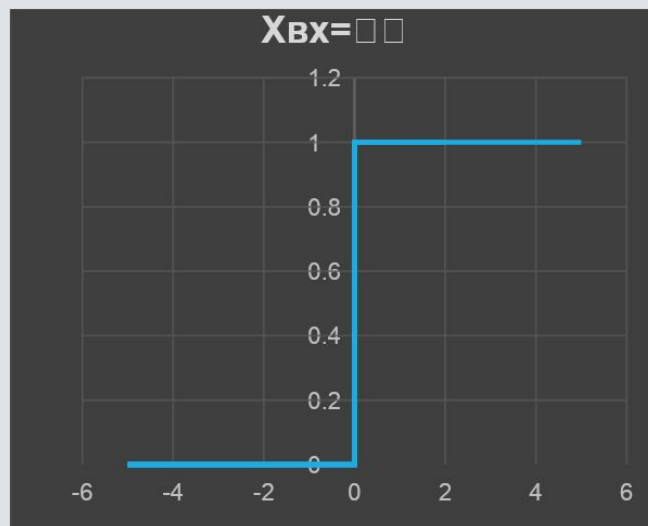
но чаще регулировочные характеристики регуляторов обозначаются через:

$$X_p = S_1 * X_{\varepsilon}$$

это усилительное или пропорциональное звено

вход - сигнал отклонения  $X_{\varepsilon}$

выход - изменение регулирующего воздействия  $\Delta X_p$



# ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (П-РЕГУЛЯТОР)

## Характеристики:

- |   |   |
|---|---|
| + | быстродействующий регулятор (безинерционный), т.е. не нужно времени |
| + | В САУ с П-регулятором время регулирования минимальное               |
| - | В САУ с П-регулятором чаще всего присутствует статическая ошибка    |

Для уменьшения статической ошибки необходимо увеличивать настройку  $S_1$ , но беспредельное увеличение может привести систему к границе устойчивости.

**Передаточная функция П-регулятора  $W_{\Pi}(p) = S_1$**

# **П-РЕГУЛЯТОР ПРИМЕР**

***Самостоятельная работа*** – разобрать принцип действия пропорционального регулятора стабилизации давления газа в сборнике.

***Источник*** – Основы автоматизации ТП переработки нефти и газа, Е.Л.Сотскова, С.М. Головлева, глава 7.2, стр. 205

# ИНТЕГРАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (И-РЕГУЛЯТОР)

- АР, у которого одному и тому же значению регулируемой величины могут соответствовать различные положения РО.

Скорость перемещения РО этих регуляторов тем больше, чем больше отклонение регулируемой величины от заданного значения.

Закон регулирования предусматривает воздействие регулятора со скоростью, пропорциональной отклонению регулируемой величины.

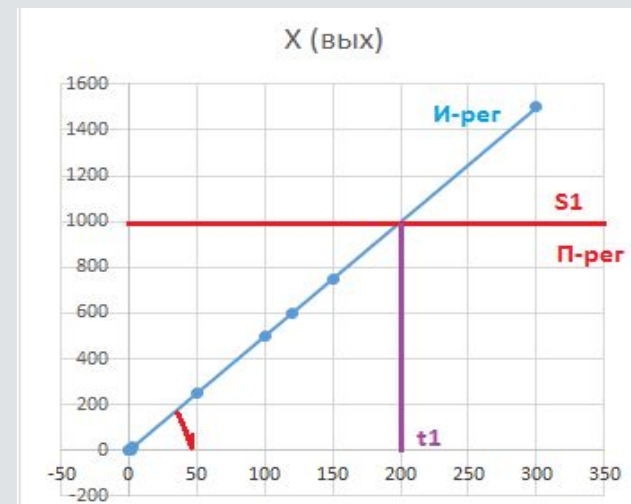
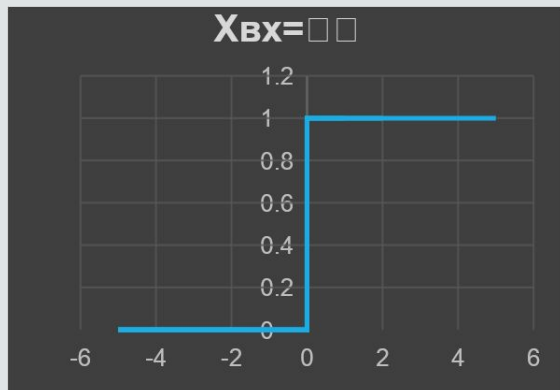
# ИНТЕГРАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (И-РЕГУЛЯТОР)

Уравнение И-регулятора  $X_p = S_0 * \int X_\varepsilon dt$

Представляет собой идеальное интегральное звено

Для того, чтобы И-регулятору прийти в состоянии П-регулятора необходимо время  $t$ , т.к. И-регулятор работает медленнее П-регулятора.

Настройка И-регулятора в дифференциальной форме  $S_0 = \frac{dX_p}{dt}$   
или в алгебраической  $S_0 = \tan \alpha$





# ИНТЕГРАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (И-РЕГУЛЯТОР)

## Характеристики:

+

В САУ с И-регулятором статическая ошибка отсутствует (чаще всего)

-

В САУ с И-регулятором время регулирования велико

Повышать быстродействие можно увеличивая настройку  $S_0$ , но это опасно, т.к. САУ может потерять устойчивость.

Передаточная функция И-регулятора  $W_{И}(p) = \frac{S_0}{p}$

# И-РЕГУЛЯТОР (ПРИМЕР)

**Самостоятельная работа** – разобрать принцип действия интегрального регулятора стабилизации давления газа в сборнике.

**Источник** – Основы автоматизации ТП переработки нефти и газа, Е.Л.Сотскова, С.М. Головлева, глава 7.2, стр. 208

# ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (ПИ-РЕГУЛЯТОР)

- это АР, у которых скорость перемещения РО пропорциональна как отклонению регулируемой величины, так и скорости изменения этого отклонения.

Объединяет свойства двух регуляторов:

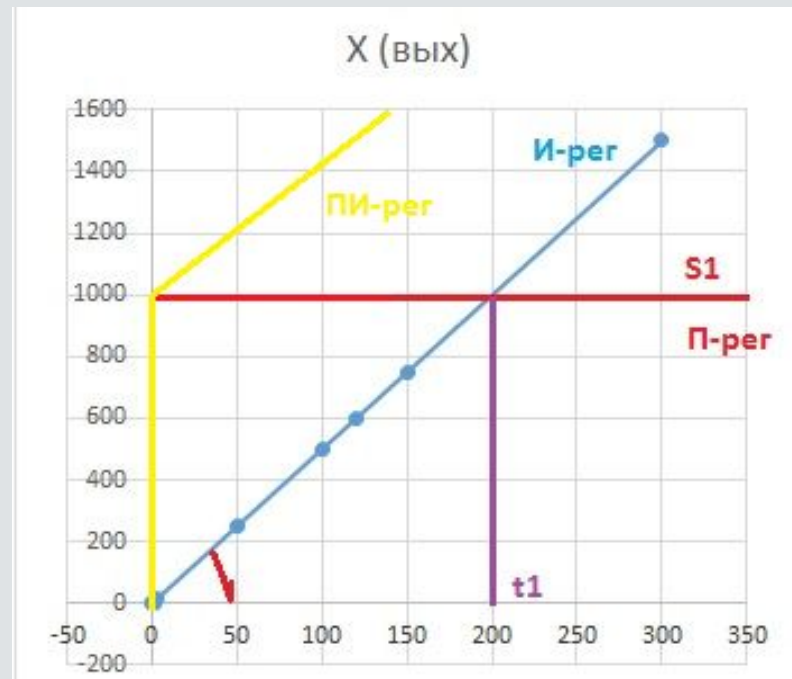
- динамические свойства П-регуляторов и лучший переходный процесс;
- отсутствие статической ошибки у И-регуляторов.

# ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (ПИ-РЕГУЛЯТОР)

Уравнение ПИ-регулятора  $X_p = S_1 * X_\varepsilon + S_0 * \int X_\varepsilon dt$

Передаточная функция ПИ-регулятора  $W_{\text{ПИ}}(p) = S_1 + \frac{S_0}{p}$

Представляет собой пропорционально-интегральное звено (изодромное – с равным бегом)



# ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (ПИ-РЕГУЛЯТОР)

## Характеристики:

+

Обладает хорошим быстродействием за счет П-составляющей

+

Обеспечивает статическую ошибку, равную нулю (в большинстве случаев)

# ПИ-РЕГУЛЯТОР (ПРИМЕР)

**Самостоятельная работа** – разобрать принцип действия пропорционально-интегрального регулятора стабилизации давления газа в сборнике.

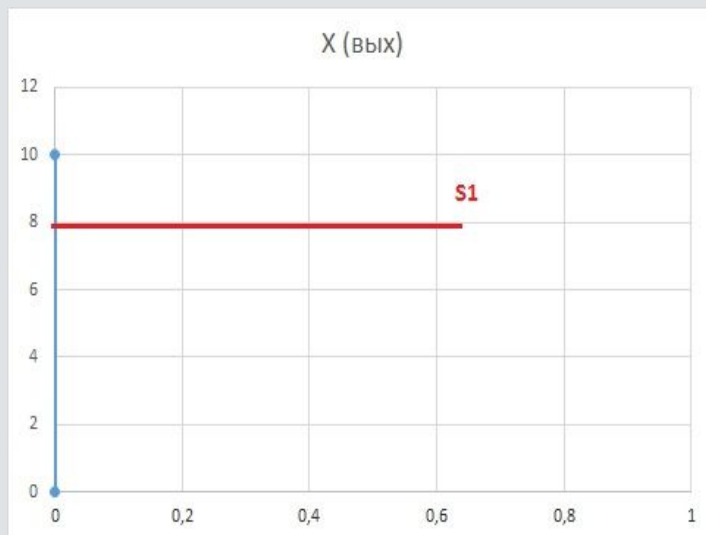
**Источник** – Основы автоматизации ТП переработки нефти и газа, Е.Л.Сотскова, С.М. Головлева, глава 7.2, стр. 209

# ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (ПД-РЕГУЛЯТОР)

Уравнение ПД-регулятора  $X_p = S_1 * X_\varepsilon + S_2 * \frac{dX_\varepsilon}{dt}$

Представляет собой пропорционально-дифференциальное (форсирующее) звено.

Передаточная функция ПД-регулятора  $W_{ПД}(p) = S_1 + S_2 p$



За счет наличия дифференциальной составляющей, т.е. по скорости изменения сигнала, быстродействие регулятора выше, чем у П-регулятора (за счет производной).

# ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (ПД-РЕГУЛЯТОР)

## Характеристики:

+	В САУ с ПД-регулятором время регулирования еще меньше, чем у П-регулятора
-	Статическая ошибка также не равна нулю



# ПД-РЕГУЛЯТОР (ПРИМЕР)

**Самостоятельная работа** – разобрать принцип действия пропорционально-дифференциального регулятора стабилизации давления газа в сборнике.

**Источник** – Основы автоматизации ТП переработки нефти и газа, Е.Л.Сотскова, С.М. Головлева, глава 7.2, стр. 211

# ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРАЛОДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР (ПИД-РЕГУЛЯТОР)

Объединяет в себе преимущества всех регуляторов.

Уравнение ПИД-регулятора  $X_p = S_0 * \int X_\varepsilon dt + S_1 * X_\varepsilon + S_2 * \frac{dX_\varepsilon}{dt}$

Передаточная функция ПИД-регулятора  $W_{\text{ПИД}}(p) = \frac{S_0}{p} + S_1 + S_2 p$

## Характеристики:

- + Малое время регулирования
- + Статическая ошибка равна нулю

ПИД-регулятор - **самый эффективный, но самый сложный** в настройках и по конструкции, в связи с чем применяется только в ответственных случаях.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Любая САР отвечает своему назначению, если она **обеспечивает поддержание** заданного значения регулируемого параметра в допустимых пределах при действии на нее различных возмущений.

Наиболее характерные возмущения – изменение нагрузки объекта, наиболее неблагоприятные по форме – скачкообразные изменения возмущения. Поэтому, если регулируемый параметр при нанесении скачкообразного возмущения на вход объекта возвращается к заданному значению, такая **САР работоспособна**.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Обеспечение устойчивости - основное требование, предъявляемое к любой АСР.

**Устойчивость системы** – это способность восстанавливать состояние равновесия, из которого они могут быть выведены под влиянием тех или иных воздействий.

Любая АСР должна быть устойчивой.

АСР, не способная восстановить равновесное состояние непригодна для практического использования.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Устойчивость – основной показатель качества работы САР, зависит от:

- статических и динамических свойств объекта регулирования;
- характера возмущающих воздействий;
- закона регулирования;
- числовых значений настроечных параметров регулятора.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

При всяком нарушении равновесного состояния в системе возникает переходный процесс.

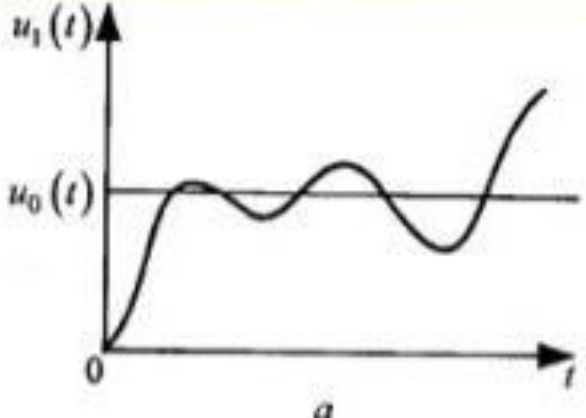
**Переходный процесс** – это реакция замкнутой системы регулирования на изменение возмущающего воздействия.

