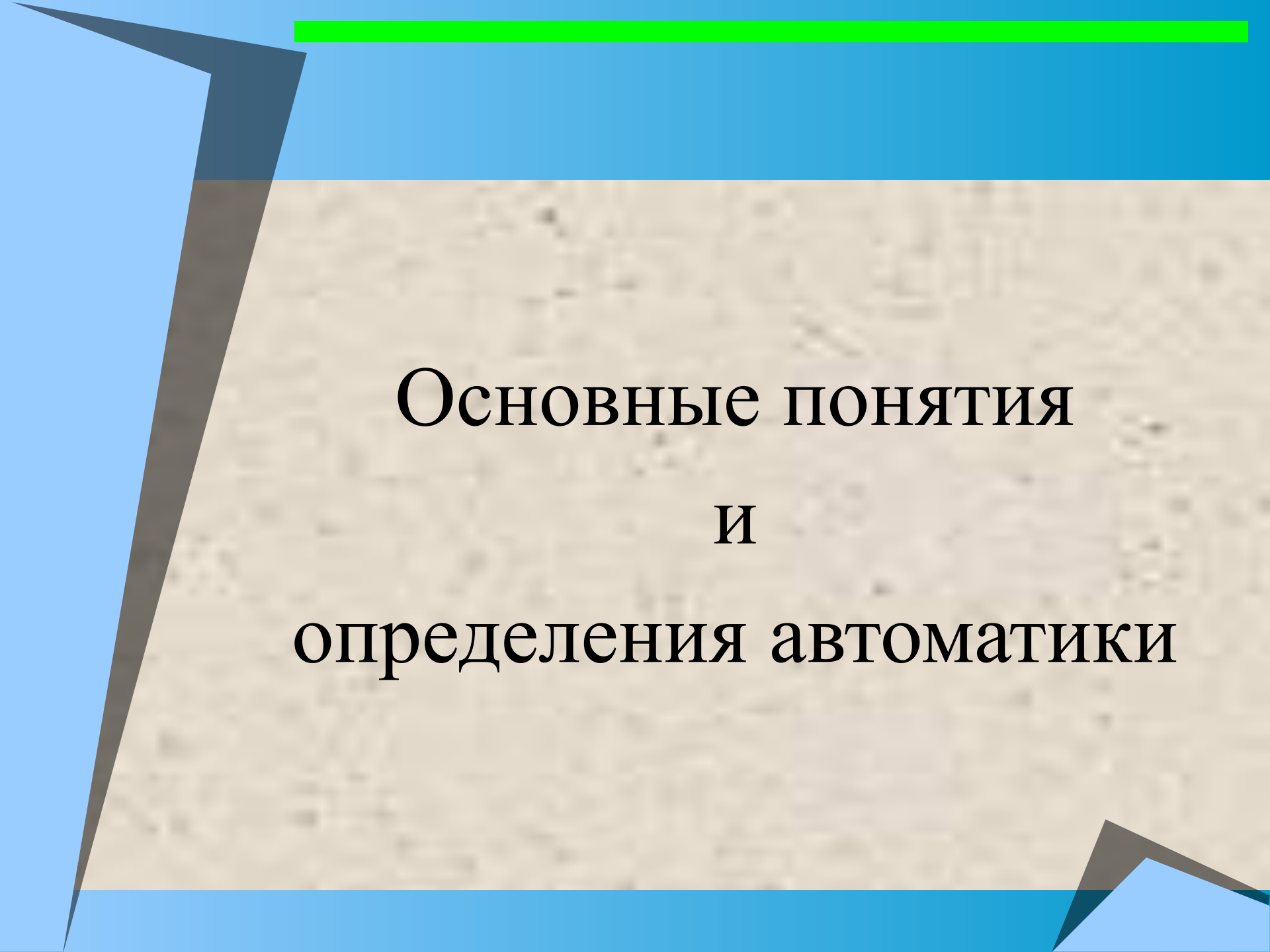



# Автоматика и автоматизация производственных процессов

Преподаватель Г.Ф. Повитков




Основные понятия  
и  
определения автоматике

- 
- *Механизация* – это замена ручных средств труда машинами и механизмами в процессе трудовой деятельности. Труд рабочего сводится к управлению машиной.
  - За механизацией следует *автоматизация* производства. Она представляет процесс передачи функции контроля и управления производством от человека автоматическим устройствам.

## Различают

### частичную и комплексную автоматизацию.

- При *частичной* осуществляется автоматизация отдельных участков или агрегатов основного производственного процесса.
- *Комплексная* автоматизация перекладывает с человека на автоматы не только простые, но и сложные операции управления и, таким образом, позволяет автоматически управлять всем процессом в масштабе технологической линии, цеха или завода в целом.



Наиболее совершенным устройством автоматического управления является компьютер. Он получает от различных измерительных преобразователей сведения о ходе управляемого процесса, с большой скоростью он производит необходимые вычисления и на основании результатов вырабатывает команды для управления процессом. Необходимые требования по ходу процесса закладываются в компьютер в виде системы уравнений, описывающих процесс.

Существуют автоматические системы управления – АСУ . Они относятся к сложным системам, которые представляют собой совокупность взаимосвязанных технических средств, инструкций, математических методов и форм сбора, передачи и переработки информации для рационального управления процессами производства.



Автоматизация производства включает:

Автоматическое управление

Автоматический контроль

Сигнализацию

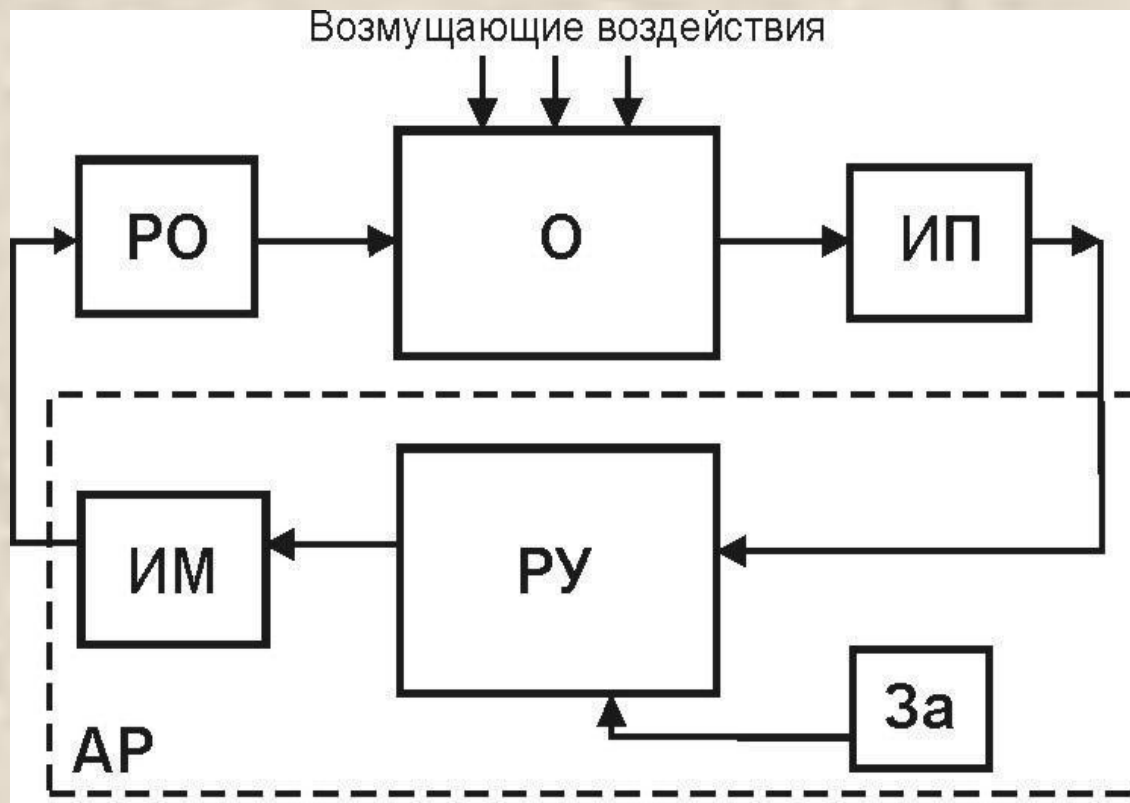
Блокировку

Разновидность автоматического управления – автоматическое регулирование – поддержание равенства регулируемого параметра его установленному значению

Система автоматического регулирования состоит из регулируемого объекта **О** и автоматического регулятора **АР**, непосредственно с объектом соединён измерительный преобразователь **ИП** и регулирующий орган **РО**.

