

Лекция №4

СИНТЕЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

План лекции:

1. **Общие сведения о синтезе САУ**
2. **Основные законы регулирования**
 - 2.1. **Непрерывное регулирование**
 - 2.2. **Позиционные регуляторы**
3. **Исполнительные устройства**
 - 3.1 **Исполнительный механизм**
 - 3.2 **Регулирующие органы**

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИНТЕЗЕ САУ

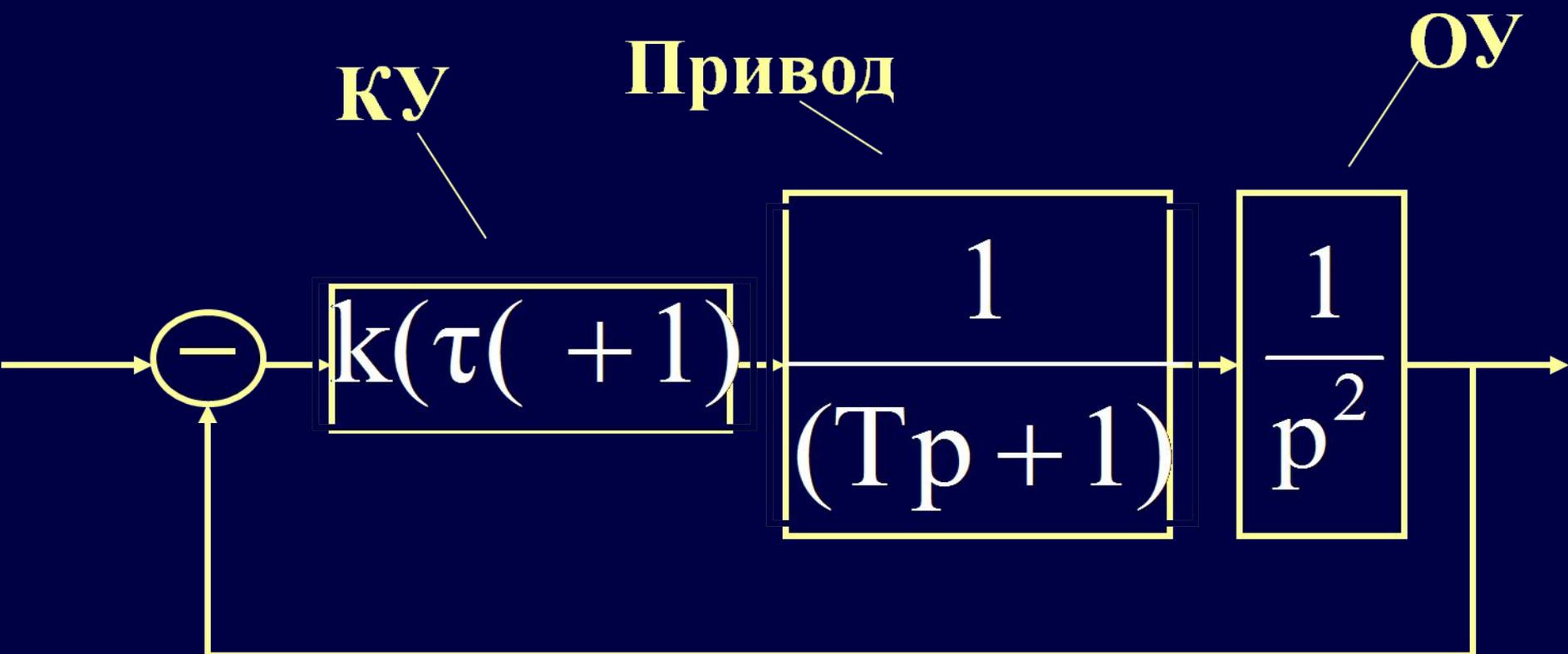
С И Н Т Е З С А У - это определение структуры, состава элементов, и значений параметров САУ, при которых она удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям.

(Определение общей задачи синтеза)

(Частная задача синтеза)

СИНТЕЗ САУ - это определение типа, схемы и параметров закона управления (ЗУ) или корректирующего устройства (КУ)

ЗАКОНОМ УПРАВЛЕНИЯ (ЗУ) САУ называется зависимость сигнала управления $u(t)$, подаваемого на ее исполнительное устройство, от входных и выходных сигналов.



КОРРЕКТИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ (КУ) называется вспомогательный элемент САУ, заданный передаточной функцией и применяемый для улучшения качества ее процессов управления.

Общий вид закона управления:

$$u(t) = F[\varepsilon(t), \dot{\varepsilon}(t), \ddot{\varepsilon}(t), \dots, \int \varepsilon(\tau) d\tau]$$

$\varepsilon(t) = g(t) - y(t)$ – сигнал рассогласования

2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

2. 1. НЕПРЕРЫВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

П - УПРАВЛЕНИЕ (*пропорциональное*):

Пропорциональным называют закон регулирования, отражающий прямо пропорциональную зависимость между изменением управляющего воздействия

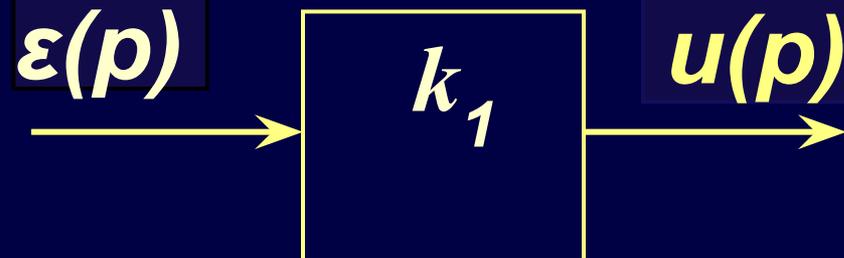
и погрешностью регулирования.

$$u(t) = k_1 \varepsilon(t)$$

коэффициент усиления регулятора.

$$u(t) = k_1 \varepsilon(t)$$

Является параметром
настройки регулятора



$k_1 \uparrow$

t_p время регулирования ↓

E_y установившаяся ошибка ↓

Запас устойчивости ↓

И - УПРАВЛЕНИЕ (*интегральное*)

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

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

Устранение
установившейся ошибки
регулирования

Является параметром
настройки регулятора

Максимальная ошибка
регулирования ↓

Запас устойчивости ↓

ПИ - УПРАВЛЕНИЕ

(пропорционально - интегрирующее):

Регуляторы формирующие одновременно пропорциональную и интегральную составляющую

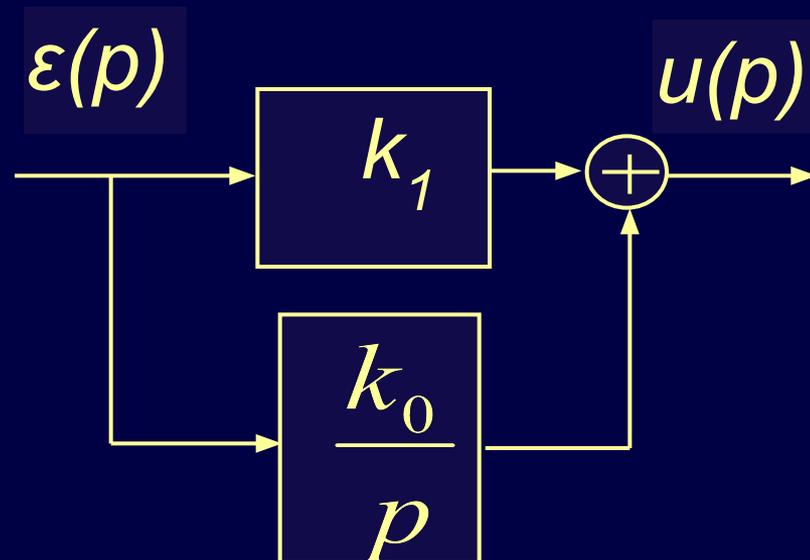
$$u(t) = k_1 \varepsilon(t) + k_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau$$

Является параметром
настройки регулятора

$$u(t) = k_1 \varepsilon(t) + k_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau$$

— Пропорциональный регулятор

— Интегральный регулятор



Запас устойчивости ↓

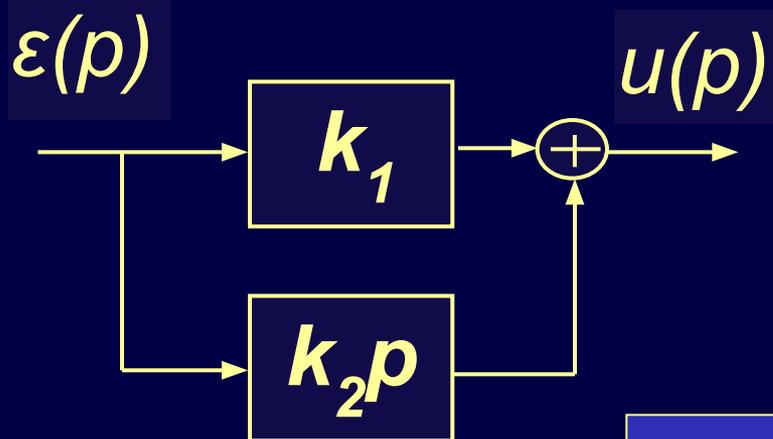
Число интегрирующих звеньев

=

Порядок астатизма

ПД - УПРАВЛЕНИЕ

(пропорционально - дифференциальное):



$$u(t) = k_1 \varepsilon(t) + k_2 \dot{\varepsilon}(t)$$

$$k_2 \dot{\varepsilon}(t)$$

*Помогает
разрешать противоречие
между точностью,
быстродействием
и устойчивостью*