Колебательные переходные процессы с возрастающей амплитудой колебаний неработоспособны, так как отклонение регулируемого параметра от заданного со временем возрастает, а не убывает. Такие САР являются **неустойчивыми**.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Виды переходных процессов:

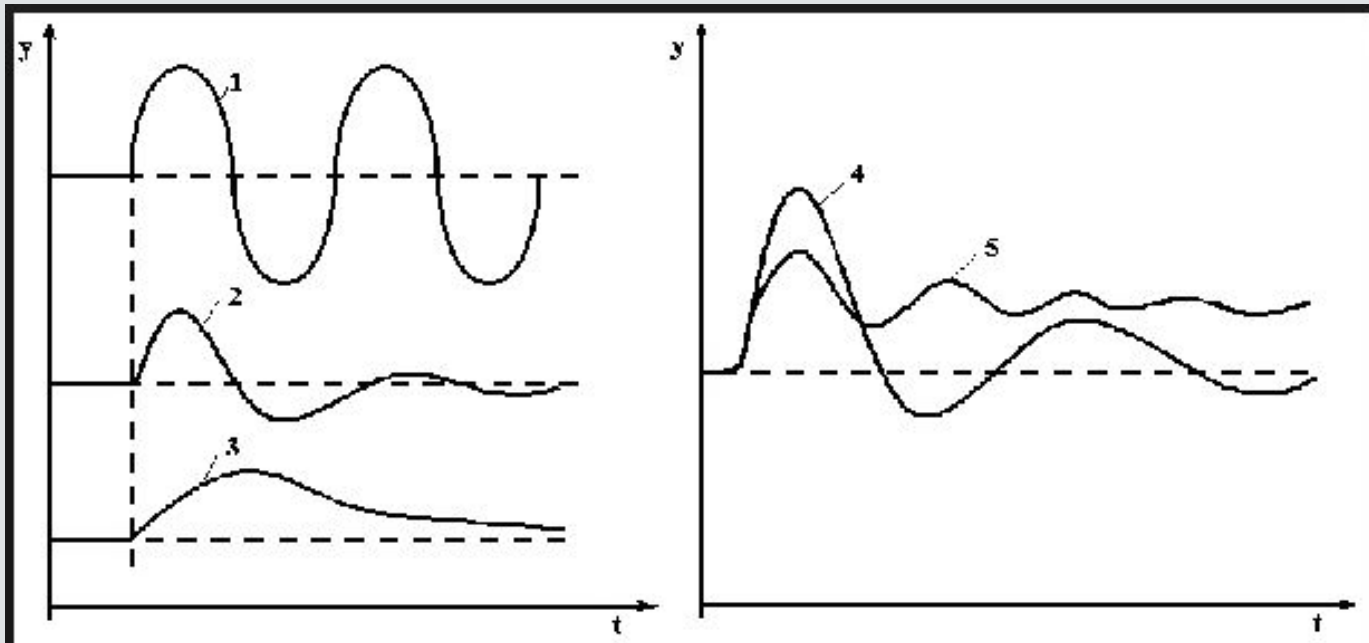
*I. колебательный переходный процесс с наращиванием амплитуды колебаний*

График переходной функции	Краткое пояснение
	Переходная функция неустойчивой системы значение выходной величины не стремится к какому-нибудь установившемуся значению.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Виды переходных процессов:

**2. процессы на границе устойчивости** (колебательные незатухающие – 3 кривая), также являются неработоспособными, так как незначительные изменения параметров объекта или регулятора могут стать причиной превращения ее в неустойчивую САР.





# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Виды переходных процессов:

## 3. *устойчивые* переходные процессы

	<p>Переходная функция устойчивой системы значение выходной величины стремится к определенному установившемуся значению <math>u_{\infty}(t)</math>.</p>
	<p>Возможные варианты переходного процесса устойчивой системы:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>1 – монотонно возрастающая</li><li>2 – апериодическое</li><li>3 – колебательная</li></ul>

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Таким образом, устойчивыми являются системы, в которых возможны только апериодические или колебательные затухающие переходные процессы.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Прямые качественные показатели процесса автоматического регулирования:

- максимальное отклонение регулируемой величины от заданного значения (**динамическая ошибка регулирования  $X_{дин}$** ).

Динамическая ошибка зависит от динамических свойств ОР, величины возмущения, типа регулятора и его настроек.

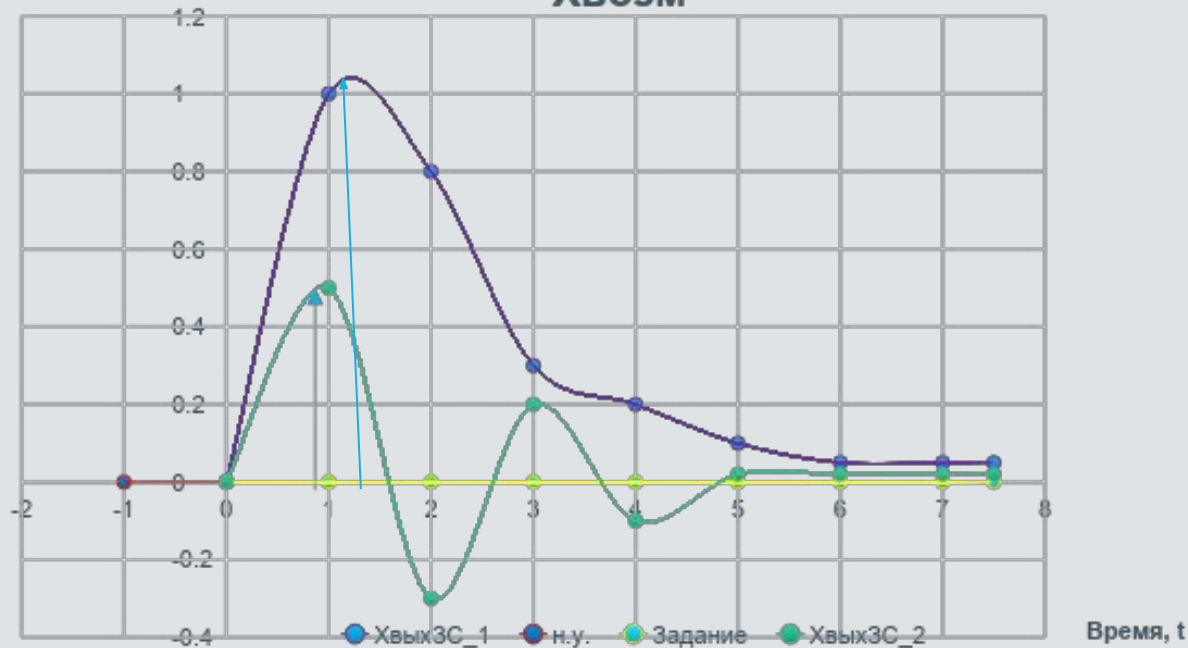
Величина перерегулирования определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{X_{дин} - X_{уст}}{X_{уст}} * 100\%$$