Основными элементами автоматического регулятора являются регулирующее устройство **РУ**, исполнительный механизм **ИМ** и задатчик **За**.

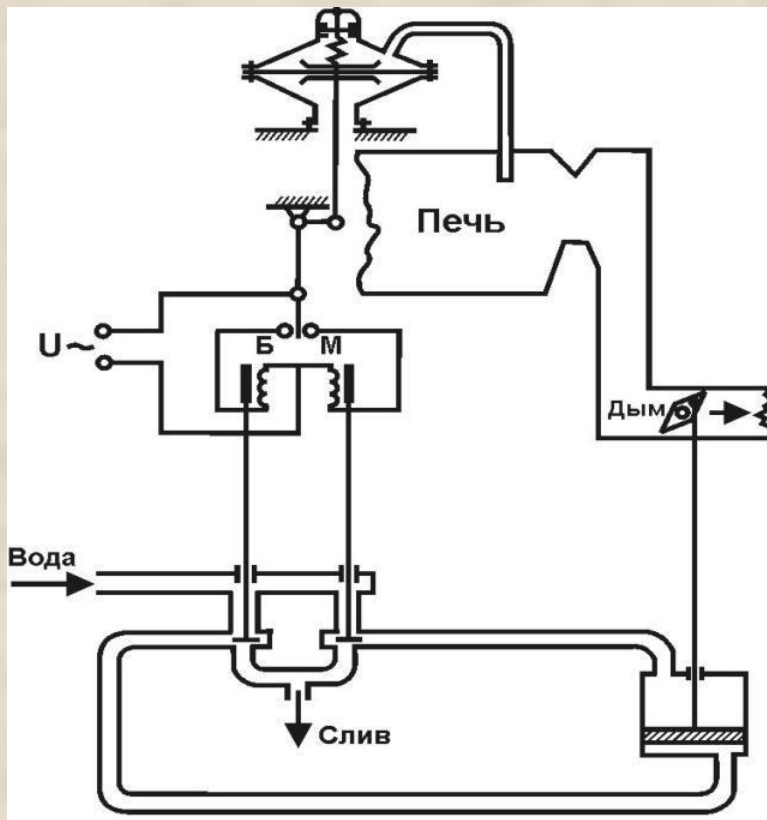
Регулирующее устройство состоит из входного, формирующего и усилительного устройств,



*Функциональная схема  
системы автоматического регулирования*



# Система автоматического регулирования давления в печи (схема начала развития АСУ)



- Объект регулирования – печь
- Регулируемый параметр – давление
- ИП – мембрана манометра
- РО – дроссельная заслонка
- Усилитель – электрогидрореле
- ИМ – гидроцилиндр

Таким образом в схеме применён электрогидравлический регулятор

# Автоматические системы контроля

Автоматические системы, выполняющие функции контроля, называются автоматическими системами контроля (АСК) и являются одним из видов информационно-измерительных систем. Под **контролем** понимается процесс получения информации о состоянии объекта путем сравнения значений измеряемых параметров с допустимыми. АСК применяется в том случае, когда объект (агрегат, цех) имеет большое число точек контроля, определяющих ход процесса, или процесс очень быстротечен.

# Автоматические системы контроля

- В функцию АСК входят измерение большого числа параметров, сравнение их с допустимыми значениями (уставками), регистрация значений или отклонений от уставок, сигнализация о ненормальных режимах, выдача информации на устройство отображения, на ЭВМ или на автоматическую систему управления.
- Все операции АСК производят по заданной программе, в исполнение которой может вмешаться оператор, нарушая обусловленную очередность и производя измерения в интересующих его точках.

# Автоматические системы контроля

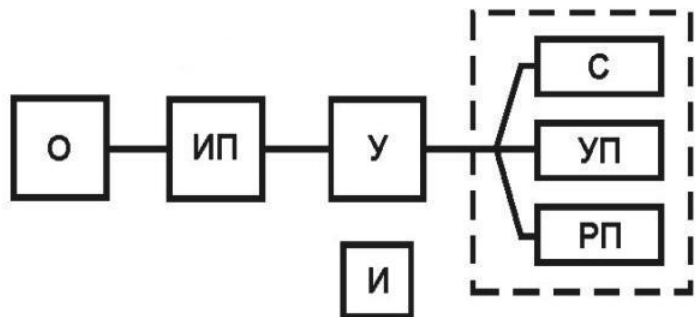
- Каждая автоматическая система контроля характеризуется техническими параметрами, к которым относятся: характер физических величин, подлежащих контролю; число контролируемых точек; точность измерения; быстродействие системы; расстояние объекта контроля от пульта оператора; вид регистрации измеряемых величин; параметры входного и выходного сигналов; стоимость.
- АСК состоит из измерительных преобразователей (датчиков) и машины централизованного контроля (МЦК), получающей и обрабатывающей информацию, поступающую от датчиков.



**ПРИНЦИПЫ ЧТЕНИЯ  
И ИЗОБРАЖЕНИЯ  
СХЕМ АВТОМАТИКИ**

- Прочитать схему автоматики – значит определить, какая установка изображена на ней, какие агрегаты и аппаратура имеются в установке, как осуществляется питание энергией, взаимодействие отдельных элементов схемы, и, наконец, как работает установка.
- Кроме того, нужно знать основные законы построения схем и условные обозначения, применяемые для их начертания.
- В зависимости от основного назначения схемы разделяются на ***структурные, функциональные, принципиальные, монтажные, соединений, подключения, общие, расположения.***

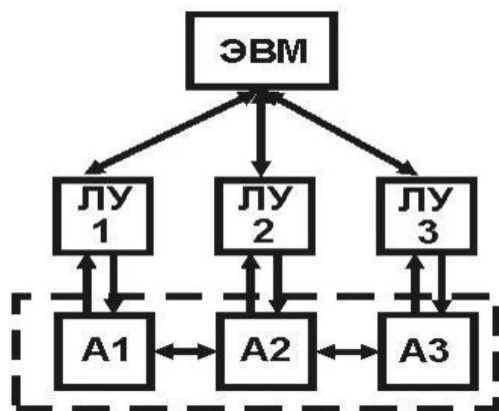
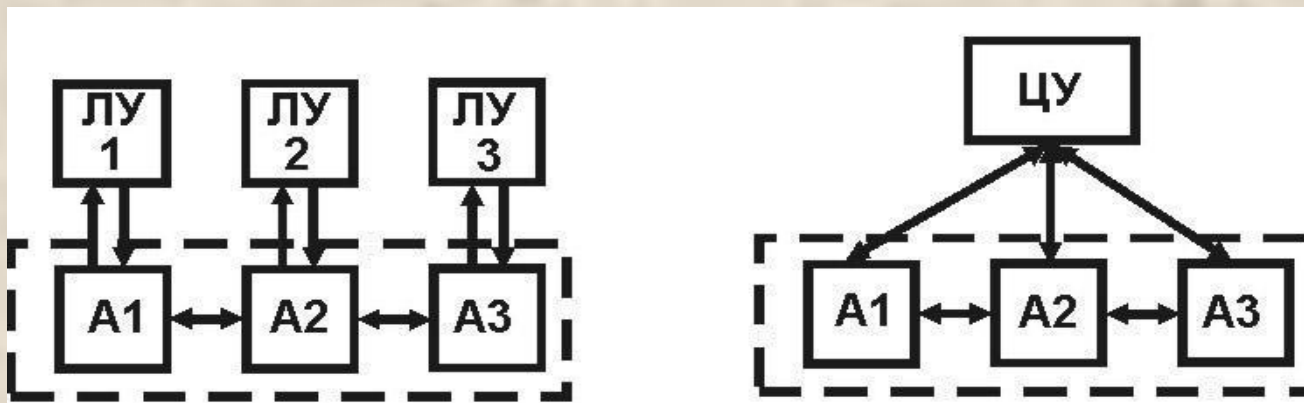
**Структурная** схема контроля и управления отражает структуру управления объектом с соблюдением иерархии системы и взаимосвязей между постами контроля и управления. Например, схемы автоматического управления технологическим процессом, схемы автоматического управления и контроля.