ПИД - УПРАВЛЕНИЕ

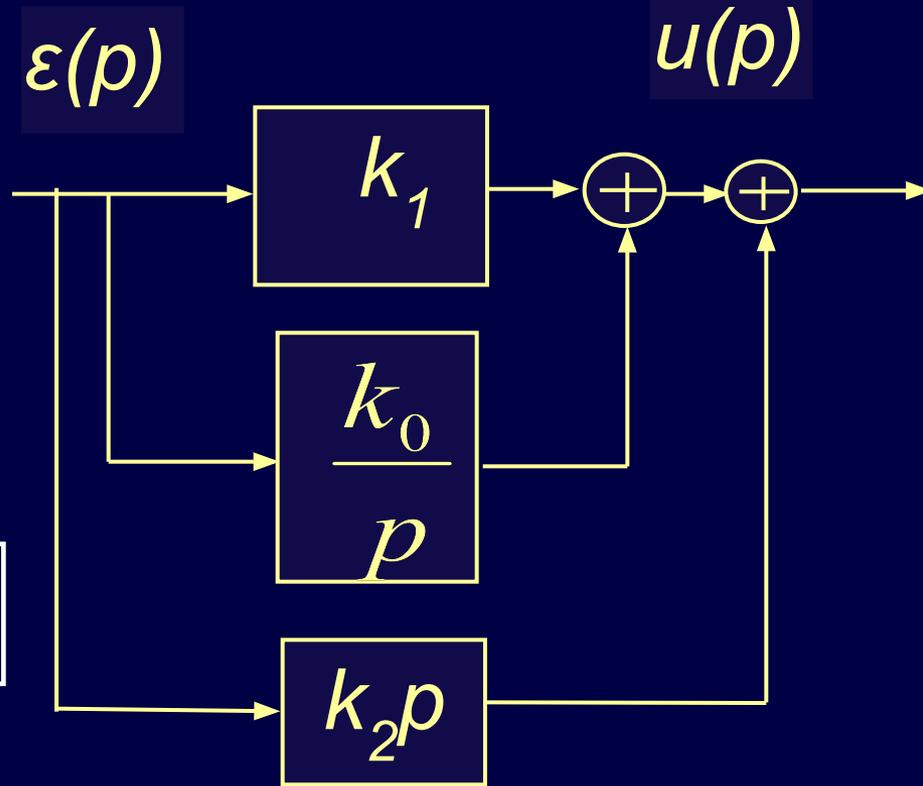
(пропорционально – интегрально -
дифференциальный):

$$u(t) = k_1 \varepsilon(t) + k_2 \dot{\varepsilon}(t) + k_0 \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau$$

*Сочетает в себе
достоинства
всех рассмотренных ЗУ*

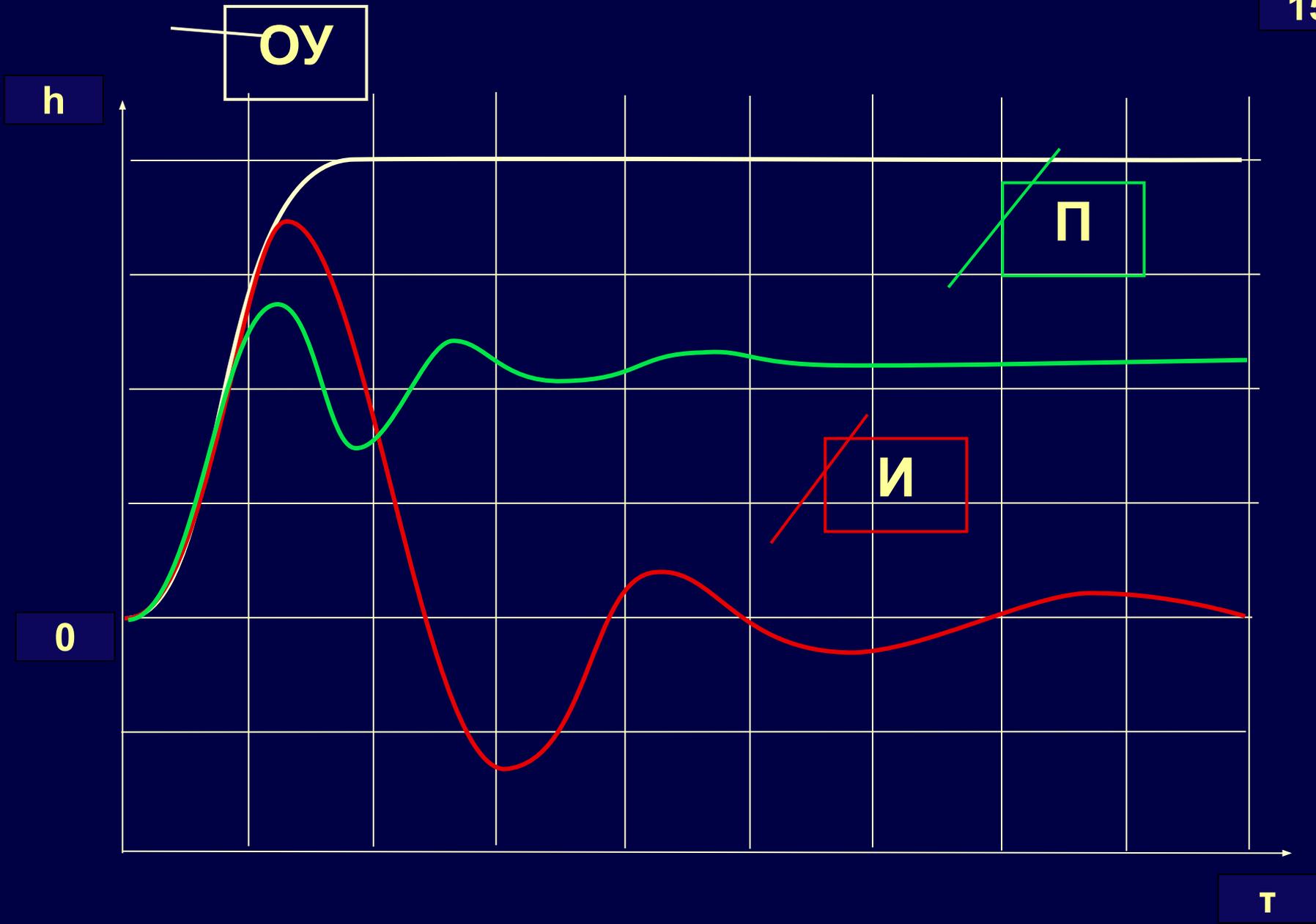
Блок-схему ЗУ нарисовать самостоятельно!