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

**Хдин** - динамическая ошибка регулирования

Переходные процессы по каналу возмущения  
**Хвзм**

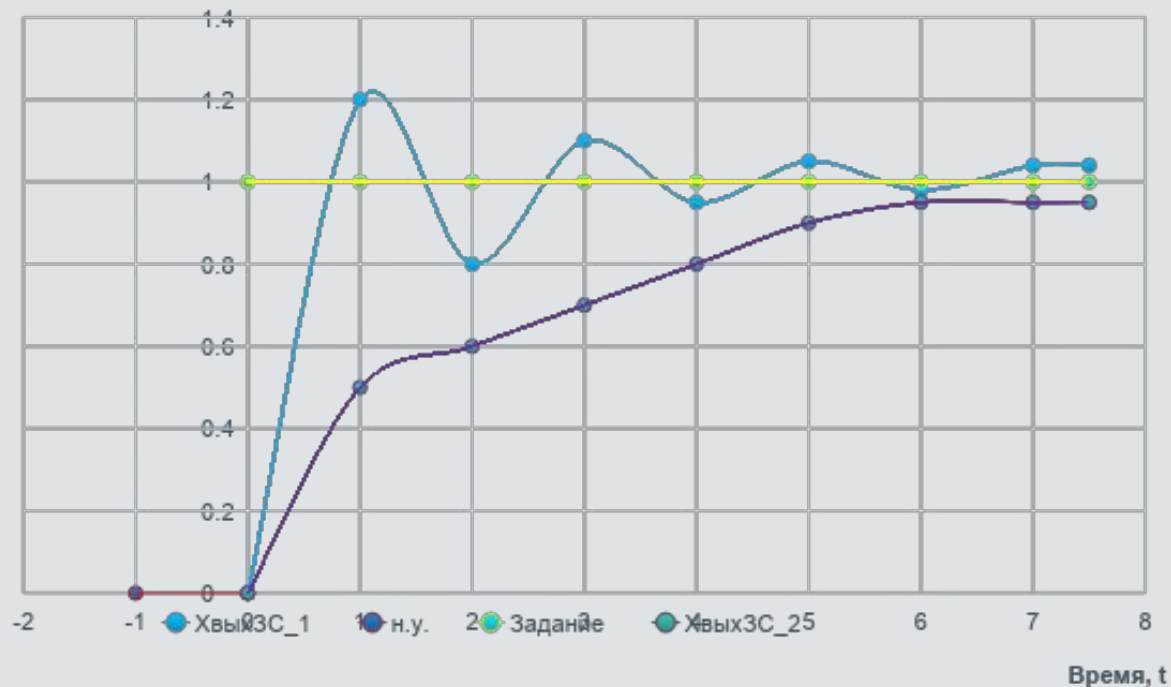


$X_{выхЗС\_1}$  и  $X_{выхЗС\_2}$  обладают динамическими ошибками

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

**Хдин** - динамическая ошибка регулирования

Переходные процессы по каналу задания Хзад



По  $X_{выхЗС\_1}$  – можно определить динамическую ошибку

По  $X_{выхЗС\_2}$  – нет возможности определить динамическую ошибку

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

**Прямые качественные показатели** процесса автоматического регулирования:

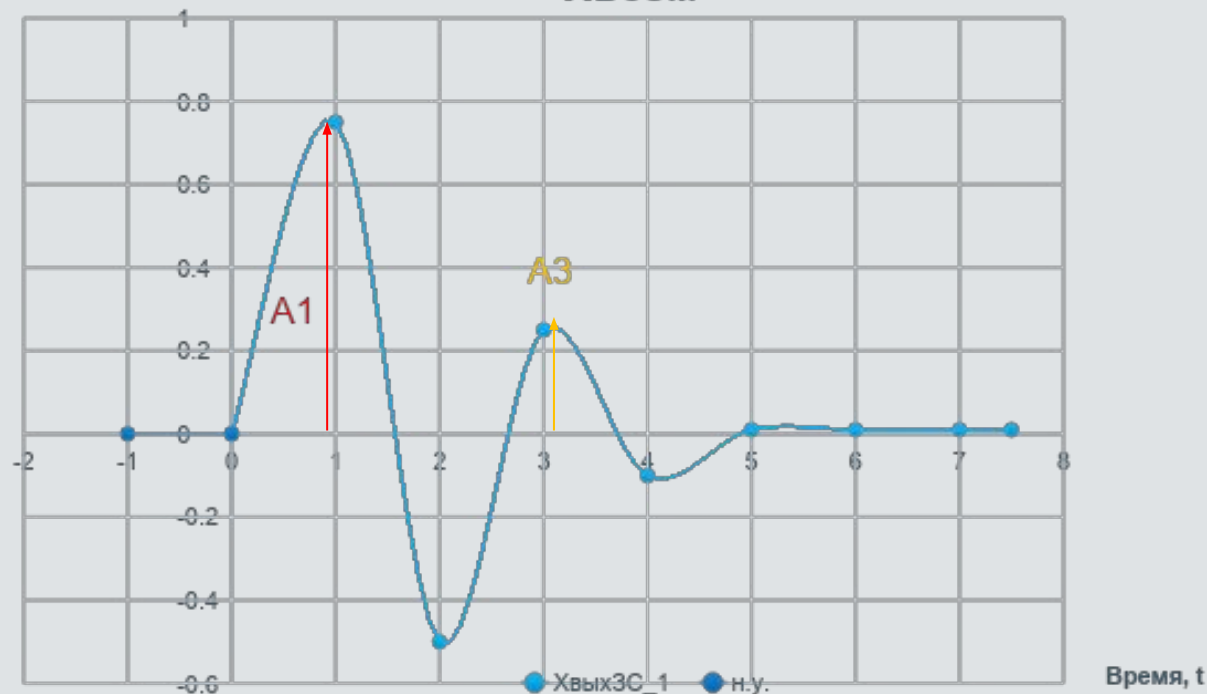
- **Колебательность** переходного процесса, связана со степенью затухания, определяется по формуле:

$$\psi = \frac{A1 - A3}{A1}$$

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Колебательность переходного процесса

Переходные процессы по каналу возмущения  
ХВОЗМ



$$\psi = \frac{A1 - A3}{A1}$$

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Колебательность переходного процесса

Подходит только для колебательных переходных процессов, для которых  $0 < \psi < 1$

Очень часто стремятся получить  $\psi = 0,75$

$$\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1}$$

$$0,75 * A_1 = A_1 - A_3$$

$$A_1 - A_3 - 0,75 * A_1 = 0$$

$$A_3 = 0,25 * A_1$$

Следовательно, амплитуда убывает в 4 раза, т.е. за 3-4 периода колебаний система приходит в устойчивое состояние. На практике  $0,6 \leq \psi \leq 0,9$



# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

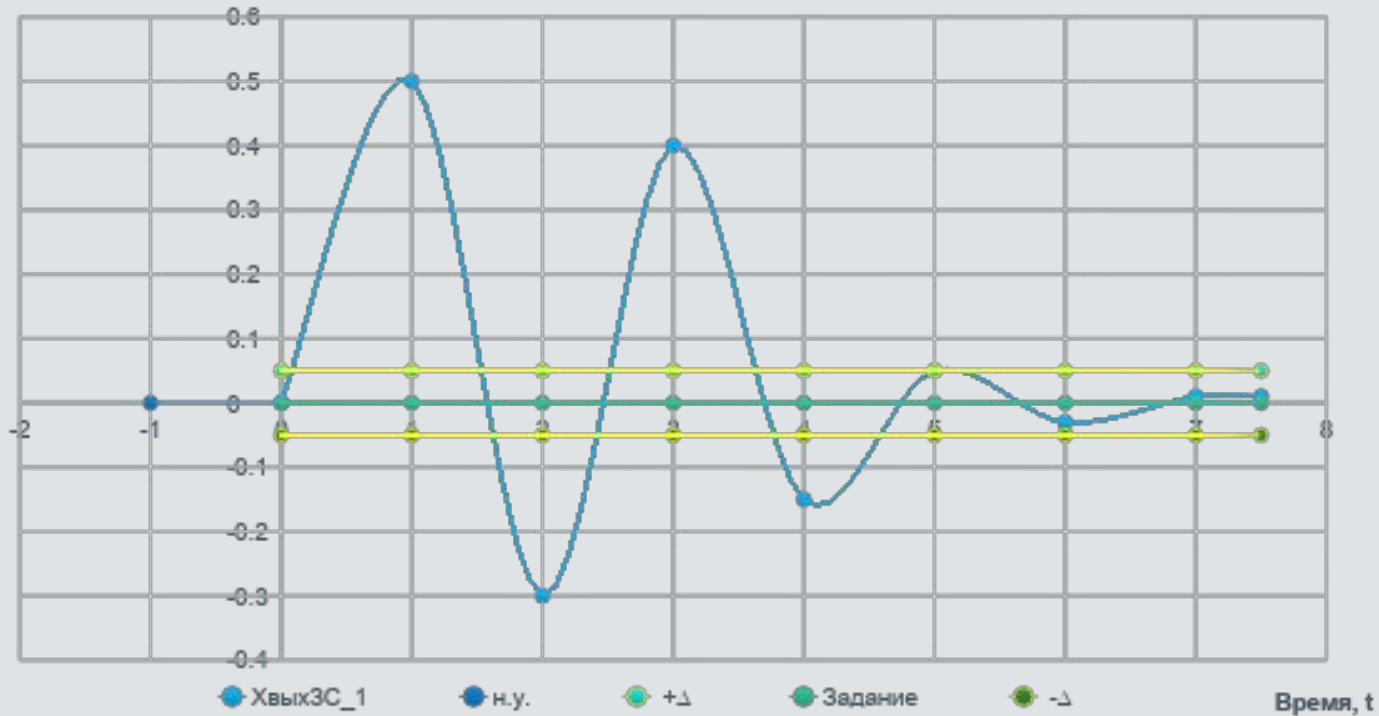
Прямые качественные показатели процесса автоматического регулирования:

- **Время регулирования  $t_p$**  – это время, за которое регулируемая величина начинает отличаться от установившегося значения менее, чем на заранее заданное значение  $\pm\Delta$ , определяющее ***ТОЧНОСТЬ регулирования.***

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Время регулирования  $t_p$

Переходные процессы по каналу возмущения Хвост



# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Прямые качественные показатели процесса автоматического регулирования:

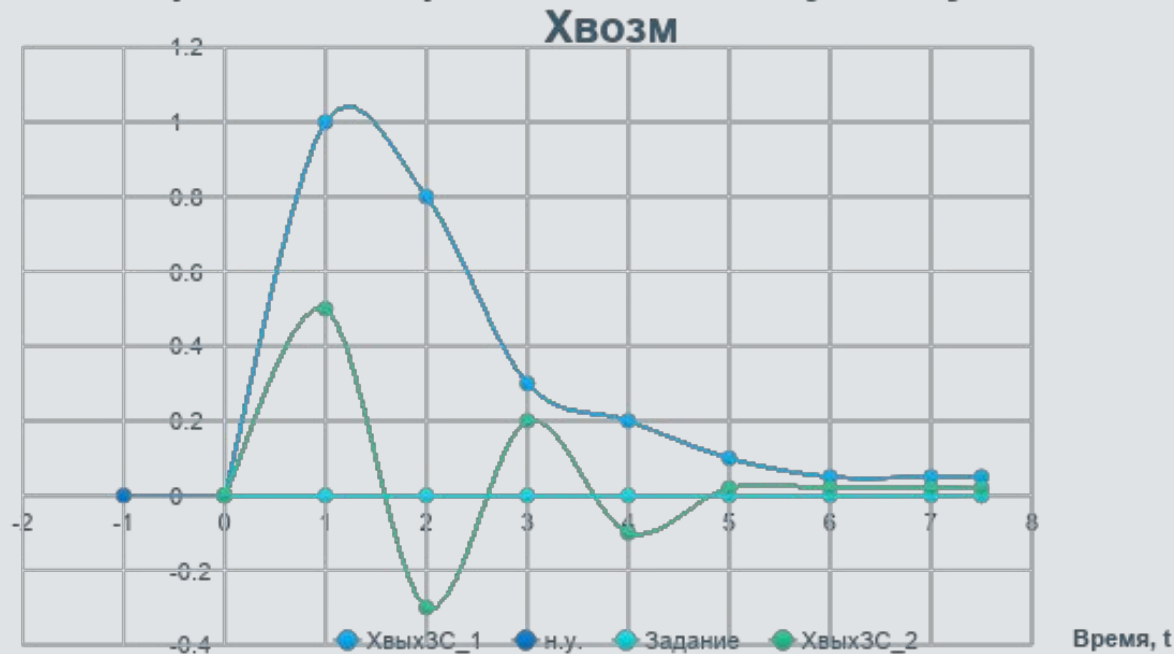
- Остаточное отклонение регулируемой величины  $X_{ст}$  (**статическая ошибка**) – это время, за которое регулируемая величина начинает отличаться от установившегося значения менее, чем на заранее заданное значение, определяющее точность регулирования.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

**Хст - статическая ошибка**

$$X_{ст} = X_{ВЫХ}^{уст} - X_{зад}$$

По каналу возмущения  $X_{зад}=0$  в расчетах  
Переходные процессы по каналу возмущения