## Система автоматического контроля

О – объект, ИП – измерительный преобразователь. У – усилитель, И – источник энергии, С – сигнализирующий прибор, УП – указывающий прибор, РП – регистрирующий прибор

## Структурные схемы автоматики



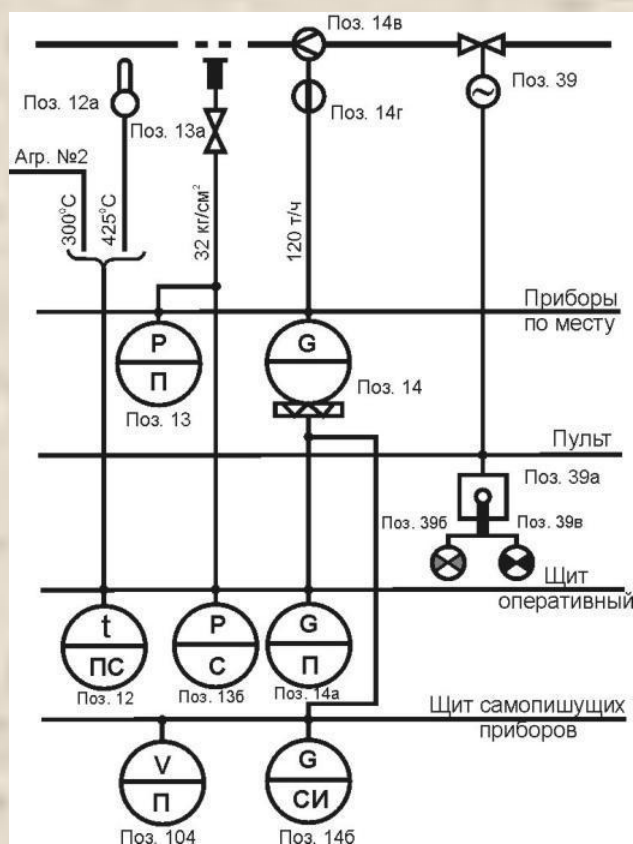
Децентрализованная

Централизованная

Иерархическая



**Функциональная** схема является основным технологическим документом, определяющим структуру и характер систем автоматизации, а также оснащение их средствами автоматизации. Она служит основанием для составления ведомостей и заказных спецификаций на приборы и средства автоматизации.



## Участок сложной схемы технологического контроля

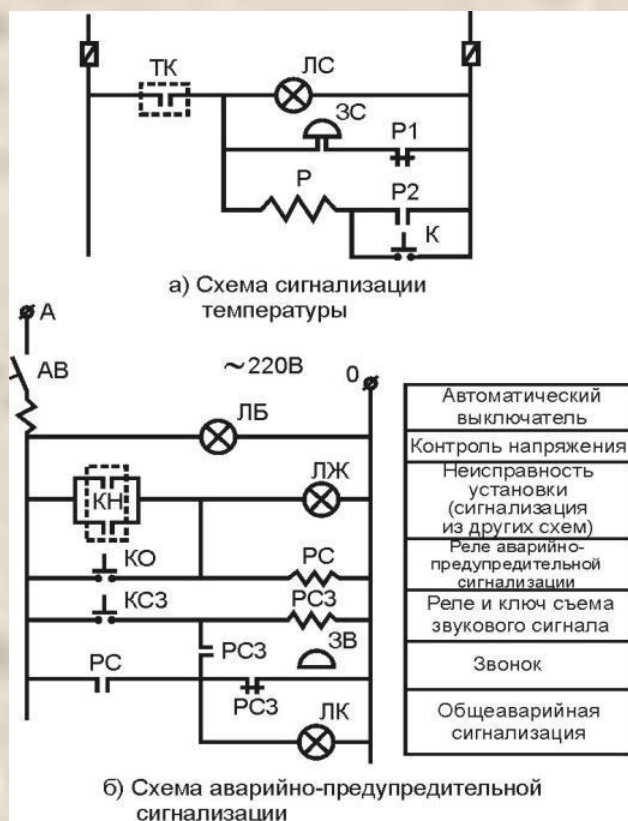
(На трубопроводе измеряются: температура субстанции, давление в трубопроводе, расход субстанции.)

На трубопроводе установлена задвижка с электроприводом и сигнализацией работы)

**Обозначения приборов по функциональному признаку:** П – показывающий, С – самопишущий, И – интегрирующий, Сг – сигнализирующий, Им – измеряющий, См – суммирующий, Со – обрабатывающий соотношение, Пр – преобразующий, Ус – усиливающий, Ст – статический, Ас – астатический, Из – изодромный, Дф – дифференциальный, Пз – позиционный, Зд – задающий, Пг – программный, Сл – следящий, Об – обегаящий (поисковая система), Дз – дозирующий.

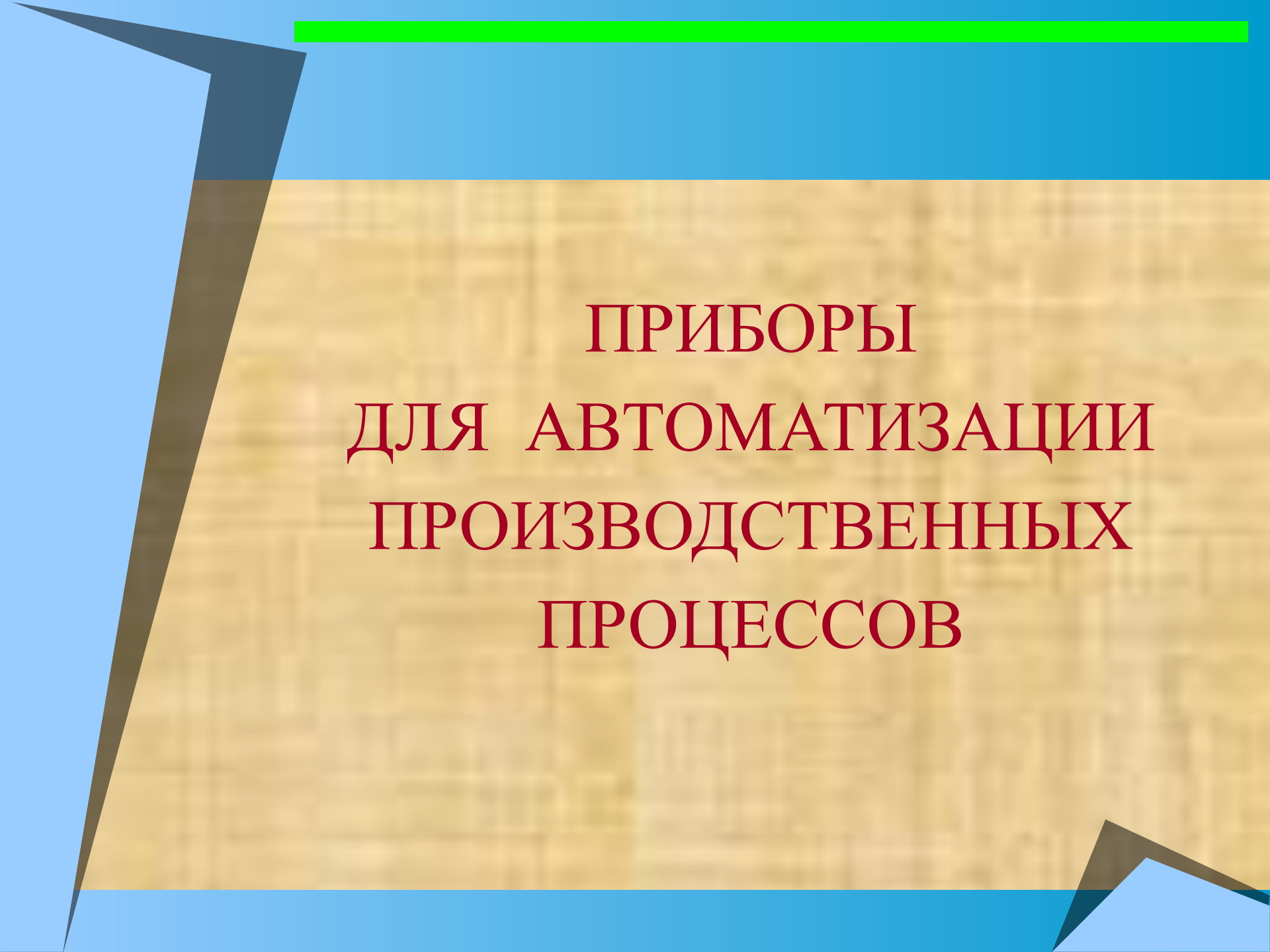
**Обозначение технологических величин:** t - температура, p - давление, разрежение, вакуум, G - расход или количество, H - уровень, m - влажность, ρ - плотность, μ - вязкость, С – концентрация, n - число оборотов в минуту, Φ - пыльность, цветность, мутность, дымность, S - положение регулирующего органа, b - толщина, Q - теплота сгорания, количество тепла, z - сила звука (шумность), f - вибрация (частота механических колебаний), l - линейное перемещение и длина, Д – доза радиоактивного излучения, Δ – разность значений двух величин (приращение).

**Принципиальные** схемы в общем виде содержат: а) цепи питания, б) элементы схем контроля, регулирования и сигнализации, в) контакты приборов и ключей, г) диаграммы, таблицы включений контактов ключей, переключателей выключателей, д) линии связи между элементами схемы, е) необходимые пояснения и примечания.