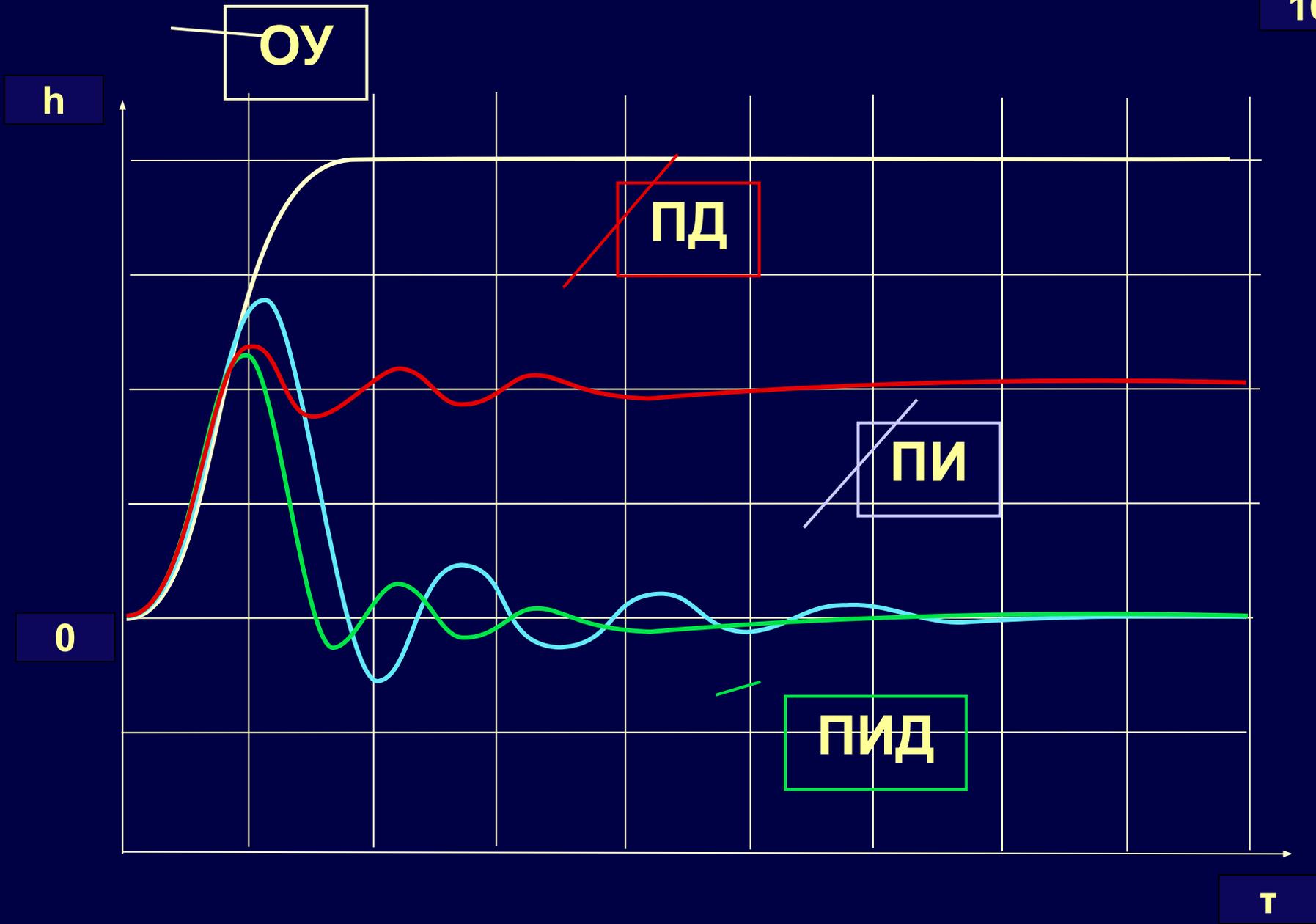
Пропорциональный
регулятор



Интегральный
регулятор

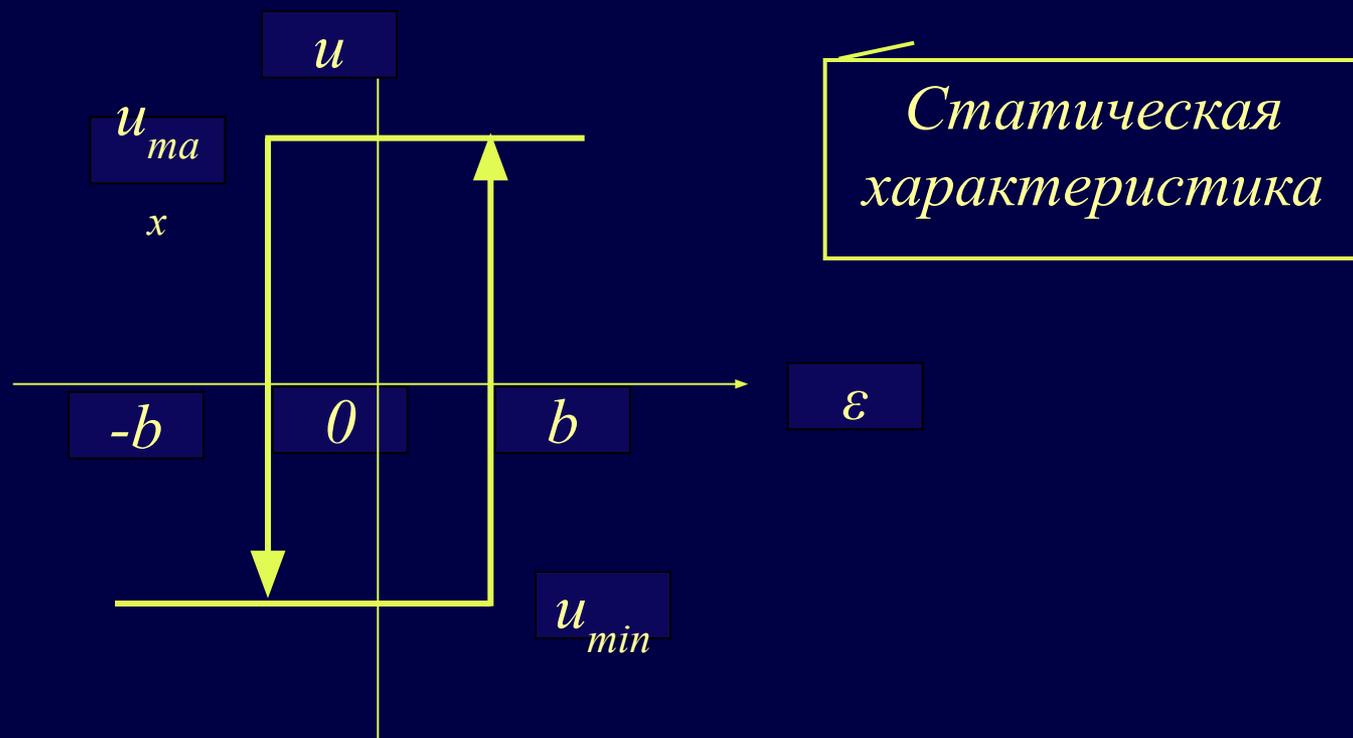
Дифференциальный
регулятор





2.2. ПОЗИЦИОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Автоматические регуляторы, у которых при непрерывном изменении входной величины регулирующий орган занимает ограниченное число определенных, заранее известных положений, называют **позиционными**.



Узд

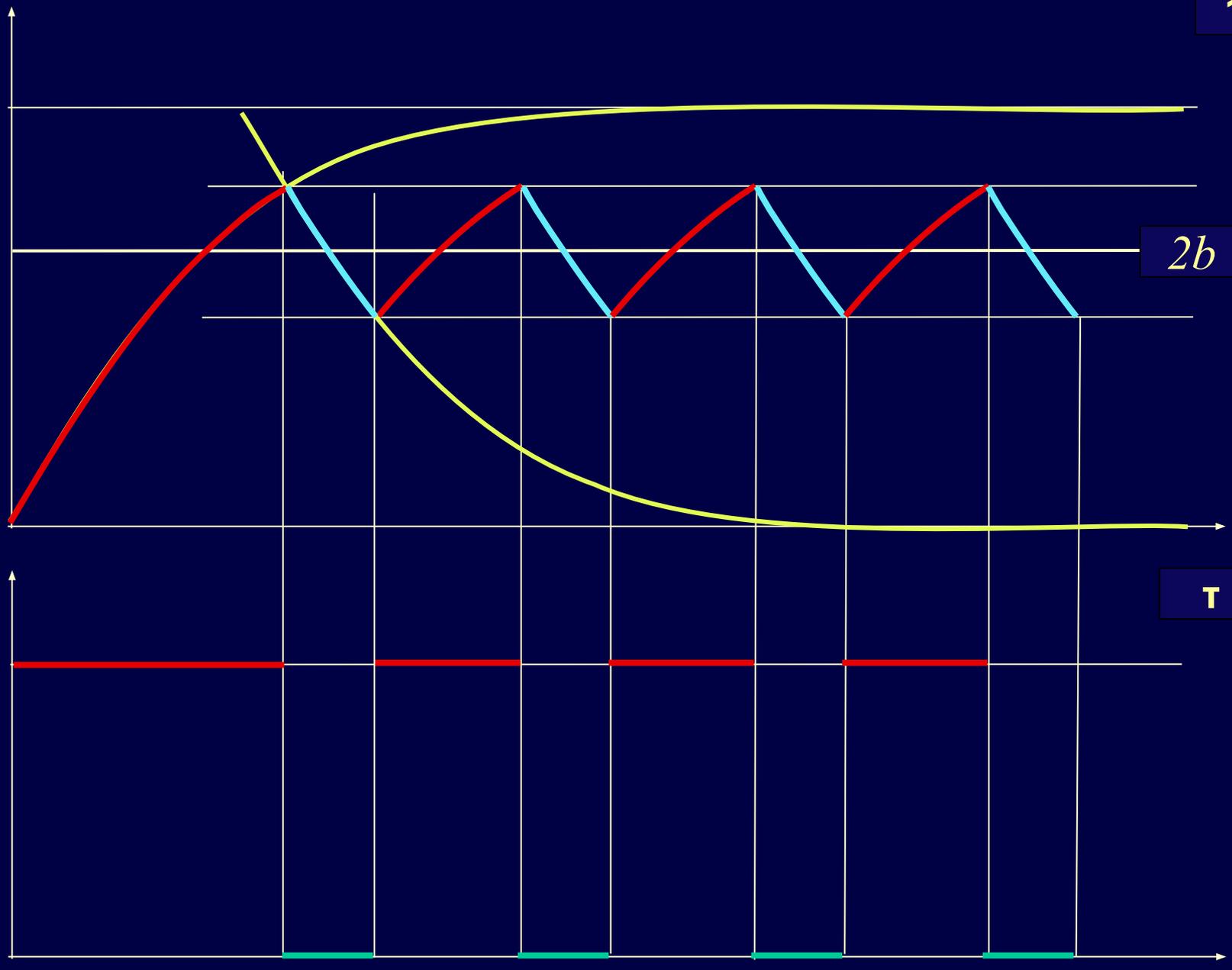
2b

T

$u_{та}$
x

0

T



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЗАКОНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ

П – РЕГУЛЯТОР применяется для управления объектами с самовыравниваем и без самовыравнивания при небольших изменениях нагрузок, если технологическим режимом допустимо остаточная ошибка.

И – РЕГУЛЯТОР применяется для управления объектами с самовыравниваем. Поскольку быстродействие И-регулятора невелико, самовыравнивание должно быть значительным, запаздывание небольшим, а изменение нагрузок плавным.

ПИ – РЕГУЛЯТОР применяется для регулирования как устойчивых, так и нейтральных объектов при больших, но плавных изменениях нагрузок, когда требуется высокая точность регулирования в статическом режиме.

ПД и ПИД – РЕГУЛЯТОРЫ обеспечивают относительно высокое качество регулирования объектов, обладающих большим переходным запаздыванием, а также в тех случаях, когда нагрузка в объектах регулирования изменяется часто и быстро.

3. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА (ИУ)

Исполнительные механизмы (ИМ), являясь составной частью АСР, предназначены для перемещения регулирующего органа (РО) в соответствии с командой, получаемой от регулятора.

3.1. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ (ИМ)

В зависимости от используемого вида энергии

Исполнительные механизмы

```
graph TD; A[Исполнительные механизмы] --> B[Гидравлические]; A --> C[Пневматические]; A --> D[Электрические]; D --> E[Электромагнитные]; D --> F[Электродвигательные];
```

Гидравлические

Пневматические

Электрические

Электромагнитные

Электродвигательные

Пневматические ИУ

Пневматические исполнительные устройства (ПИМ) находят широкое применение в пожаро- и взрывоопасных производствах и характеризуются быстродействием и точностью позиционирования.