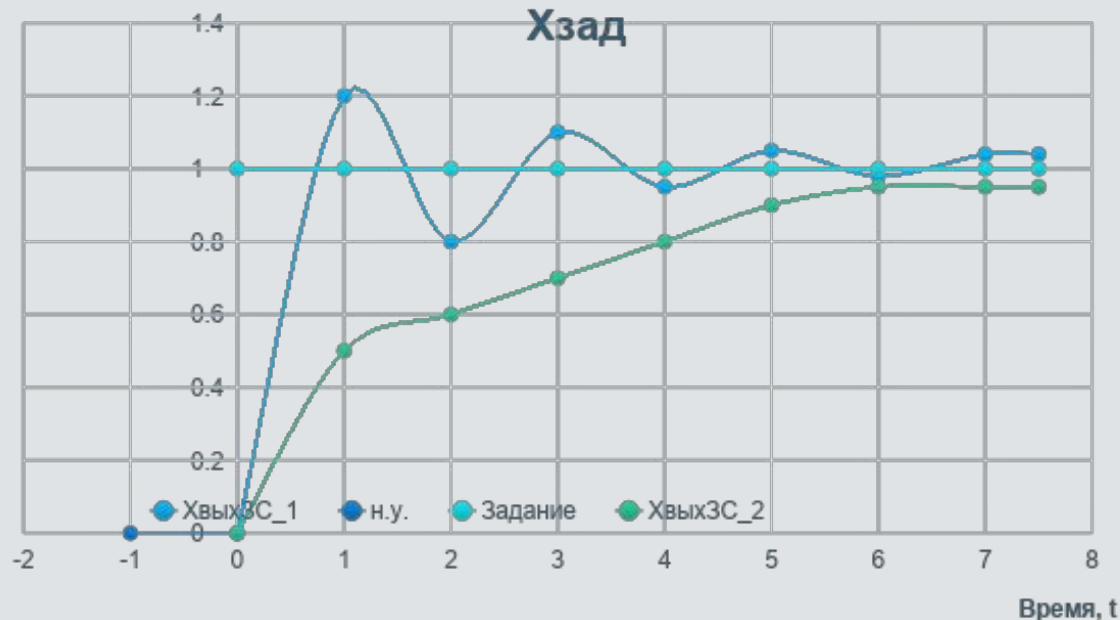


# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Хст - статическая ошибка

$$X_{ст} = X_{ВЫХ}^{уст} - X_{зад}$$

По каналу задания  $X_{зад}=1$  в расчетах  
Переходные процессы по каналу задания



# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

Все вышеперечисленные показатели качества называются **прямыми показателями качества**, они *конкурируют* между собой.

Т.е. если настраивать систему путем уменьшения времени регулирования, то это вызовет увеличение динамической ошибки и наоборот. Поэтому невозможно улучшить все показатели сразу, т.к. при воздействии на один показатель в лучшую сторону – ухудшаем другой.

Для того, чтобы учесть все показатели были разработаны интегральные показатели качества.

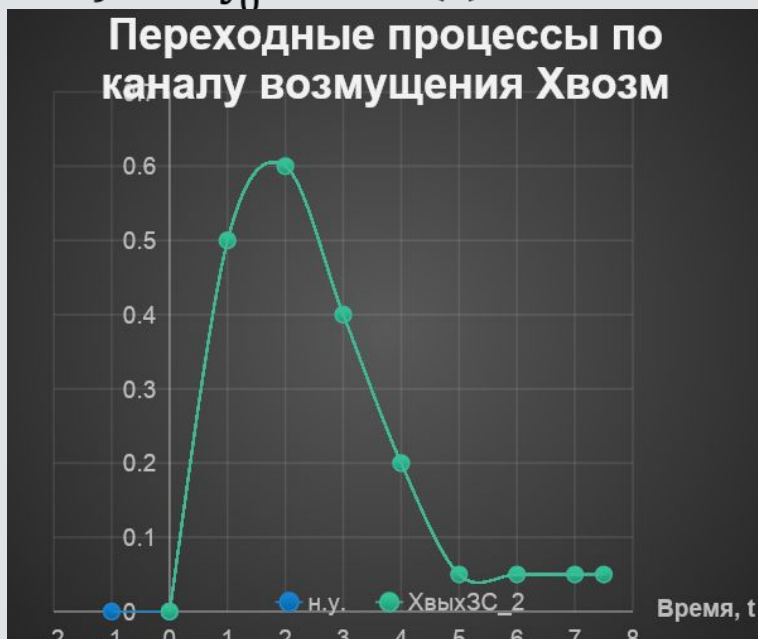
# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Интегральные показатели качества

Линейная интегральная оценка качества - выражает площадь под кривой переходного процесса, т.е. включает в себя и время регулирования и возможные ошибки.

$$J1 = \int_0^{\infty} X_{\text{ВЫХ}}(t) dt$$

$$J1 \rightarrow \min$$



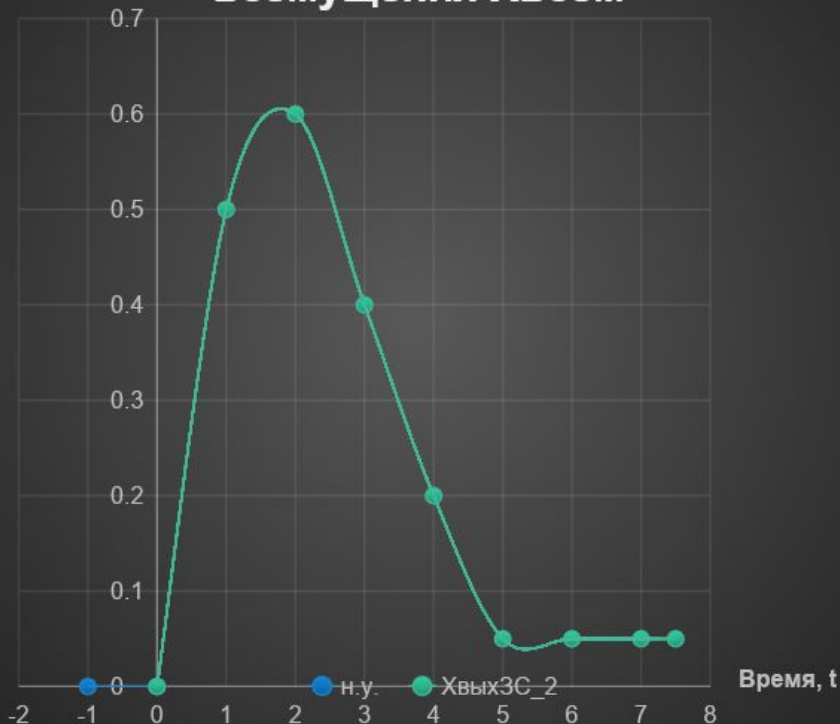
# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Интегральные показатели качества