## Условные обозначения в схемах:

(ТК – тепловой контакт, ЛС – лампа сигнальная, ЗС – звонок сигнальный, Р – катушка реле, Р1 и Р2 – контакты реле (первый и второй), К – кнопка, ЛБ, ЛЖ и ЛК – лампы (белая, желтая, красная), КН – контакты, срабатывающие при неисправности установки).



ПРИБОРЫ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ПРОЦЕССОВ

# Измерительные преобразователи

ИП – чувствительные элементы, предназначенные для измерения физических величин и преобразования их в величины другого вида, более удобного для усиления, передачи на расстояние и воздействия на исполнительный механизм.

Величина, воспринимаемая и контролируемая ИП, называется **входной**, величина, вырабатываемая им – **выходной**.

# Измерительные преобразователи

ИП – имеет *статическую характеристику* - зависимость изменений выходной величины ( $y$ ) от изменений входной ( $x$ ). Она может быть задана в виде формулы (аналитически) или графика (графически). Целесообразно применять ИП с возможно более линейной характеристикой в рабочем диапазоне -

$$\Delta y = f ( \Delta x )$$

# Измерительные преобразователи

Приборы, используемые при измерениях, характеризуются *чувствительностью*.

Чувствительность ИП – отношение приращения выходной величины  $\Delta y$  к приращению входной  $\Delta x$ , т.е.  $S = \Delta y / \Delta x$ .

ИП – характеризуются *инерционностью*, которая показывает, насколько быстро выходная величина принимает значение, соответствующее входной величине.

# Измерительные преобразователи

Для более точных измерений используют:

- *Дифференциальные преобразователи*, в которых два однотипных ИП включаются навстречу друг другу, при этом полезные сигналы как бы сравниваются, а мешающие воздействия исключаются.
- *Компенсационные преобразователи* – более совершенная разновидность дифференциальных, отличается наличием внутреннего источника энергии.



# Преобразователи перемещений

Это приборы в которых в качестве входной величины используют перемещение. В зависимости от того, в какую выходную величину преобразуется перемещение, различают **реостатные, индуктивные и ёмкостные** ИП.

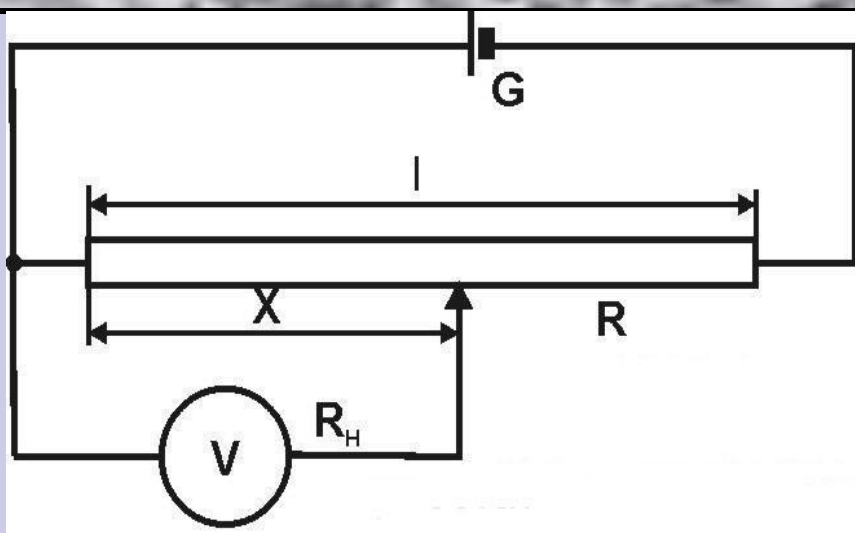


Схема включения реостатного измерительного преобразователя

# Преобразователи перемещений

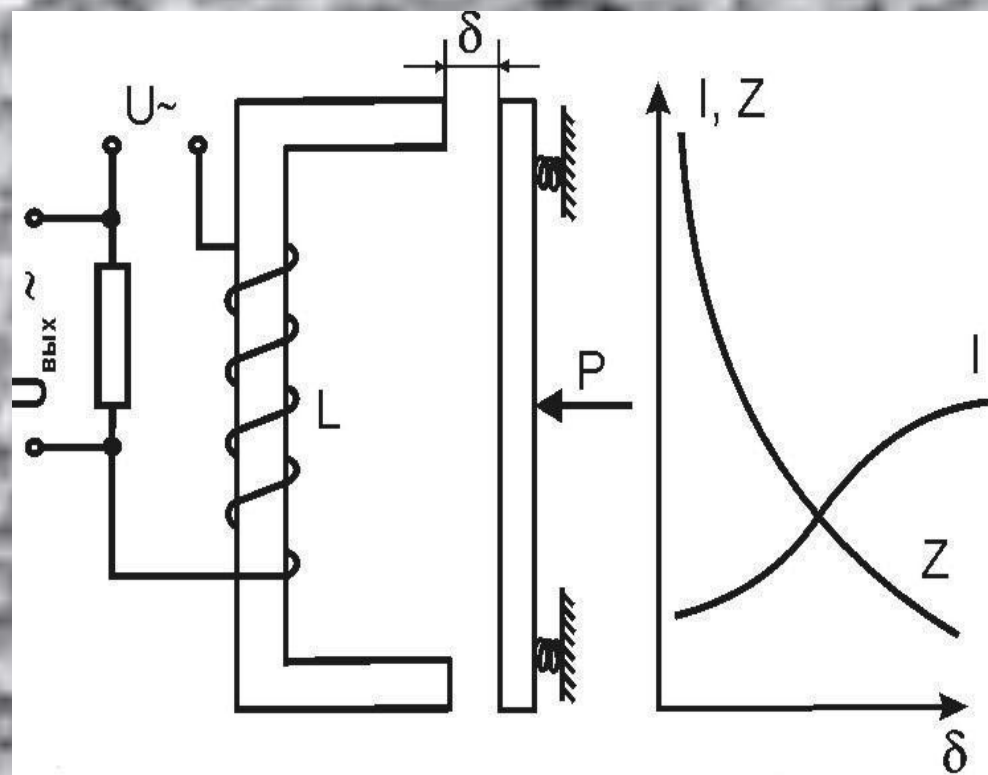
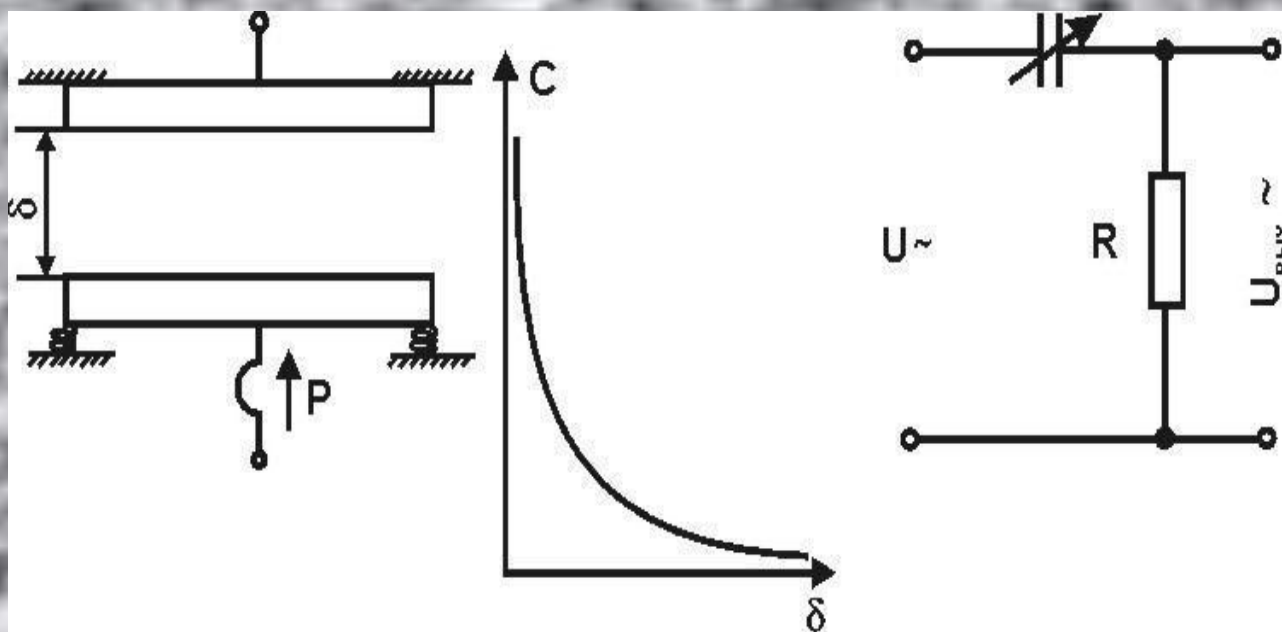