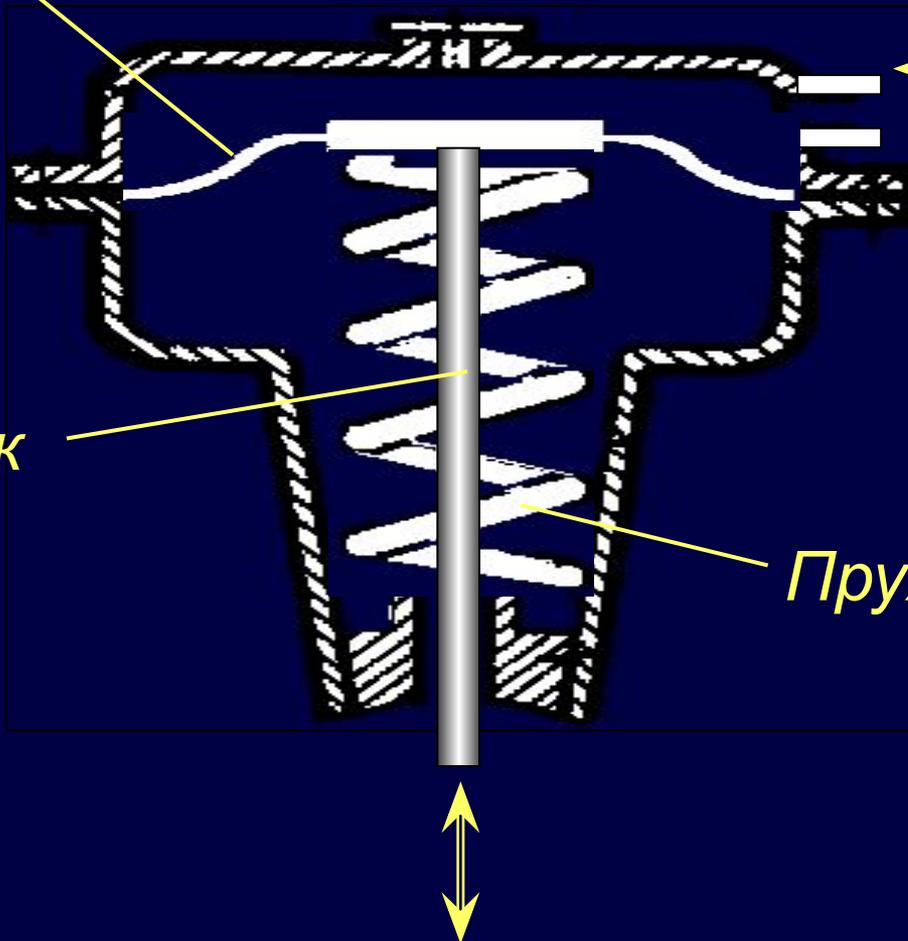
Применяются мембранные и поршневые ПИМ. Предназначены для работы с пневматическими регуляторами и выпускаются в двух модификациях: мембранные и поршневые.

Мембрана

Управляющее
давление

Шток

Пружина



Наибольшее распространение имеют мембранные ПИМ. В них мембрана воспринимает давление сжатого воздуха и преобразует его в перемещение выходного устройства. Они надежны, просты по конструктивному исполнению, ремонтпригодны, дешевы, развивают усилие до 40 кН и обеспечивают перемещение выходного устройства на расстояния от 4 до 100 мм. В зависимости от направления движения выходного органа (штока) МИМ подразделяются на механизмы прямого и обратного действия. В механизме прямого действия при увеличении давления шток выталкивается из ПИМ, а в механизме обратного действия втягивается в ПИМ. Механизмы прямого действия применяют для РО нормально открытого типа, механизмы обратного действия — для управления РО нормально закрытого типа. Поршневые ПИМ используют в тех случаях, когда на перемещение РО затрачиваются значительные перестановочные усилия

Пример обозначения: МИМ-ППХ-320-25-10

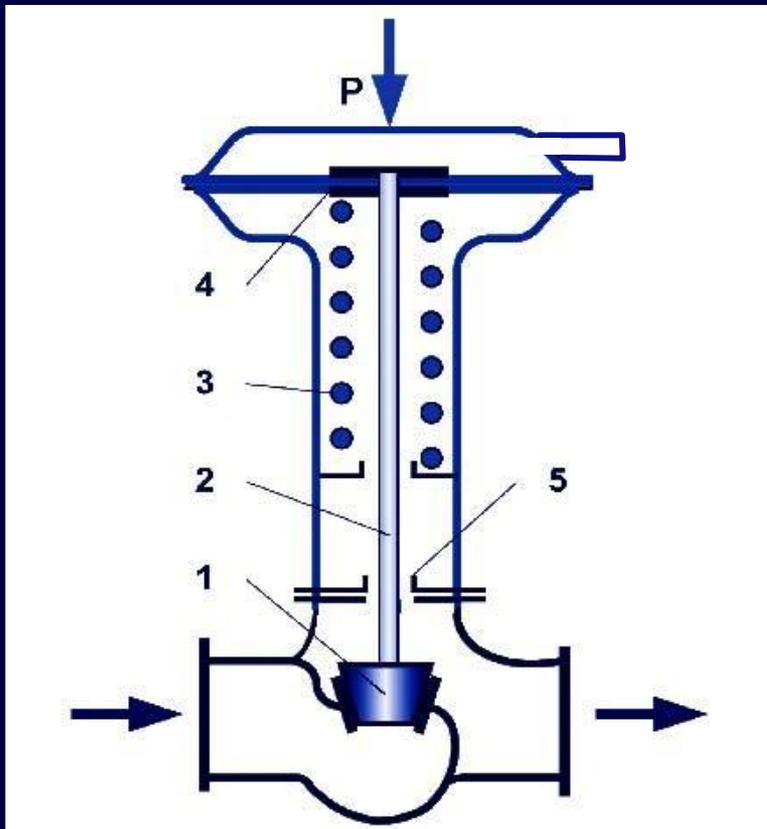
мембранный исполнительный
механизм

прямоходный

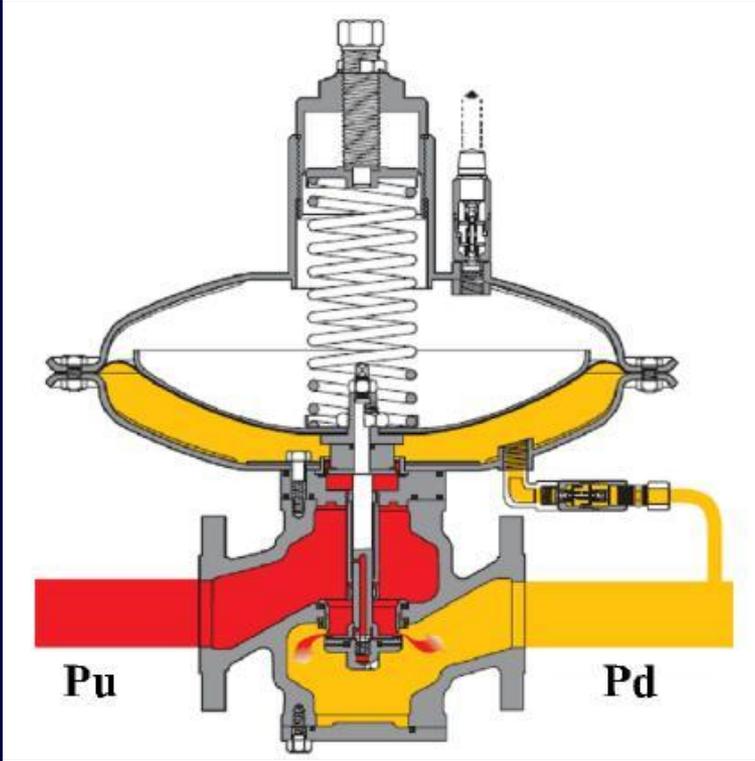
диаметр заделки
мембраны 320 мм

ход штока 25 мм

дополнительное
устройство
отсутствует



Регулирующий орган изменяет расход потока жидкости, газа, пара и т. п. на объекте управления, и тем самым вызывает изменение регулируемого технологического параметра.