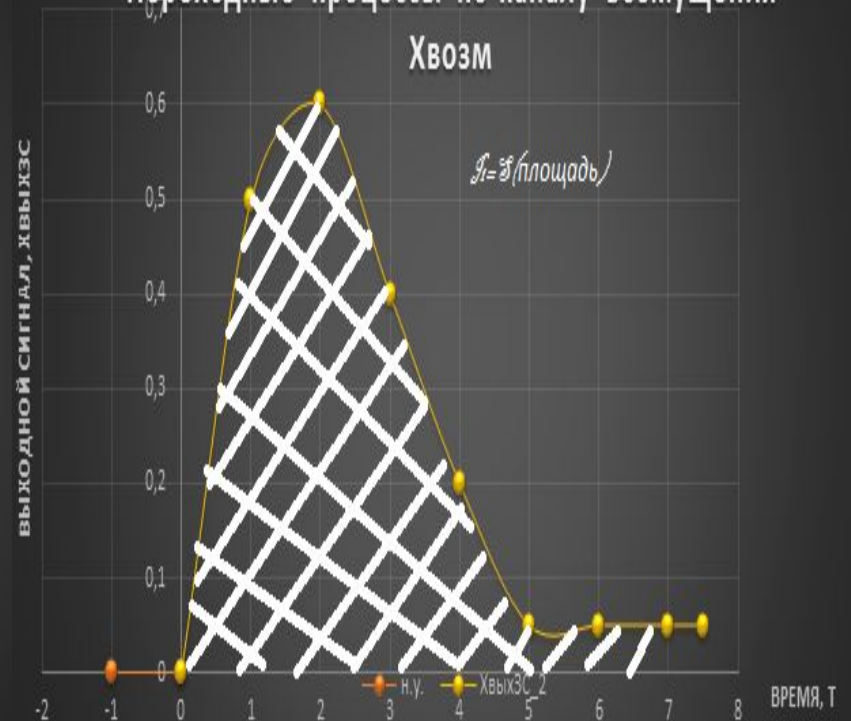
$$J1 = \int_0^{\infty} X_{\text{ВЫХ}}(t) dt$$

$J1 \rightarrow \min$

Переходные процессы по каналу  
возмущения Хвозм



Переходные процессы по каналу возмущения





# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Интегральные показатели качества

Следовательно, для затухающих и апериодических переходных процессов площадь под кривой стремится к нулю  $J1 \rightarrow \min$ .

Для интегральной оценки существуют специальные формулы, которые очень велики, но **можно рассчитывать при помощи численных методов на ПК.**

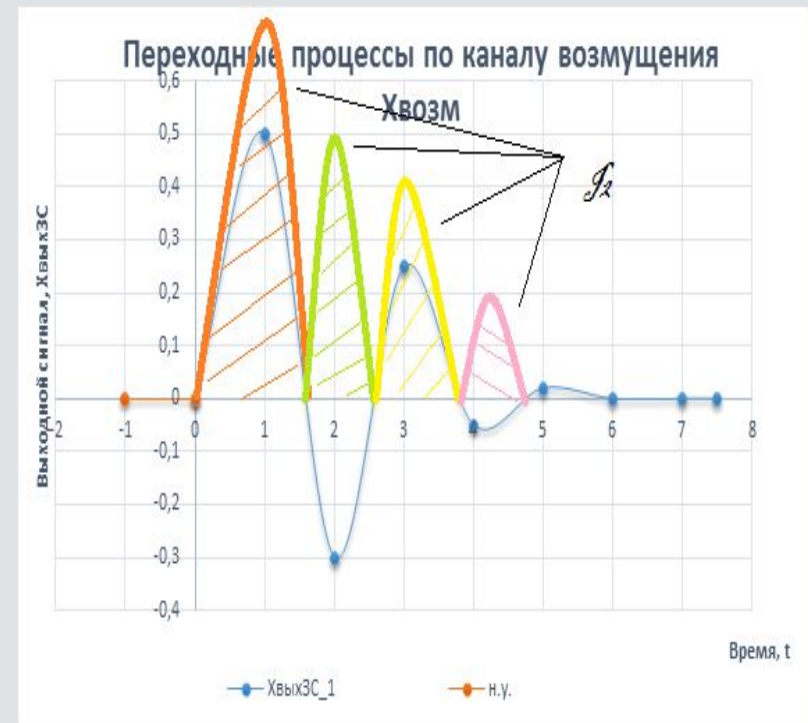
**НО** используются только для апериодических переходных процессов.

Т.к. для колебательных процессов  $J1 \min$  или  $J1 = 0$ , но на деле получаем огромную ошибку.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Интегральные показатели качества

**Квадратичная интегральная оценка качества** – представляет собой  $J_2$  – суммарная завышенная площадь, которая называется квадратичной. И если стремиться к  $J_2 \rightarrow \min$ , то и истинная площадь под кривой будет уменьшаться.



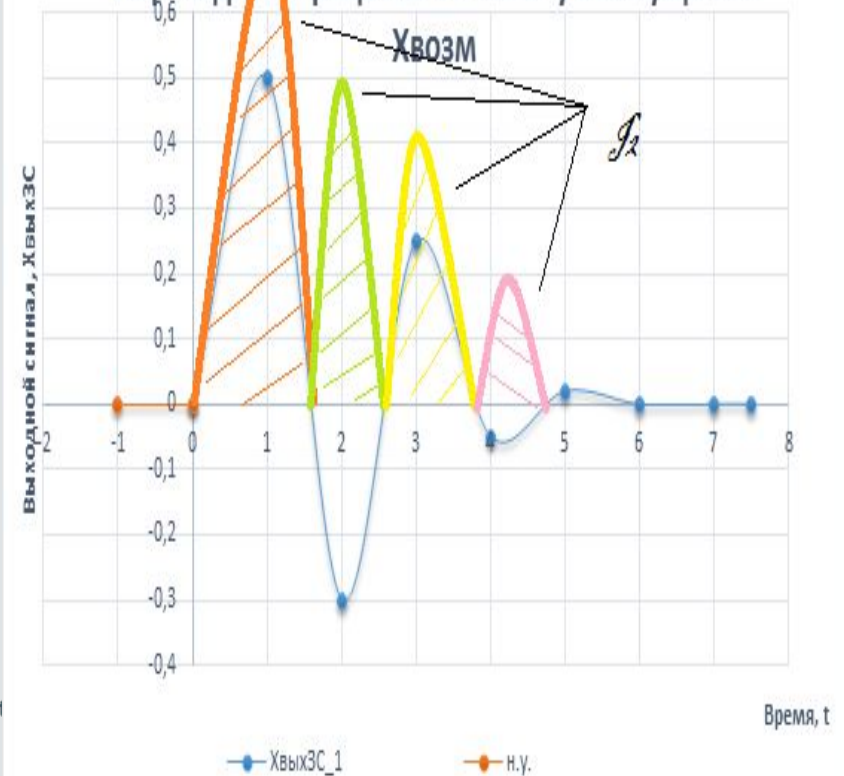
# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Интегральные показатели качества

Переходные процессы по каналу возмущения Хвост



Переходные процессы по каналу возмущения



# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Интегральные показатели качества