Схема индуктивного измерительного преобразователя

# Преобразователи перемещений

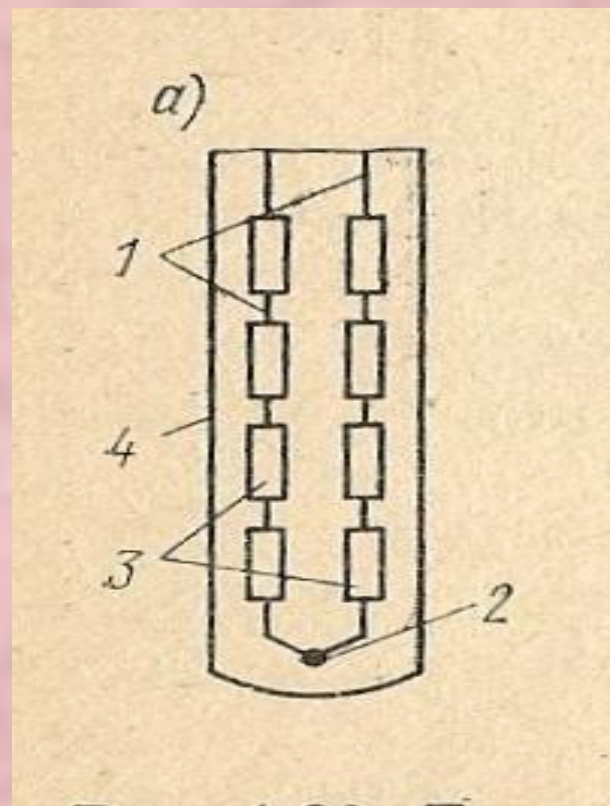


Ёмкостной измерительный преобразователь

# Преобразователи температуры

**Термопара** – устройство, преобразующее измеряемую температуру в ЭДС.

- 1 – термоэлектроды
- 2 – рабочий конец (спай)
- 3 – керамические бусины
- 4 – защитный чехол



# Преобразователи температуры

## Виды термопар:

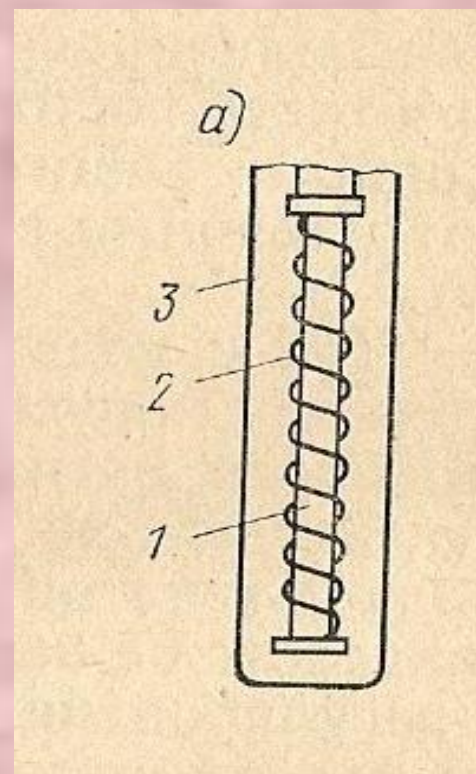
- Хромель – копелевая - ТХК (до 600 град.). Хромель: сплав из 89% никеля, 9,8% - хрома, остальное железо и марганец. Копель: сплав из 56% меди и 44% никеля.
- Хромель – алюмелевая - ТХА (до 900 град.). Алюмель: сплав из 94% никеля и 6% алюминия, марганца, кремния.
- Платинородий – платиновая - ТПП (до 1300 град.). В платинородии 10% родия. Платина – чистая.
- Платинородиевая - ТПР (более 1600 град). В одном электроде родия 30%, в другом – 6%.

В наименовании термопар первым указывают положительный электрод, вторым – отрицательный.

# Преобразователи температуры

Термометры сопротивления – **термисторы** – действуют по принципу изменения сопротивления проводников или полупроводников при изменении температуры.

- 1 – керамический стержень
- 2 – термосопротивление
- 3 – защитный чехол



# Преобразователи температуры

**Термисторы металлические** (с увеличением температуры сопротивление большинства металлов возрастает, но неодинаково для разных температур):

- Медные – рабочий диапазон: от -50 до +180 град.
- Платиновые – рабочий диапазон: от 0 до +650 град.

**Термисторы полупроводниковые (терморезисторы)** резко теряют сопротивление при увеличении температуры (на 3-6% на 1 град. С). Виды: ММТ – медно-марганцевый, КМТ – кобальто-марганцевый. Рабочий диапазон температур: от 0 до 300 град.

# Фотоэлектрические преобразователи

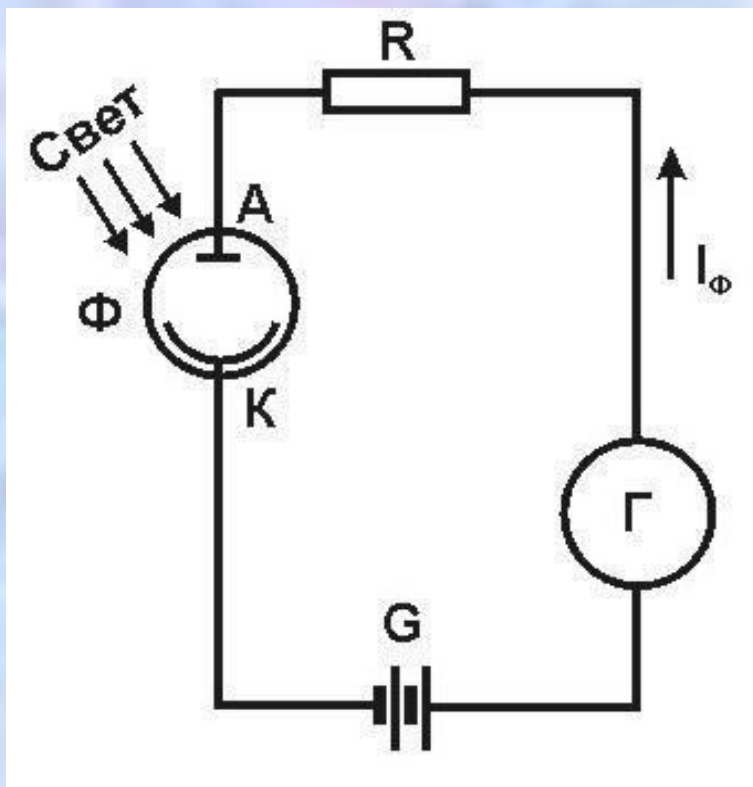


Схема включения в электрическую цепь фотоэлектрического преобразователя с **внешним фотоэффектом**.

Сила тока эмиссии – истечения электронов из катода лампы под действием света – зависит от освещённости катода.