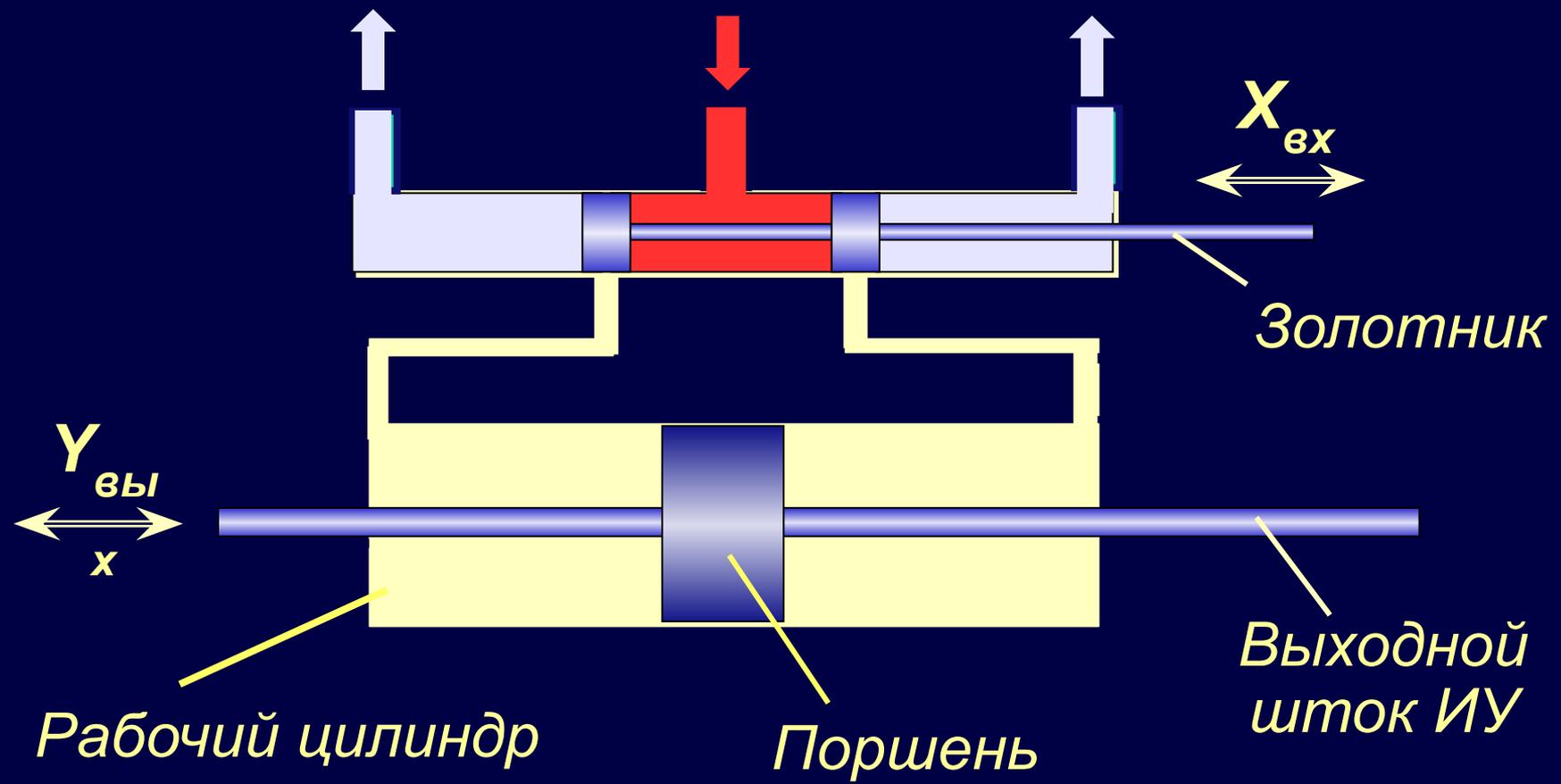


Гидравлические ИУ

Гидравлические исполнительные устройства преобразуют энергию потока рабочей жидкости в энергию механического движения поршня (поступательное движение) или ротора (вращательное движение). Применяются при больших перемещениях РО и больших усилиях.

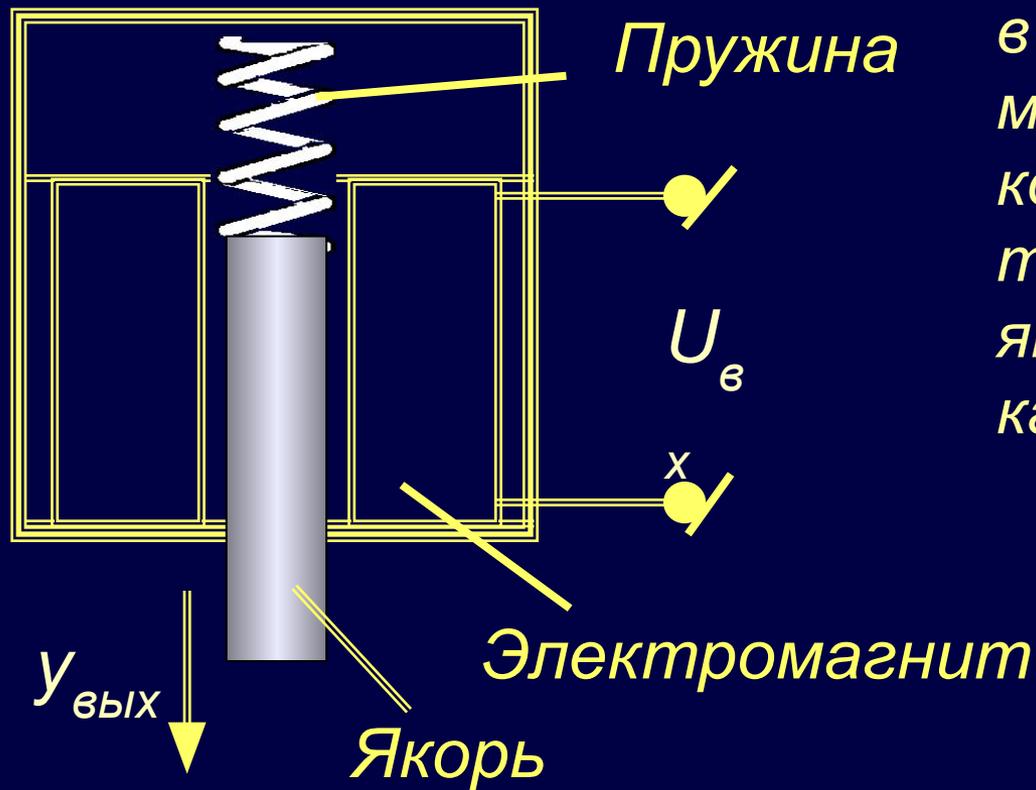
Низкое давление

Высокое давление



Электромагнитные ИУ (соленоид)

К электромагнитным исполнительным устройствам относятся прежде всего соленоидные электроприводы, предназначенные для управления различного рода регулирующими и запорными вентилями, золотниками и т. п.



При подаче напряжения в катушку возникает магнитодвижущая сила, которая создает тяговое усилие между якорем и индукционной катушкой.

Дискретное (позиционное) – открытие, закрытие управления
крана, заслонки, ...

Электродвигательные ИУ

Электродвигательные ИМ являются наиболее распространенными. По характеру движения выходного рабочего звена они подразделяются на;

однооборотные, у которых выходной вал *перемещается* по дуге окружности (до 360°);

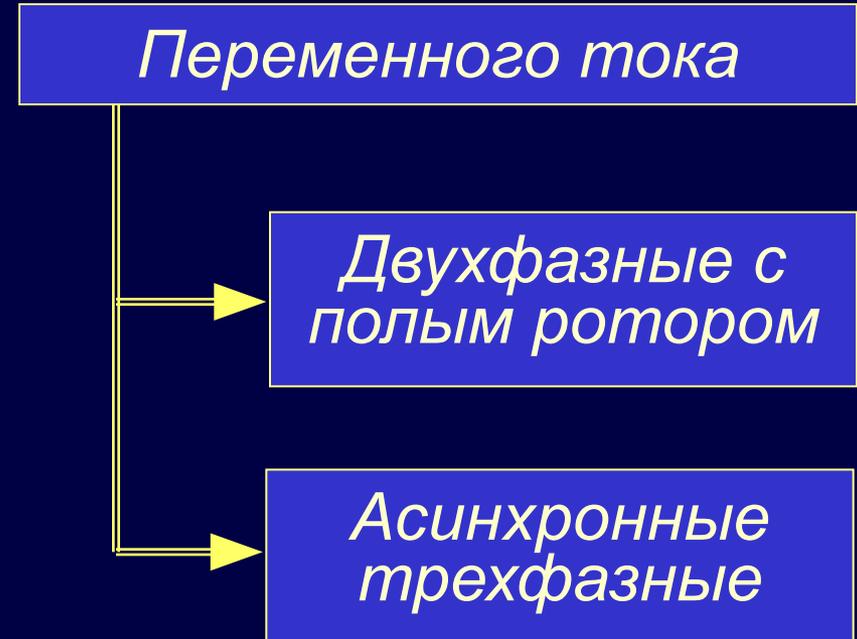
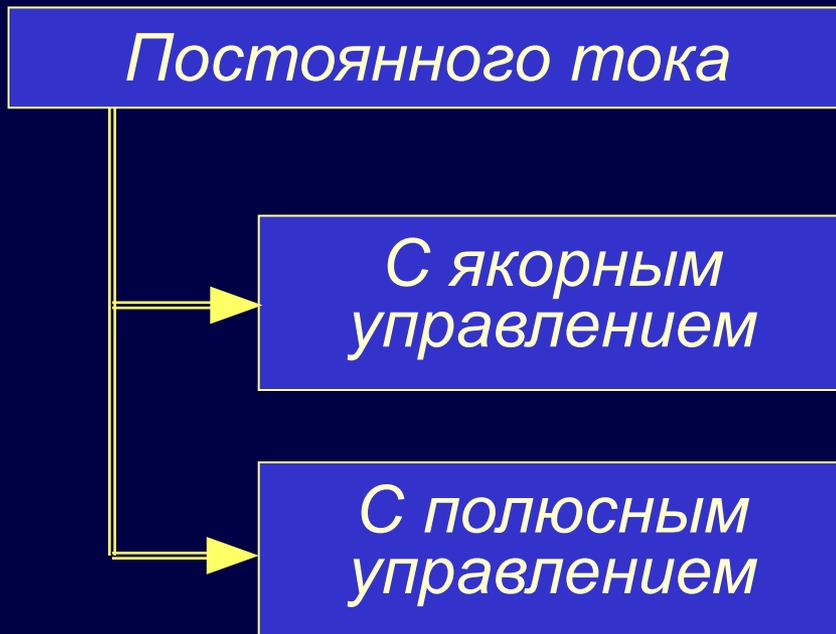
многооборотные, у которых выходной вал *вращается* (более 360°);

прямоходные, выходное звено (шток) которых *перемещается* поступательно.