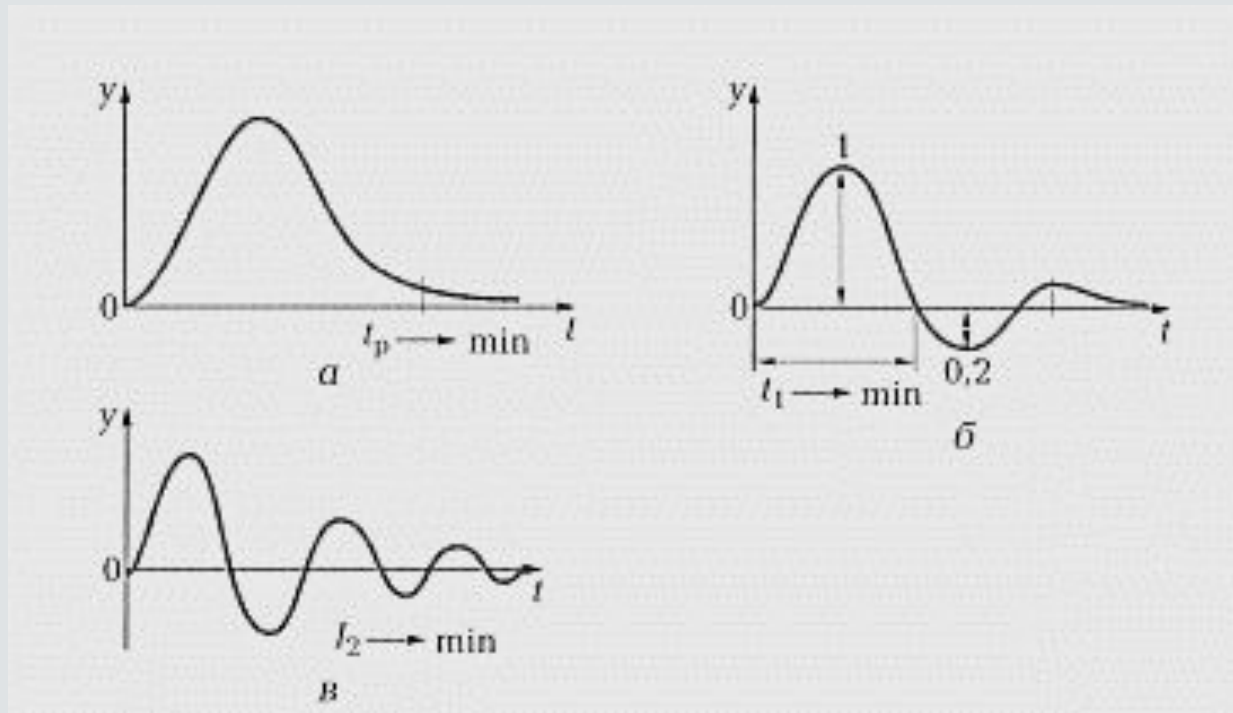
Так как все показатели качества конкурирующие, то для каждой решаемой задачи нужно задавать свои оптимальные показатели качества.

Качество регулирования тем выше, чем меньше величина интегралов.

Считают оптимальным переходный процесс в САУ, который при  $\psi = 0,75$  имеет  $J_{2min}$

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Интегральные показатели качества



а — аperiodический с минимальным временем регулирования; б — с 20%-м перерегулированием и минимальным временем первого полупериода; в — обеспечивающий минимум интегрального критерия качества

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Задачи при построении систем управления

1. Определение параметров аппроксимированной динамической характеристики объекта регулирования (коэффициент усиления объекта регулирования  $K_{об}$ , постоянная времени объекта  $T_{об}$ , время запаздывания  $\tau$ ) путем графоаналитической обработки экспериментально снятой кривой разгона;
2. Выбор типа регулятора;
3. Определение настроек регулятора.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Задачи при построении систем управления

Под выбором типа регулятора подразумевается выбор необходимого закона регулирования.

При выборе типа регулятора определяют тип действия – непрерывного или дискретного действия.

Такие характеристики, как инерционность регулятора, а также запаздывание объекта управления также влияют на качество регулирования.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

**Регулятор непрерывного действия выбирается исходя из следующих соображений:**

- Область применения интегральных регуляторов ограничивается объектами, допускающими относительно большое время регулирования и относительно большое максимальное отклонение регулируемой величины. И-регулятор неприменим для регулирования объектов без самовыравнивания, т.к. ни при каких значениях не может обеспечить устойчивого регулирования объекта.



# **ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР**

**Регулятор непрерывного действия выбирается исходя из следующих соображений:**

- П-регуляторы применяются в тех случаях, когда либо допускается отклонение регулируемой величины от заданного значения в равновесном состоянии системы, либо допускается небольшое время регулирования (время регулирования в пределах 10т).
- ПИ-регуляторы могут применяться при любых требованиях к величине установившегося отклонения и любом диапазоне возмущающих воздействий, если допустимое время регулирования превышает 6т.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

**Регулятор непрерывного действия выбирается исходя из следующих соображений:**

- Для достижения времени регулирования, меньшего чем  $6T$ , но превышающего  $4T$ , необходимо использовать регуляторы с воздействием по производной, т.е. ПИД-регуляторы.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Выбор регулятора

Характер переходного процесса в замкнутой САР определяется не только свойствами объекта и законом регулирования, но и параметрами настройки регулятора. При разных значениях настроечных параметров одного и того же регулятора можно получить достаточно большое число переходных процессов, удовлетворяющих заданным требованиям.

Таким образом, появляется некоторая неопределенность в выборе конкретных значений параметров настройки регулятора. В целях ликвидации этой неопределенности и облегчения расчета настроек вводится понятие **оптимальных типовых процессов регулирования**.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Оптимальные типовые процессы

*Апериодический процесс с минимальным временем регулирования.*

Этот процесс предполагает, что отрабатывается возмущение (система автоматической стабилизации). В данном случае настройки подбираются так, чтобы время регулирования было минимальным. Данный вид типового процесса широко используется для настройки систем, не допускающих колебаний в замкнутой системе регулирования.

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Оптимальные типовые процессы регулирования

*Процесс с 20%-м перерегулированием и минимальным  
временем первого полупериода.*

Такой процесс применяется для настройки большинства промышленных САР, так как он соединяет в себе достаточно высокое быстродействие (время минимально) при ограниченной колебательности ( $\psi = 20\%$ )

# ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ РАБОТЫ АСР

## Оптимальные типовые процессы регулирования

*Процесс с минимальной интегральной оценкой  
качества*

Выбирается процесс с минимальным квадратичным интегральным критерием качества  $J_2 \rightarrow \min$

# ПОВТОРИМ

- Назначение автоматического регулятора
- Классификация регуляторов по наличию и виду подводимой энергии
- Недостатки регуляторов прямого действия
- Другие классификационные виды регуляторов
- Устойчивость САР
- Виды переходных процессов
- Прямые показатели качества
- Интегральные показатели качества
- Типовые оптимальные процессы регулирования
- Выбор типа регулятора