# Фотоэлектрические преобразователи

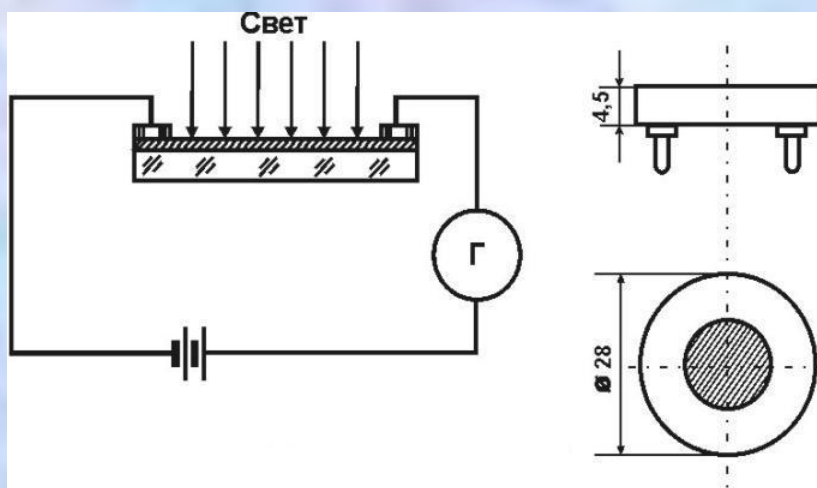
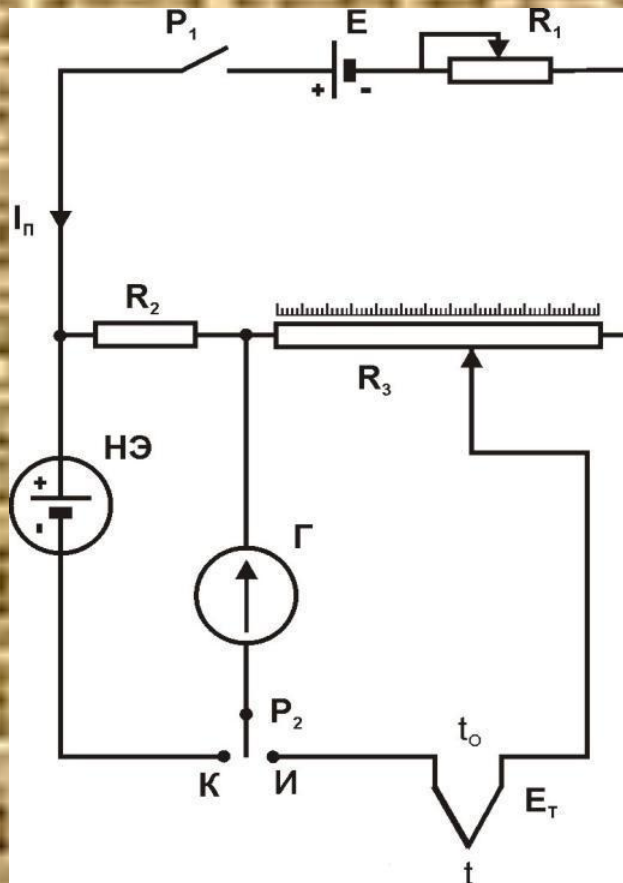


Схема включения в электрическую цепь преобразователя с **внутренним фотоэффектом** (фотосопротивление). Фоторезистор изменяет электропроводность в зависимости от его освещённости.

# Фотоэлектрические преобразователи

Существуют преобразователи с **вентильным фотоэффектом**, при котором между слоями освещаемого проводника и неосвещаемого полупроводника, разделёнными тонким изоляционным слоем, возникает ЭДС, зависящая от освещённости.

# Измерительные схемы и дистанционные передачи



Компенсационный (или потенциометрический) метод измерения напряжения состоит в том, что на определённом участке цепи измеряемое напряжение уравнивается (компенсируется) известным падением напряжения

# Измерительные схемы и дистанционные передачи

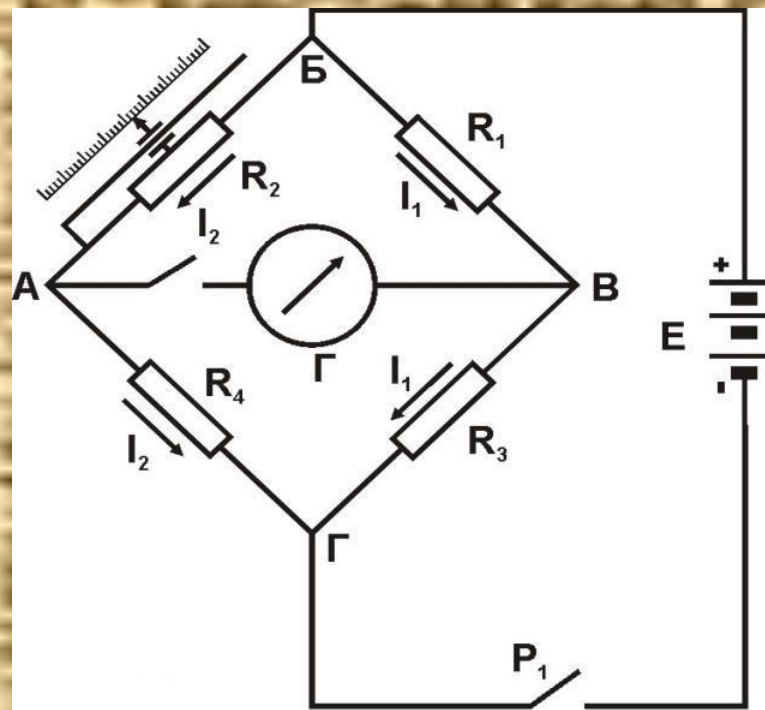
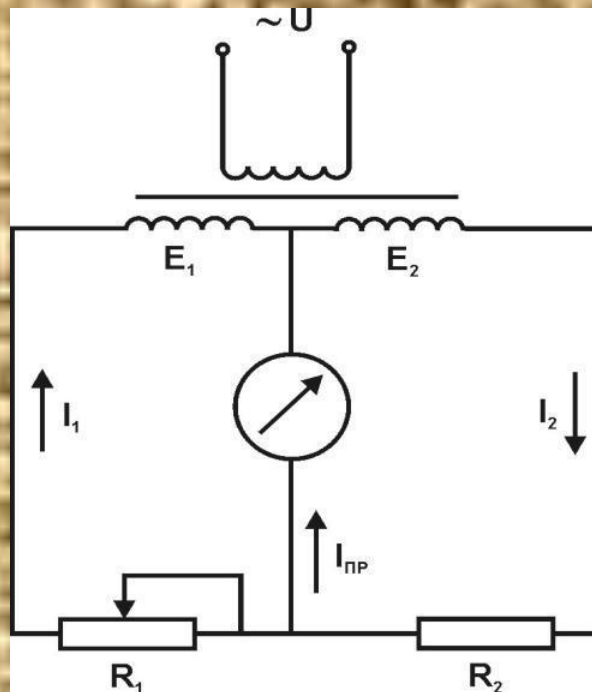


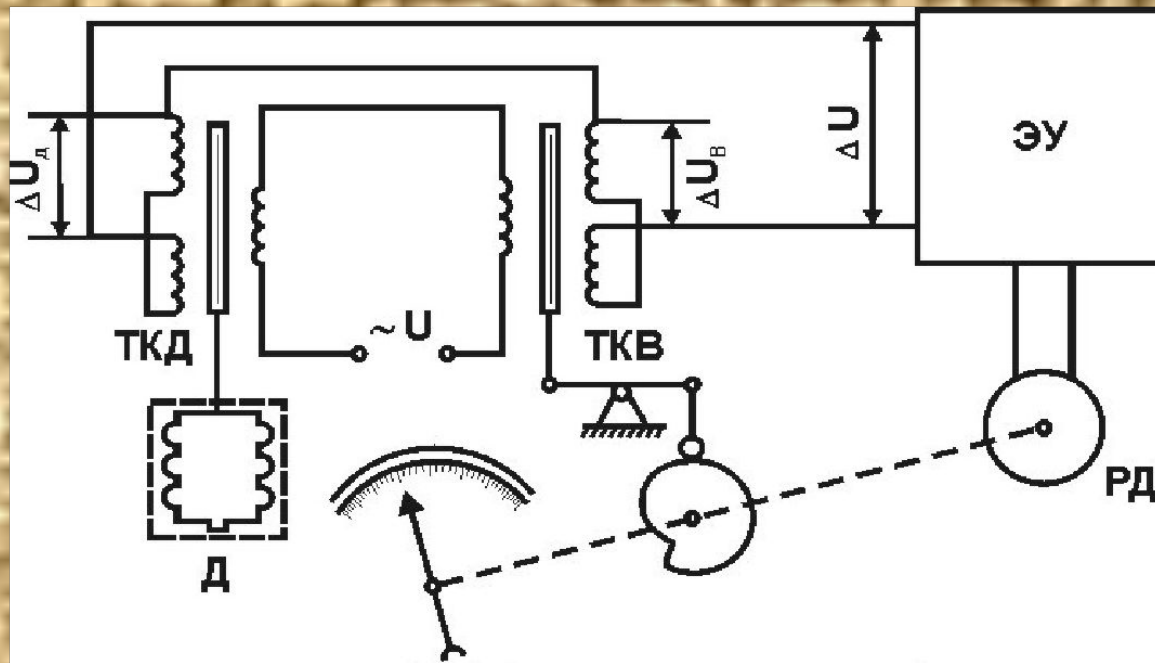
Схема измерения сопротивлений с помощью  
измерительного моста