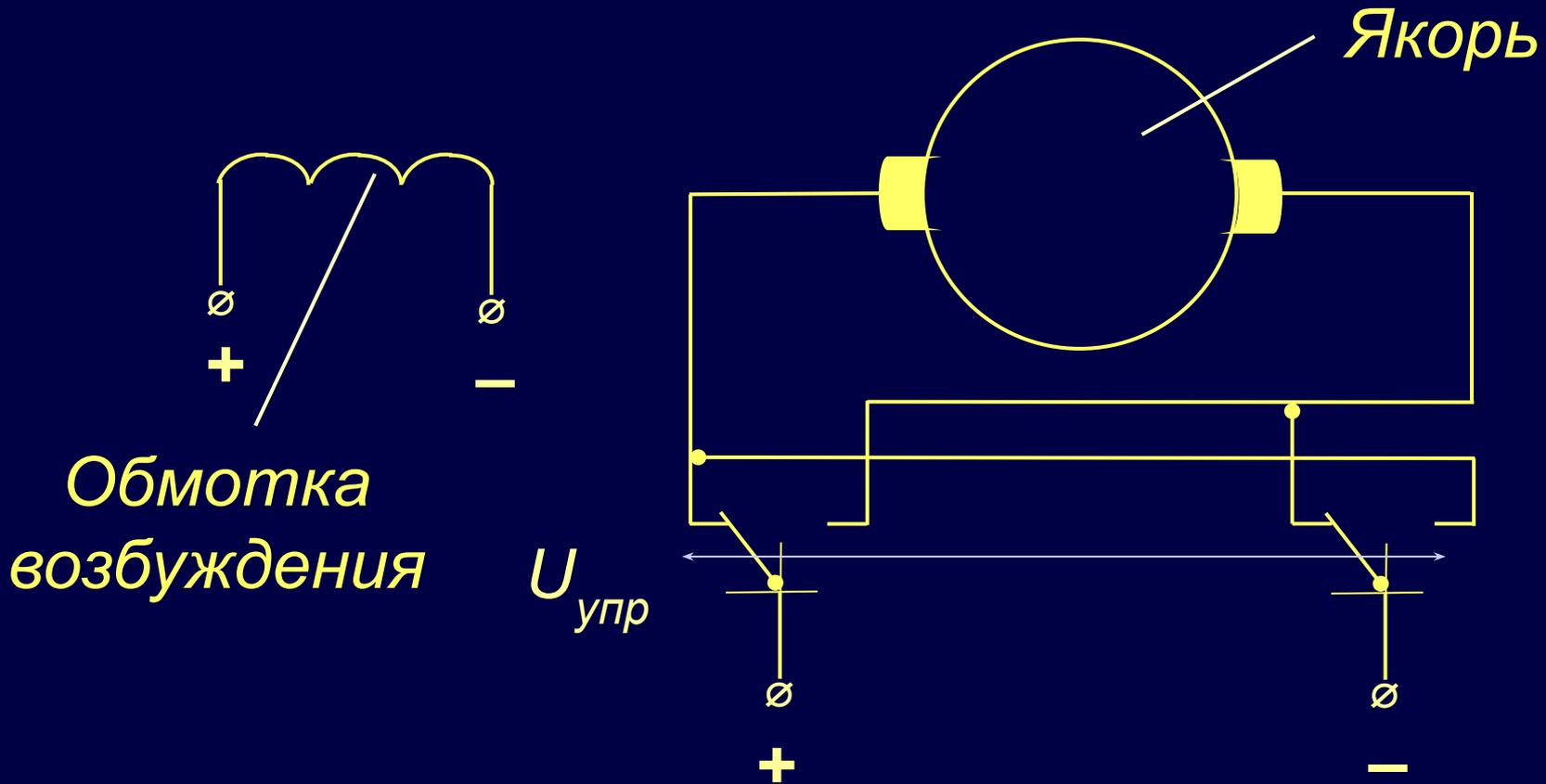
А также различают устройства с постоянной и переменной скоростью вращения выходного органа

Основными элементами данных устройств являются:

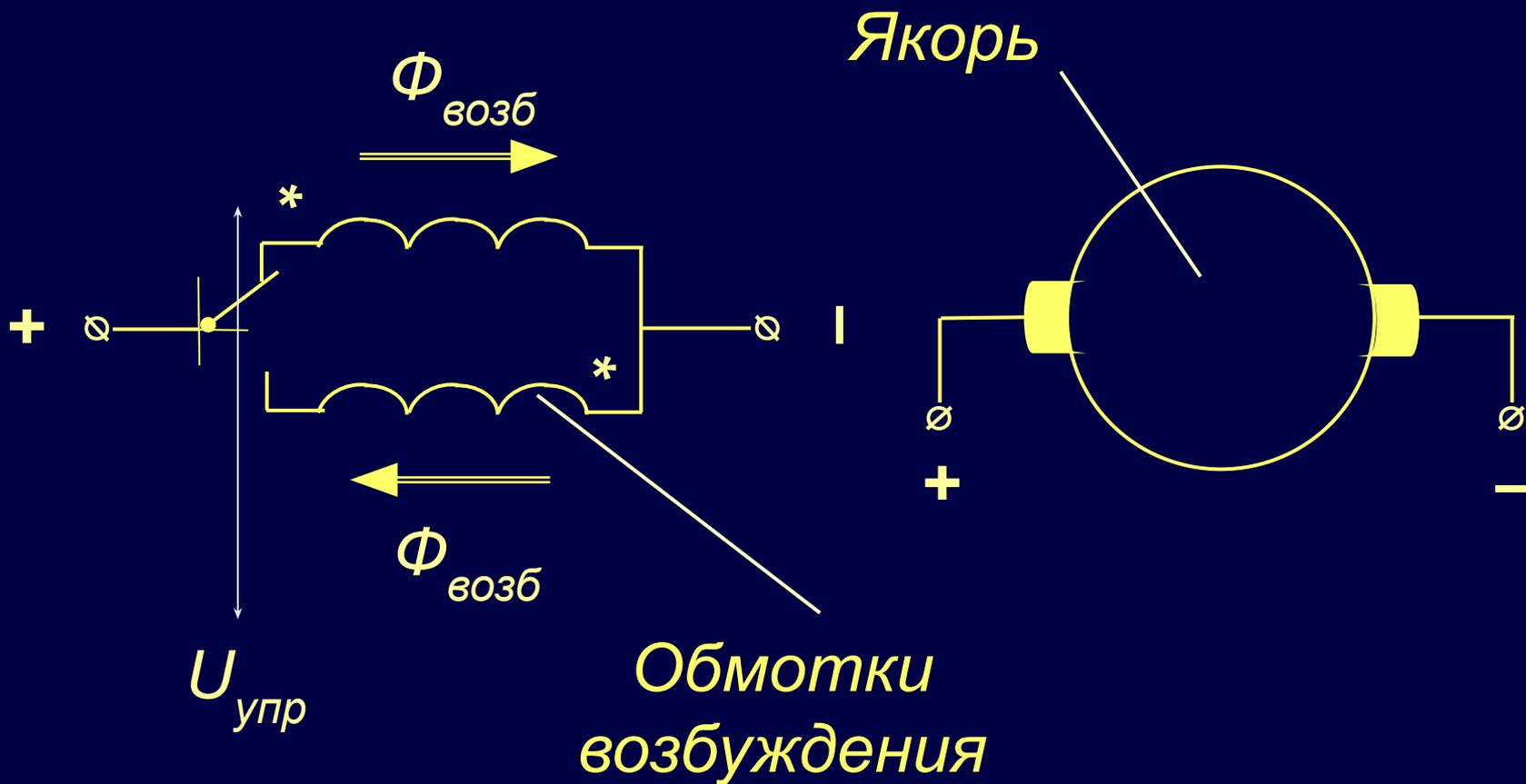
- двигатель;**
- путевой выключатель (конечные выключатели, датчики ОС);**
- редуктор (понижает число оборотов двигателя и увеличивает крутящий момент на его валу).**