# Измерительные схемы и дистанционные передачи



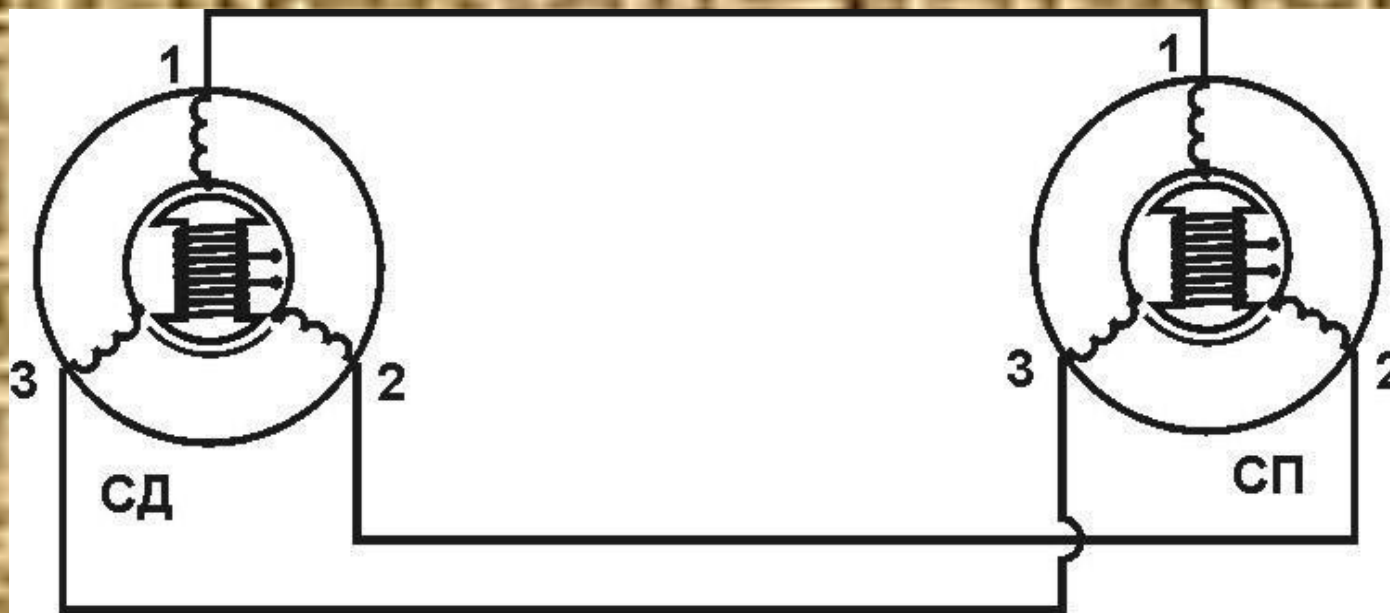
Дифференциальная схема измерения сопротивлений

# Измерительные схемы и дистанционные передачи



Дифференциально-трансформаторная система  
дистанционной передачи

# Измерительные схемы и дистанционные передачи



Сельсинная схема дистанционной передачи угла поворота

# УСИЛИТЕЛИ

**Усилитель** – устройство, которое служит для количественного преобразования входной величины (сигнала), причём входная и выходная величины одинаковы по природе, и при увеличении выходной величины по сравнению с мощностью входной используют энергию внешнего источника.

Второе определение **усилителя** – устройство, увеличивающее сигнал регулятора до величин, необходимых для включения в работу исполнительного механизма.



# УСИЛИТЕЛИ

Основные характеристики усилителя:

- Статическая характеристика – зависимость выходной величины от входной при установившемся режиме:  **$U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$** .
- Коэффициент усиления – отношение выходной величины усилителя к входной:
  - по мощности -  **$K_1 = P_{\text{вых}}/P_{\text{вх}}$** ;
  - по напряжению -  **$K_2 = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$** .

# УСИЛИТЕЛИ

Усилители бывают:

- Непрерывного действия, в которых существует определённая зависимость между значениями выходной и входной величин, а коэффициент усиления изменяется незначительно (Электронные, магнитные, гидравлические, пневматические).
- Релейного действия, в которых выходная величина появляется лишь тогда, когда входная достигнет определённого значения (пример: реле).

# Электронные усилители

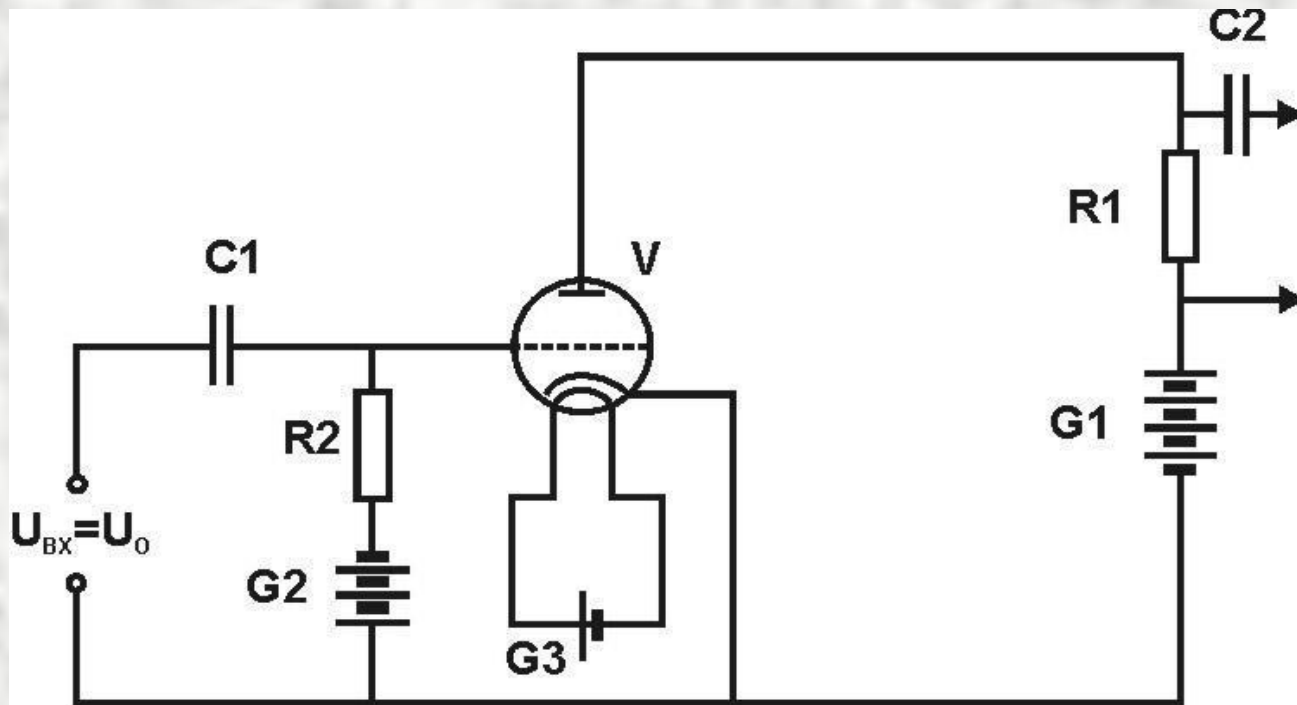
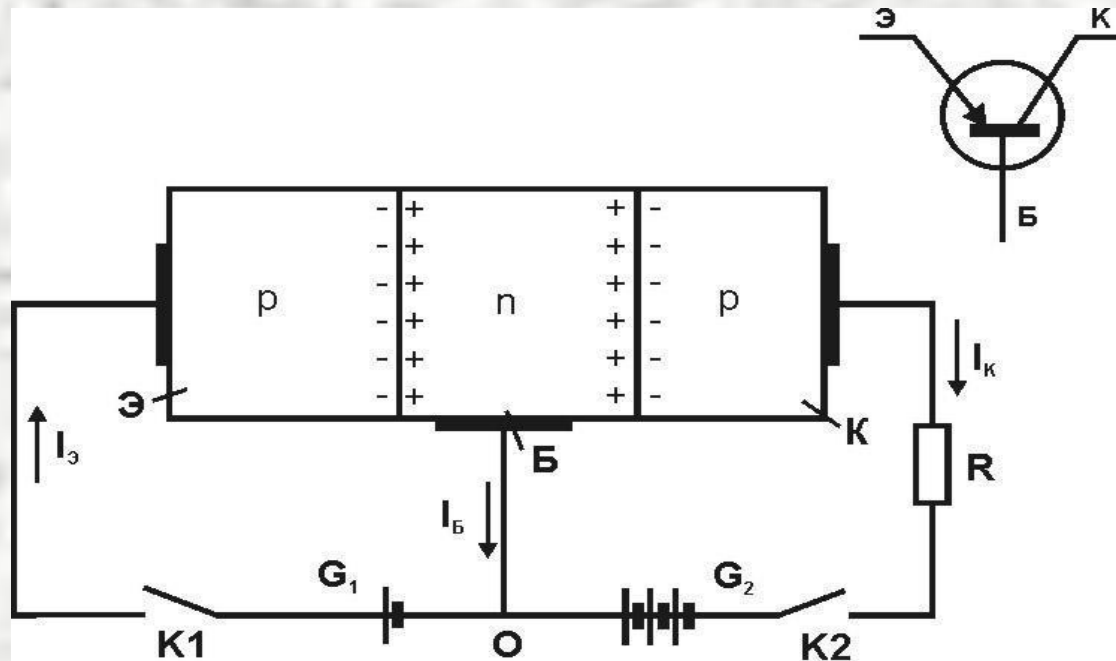