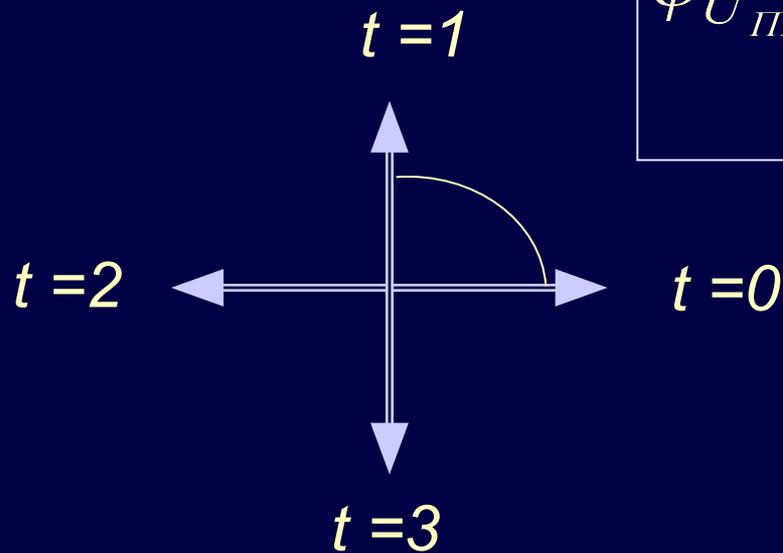
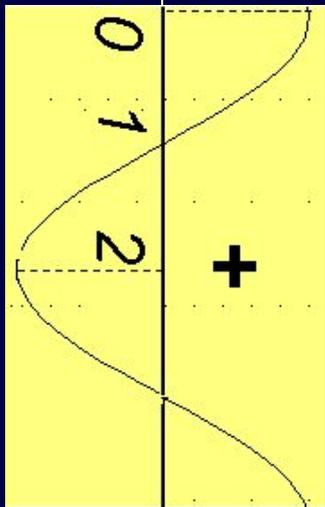
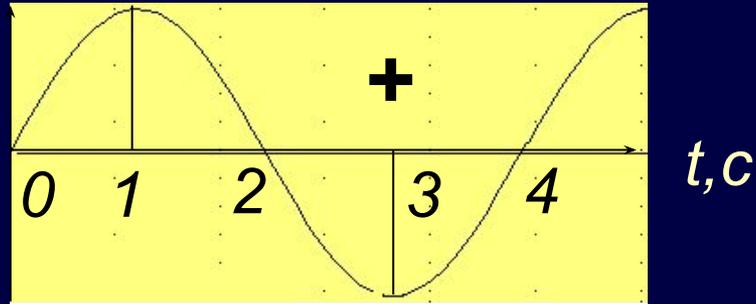
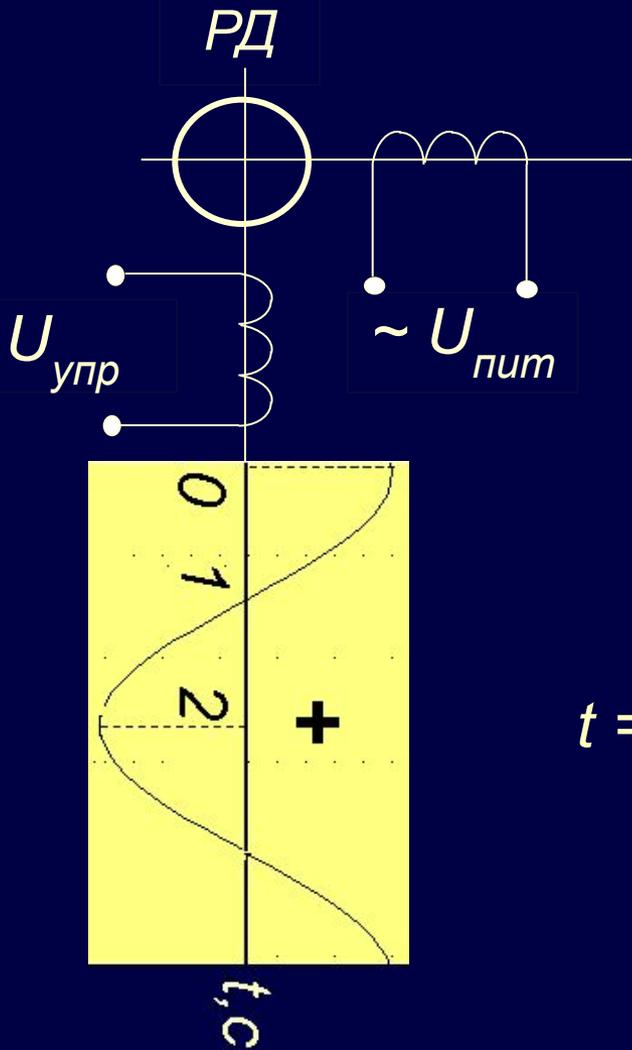
б) Электродвигательные ИУ
постоянного тока с якорным управлением



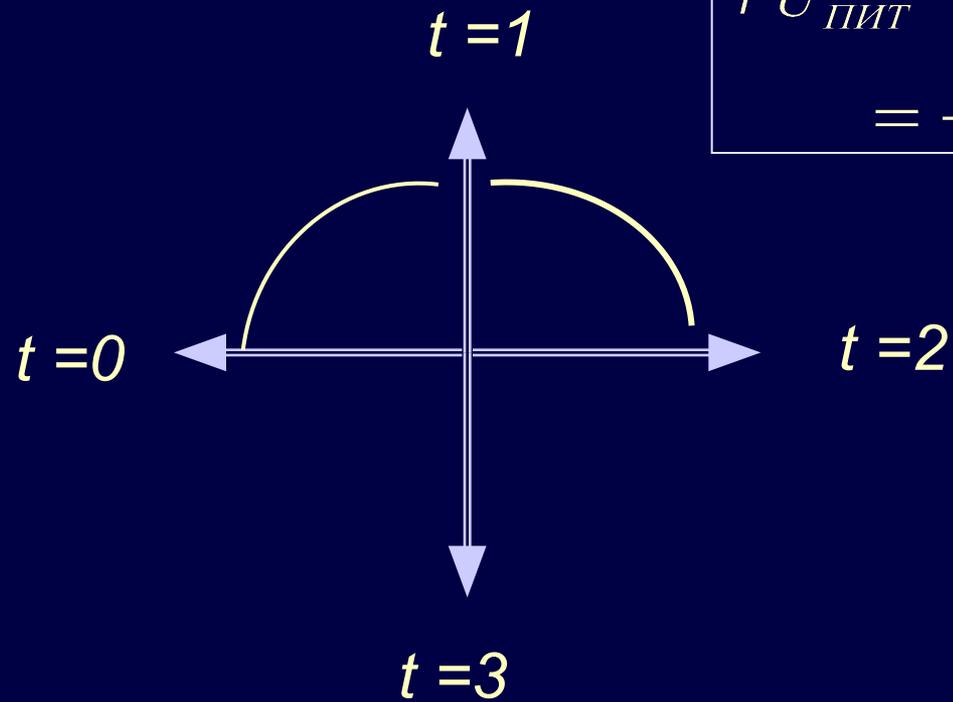
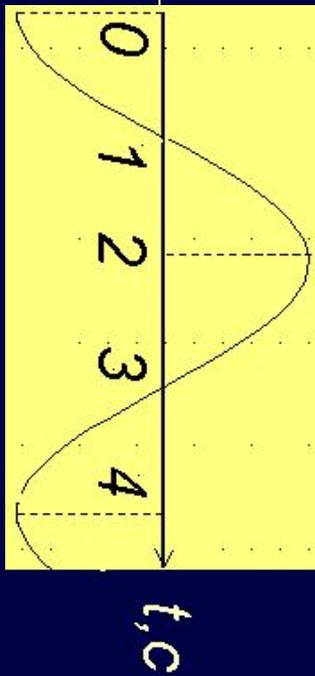
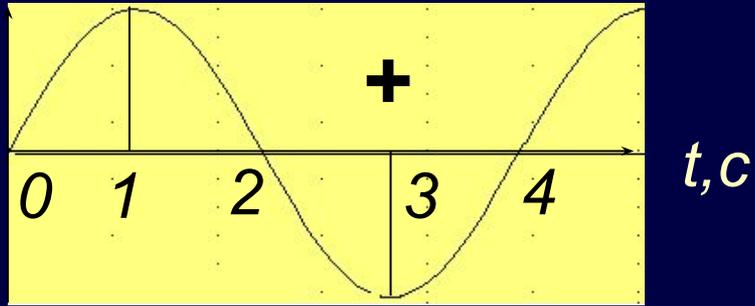
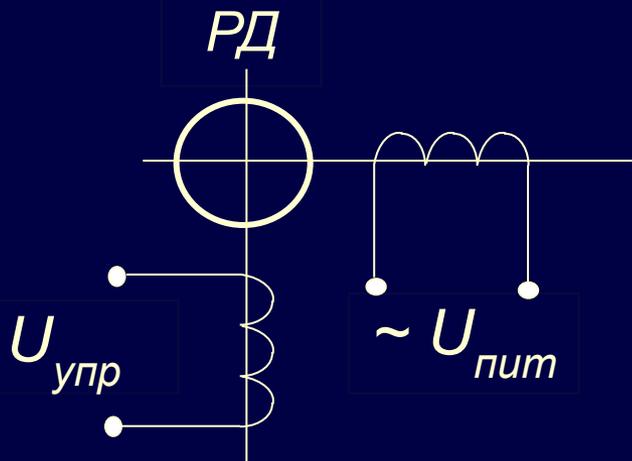
в) Электродвигательные ИУ
постоянного тока с полюсным управлением



а) Двухфазный двигатель с полым ротором

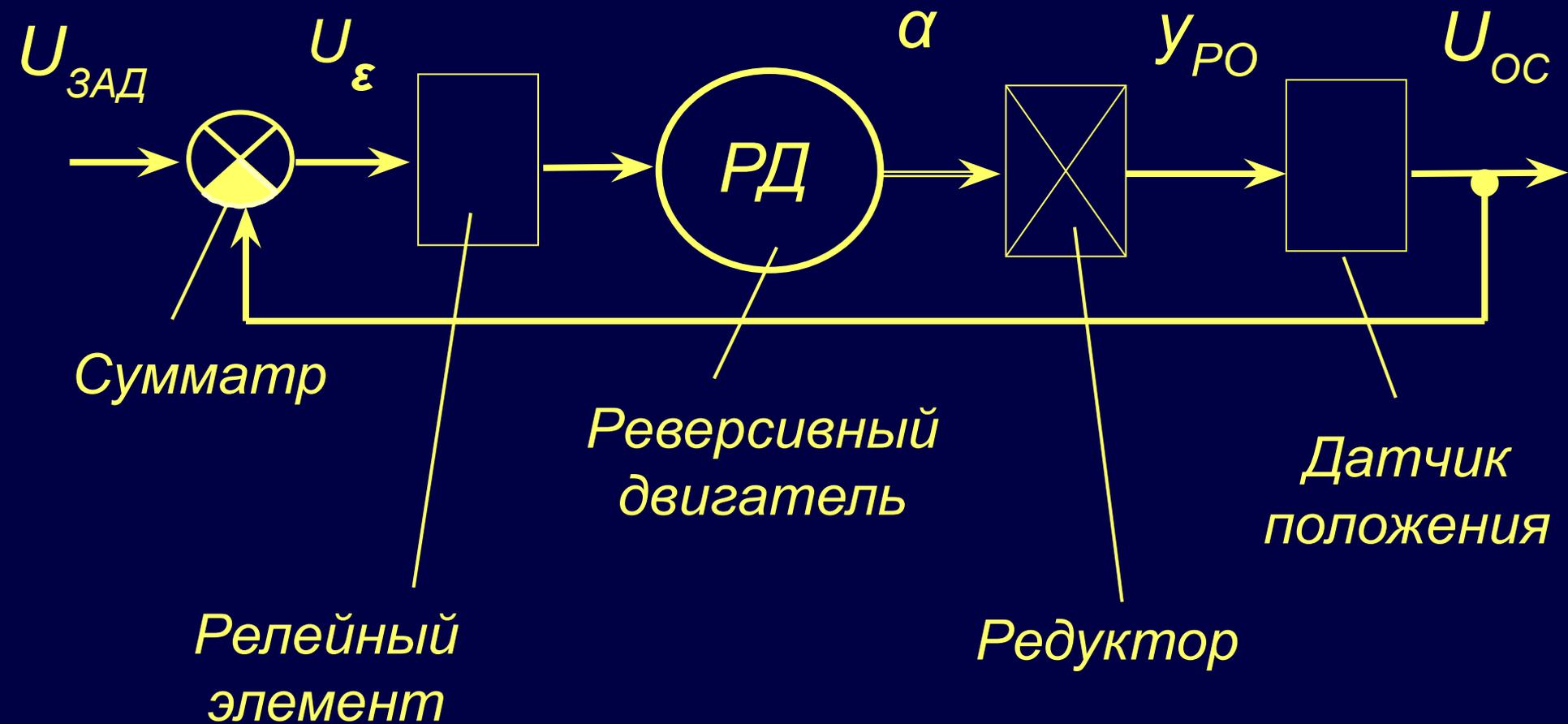


$$\varphi_{U_{пит}} - \varphi_{U_{упр}} = -90^\circ$$

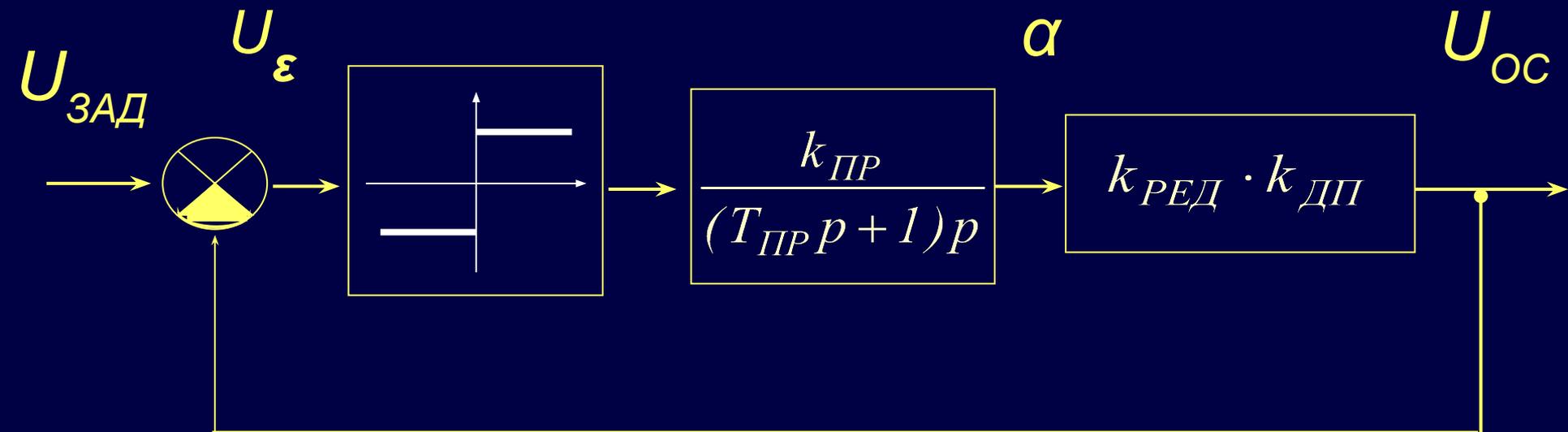


$$\varphi_{U_{пит}} - \varphi_{U_{упр}} = +90^\circ$$

Функциональная схема электродвигательных ИУ



Структурная схема электродвигательных ИУ



3.2. РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ

Устройство, позволяющее изменять расход или направление потока вещества или энергии в технологическом процессе, называются РЕГУЛИРУЮЩИМ ОРГАНОМ (РО)

Характеристики РО:

1) Диапазон регулирования $\Rightarrow R = \frac{F_{max}}{F_{min}} \Rightarrow F_{max}, F_{min}$ – расходы, при открытом и закрытом РО

2) Расходная характеристика $\Rightarrow F = f(h) \Rightarrow h$ – положение РО

Классификация РО:



РО объемного типа изменяют расход вещества за счет изменения ее объема

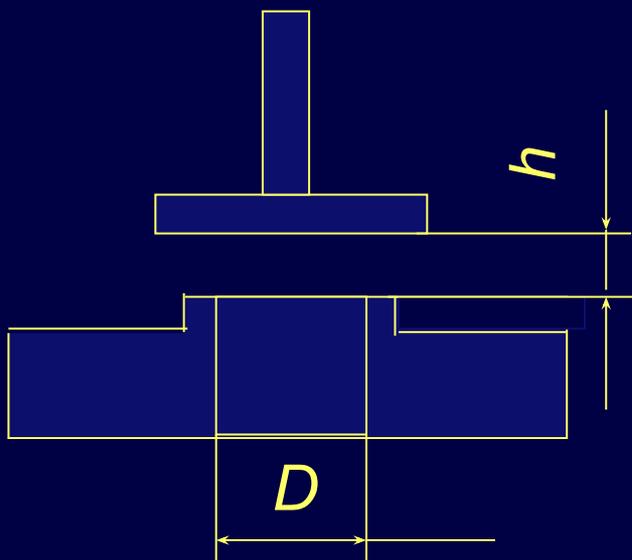
В РО дроссельного типа управление расходом вещества осуществляется с помощью дроссельных устройств

РО скоростного типа изменяют свою производительность изменением скорости вращения

РО ДРОССЕЛЬНОГО ТИПА

В этих РО управление потоками вещества осуществляется с помощью дроссельных устройств

Дроссельным называется устройство, предназначенное для изменения расхода протекающих через него жидкостей или газов



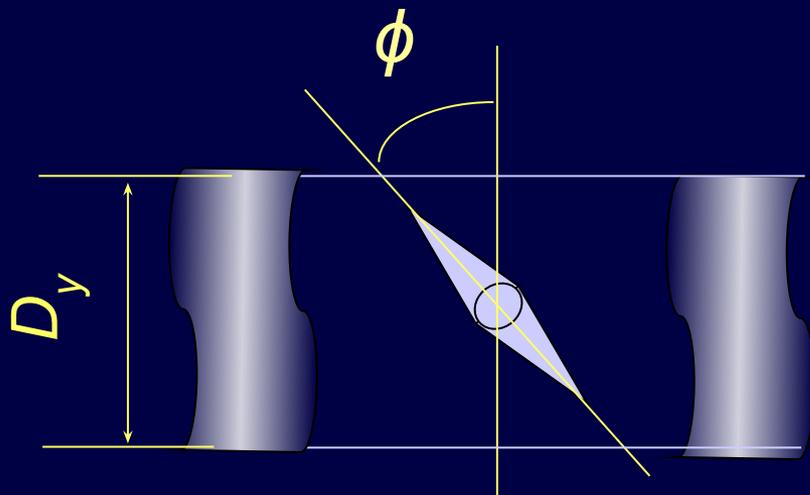
Тарельчатый клапан

Площадь проходного сечения

$$S = \pi \cdot D \cdot h$$

(при $h < 0,25 D$)

Поворотная заслонка

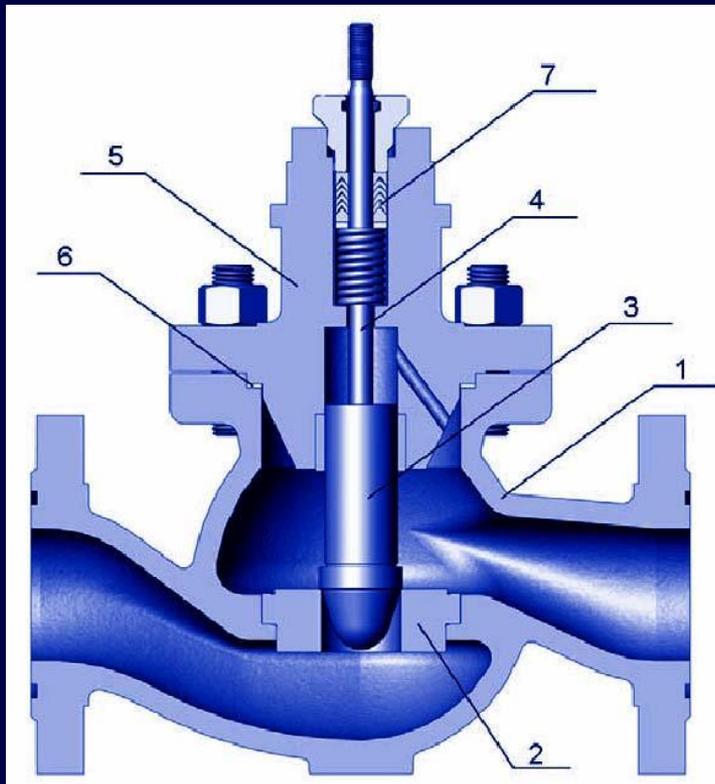


Площадь проходного
сечения

$$S = 0.78 \cdot D_y^2 \cdot (1 - \cos\phi)$$

Односедельный регулирующий клапан





Регулирующий клапан состоит из трех основных блоков: корпуса, дроссельного узла и привода клапана.

РО СКОРОСТНОГО ТИПА

РО скоростного типа изменяют свою производительность изменением скорости вращения:

вытяжные вентиляторы, вибрационные, ленточные, шнековые и др. питатели

Шнековый питатель