Схема усиления напряжения при помощи трёхэлектродной лампы

# Полупроводниковые усилители



Включение триода в цепь  
для усиления электрического сигнала

# Магнитные усилители

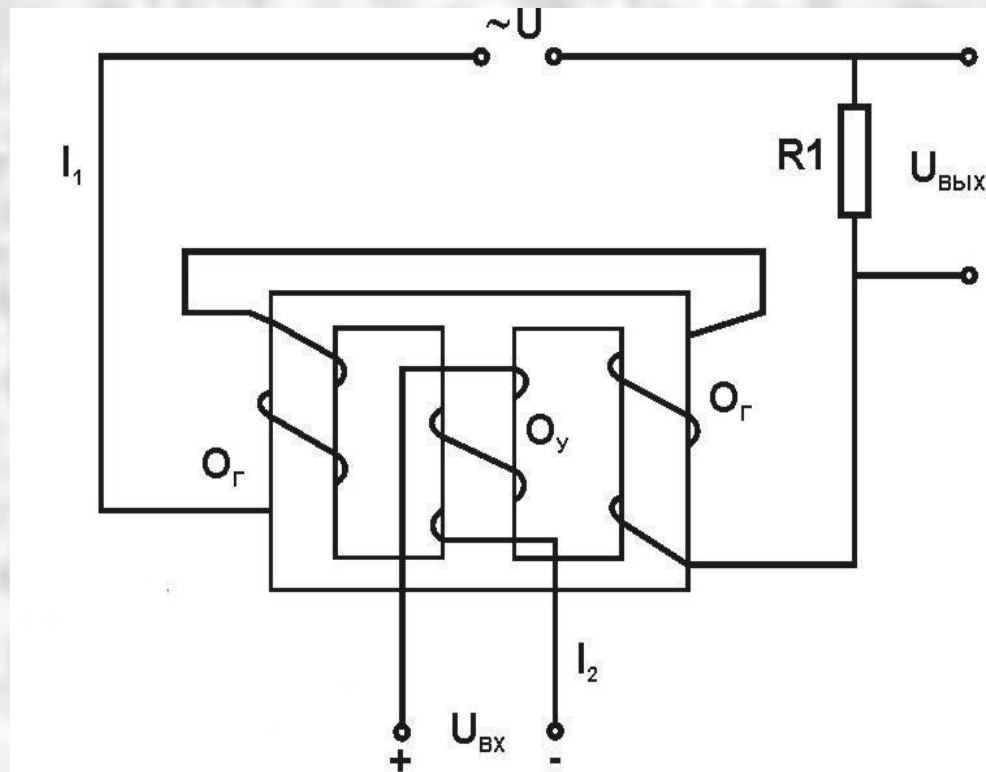


Схема магнитного усилителя

# Пневматические усилители

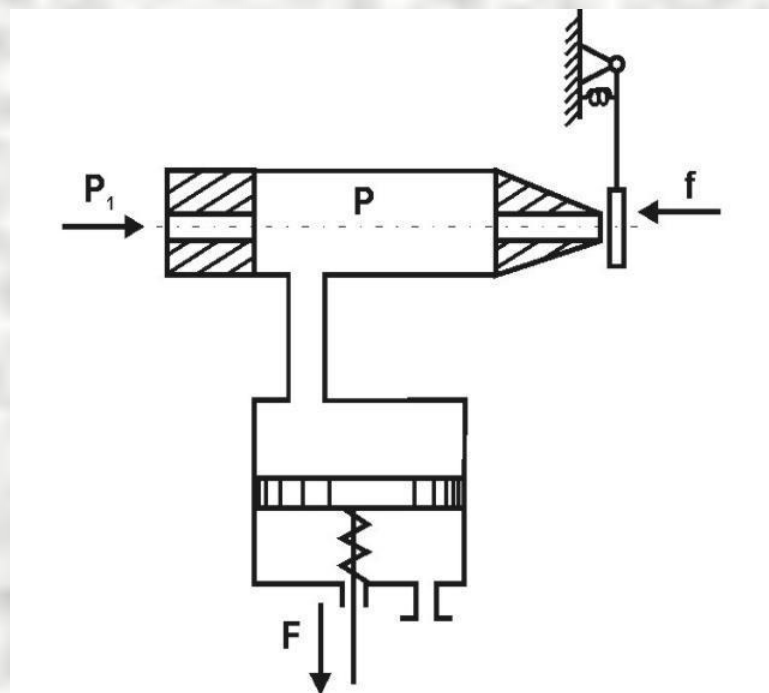


Схема дроссельного преобразователя  
«сопло - заслонка»

# Гидравлические усилители

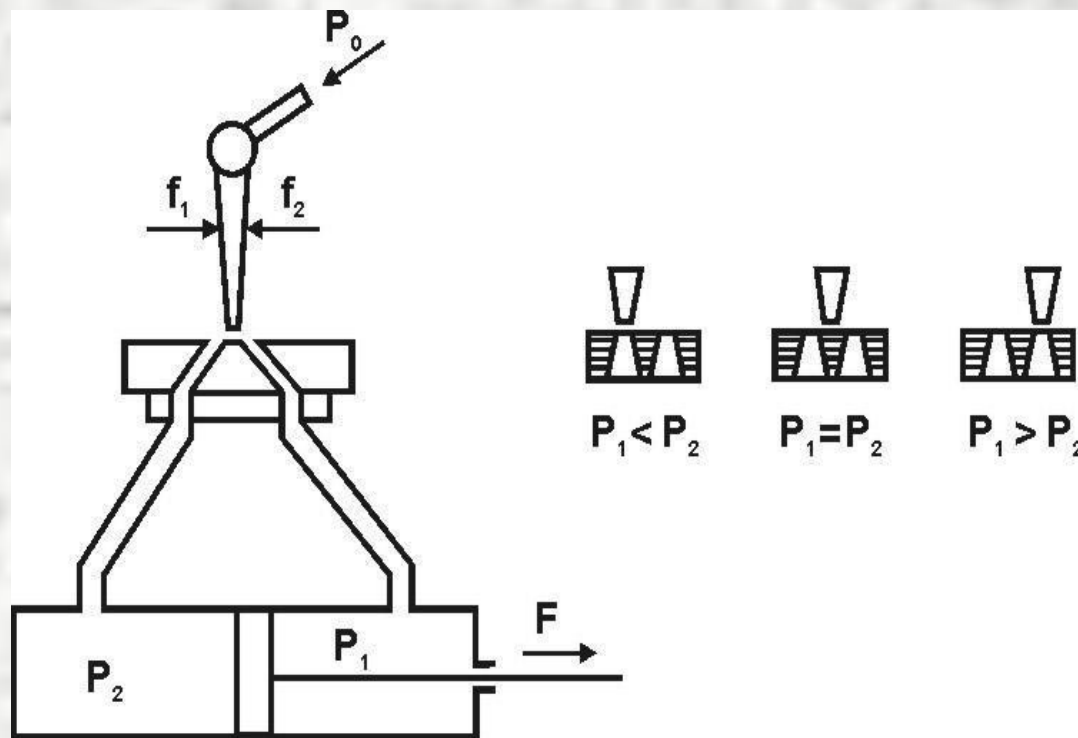


Схема струйного усилителя

# Электромагнитные реле

**Реле** – это элемент автоматического устройства, выходная величина которого при воздействии на вход внешних физических явлений скачкообразно принимает новое значение.

По способу присоединения различают:

- **Первичные реле**, включаемые непосредственно в цепь управления исполнительными механизмами.
- **Вторичные** – включаемые через измерительные трансформаторы тока или напряжения.
- **Промежуточные** – работают от исполнительных органов других реле и предназначаются для усиления и размножения сигнала, т.е. распределения воздействия на несколько цепей.



# Электромагнитные реле

Основные параметры реле:

- **Номинальные данные** – сила тока, напряжение, время и другие величины, на которые рассчитаны реле.
- **Величина срабатывания**, т.е. то значение параметра (ток, время и пр.), при котором происходит автоматическое действие реле.
- **Уставка реле** – значение величины срабатывания, на которую отрегулировано данное реле (реле имеет некоторое количество уставок, фиксирующих величину срабатывания в определённых пределах).

# Исполнительные устройства (электрические)

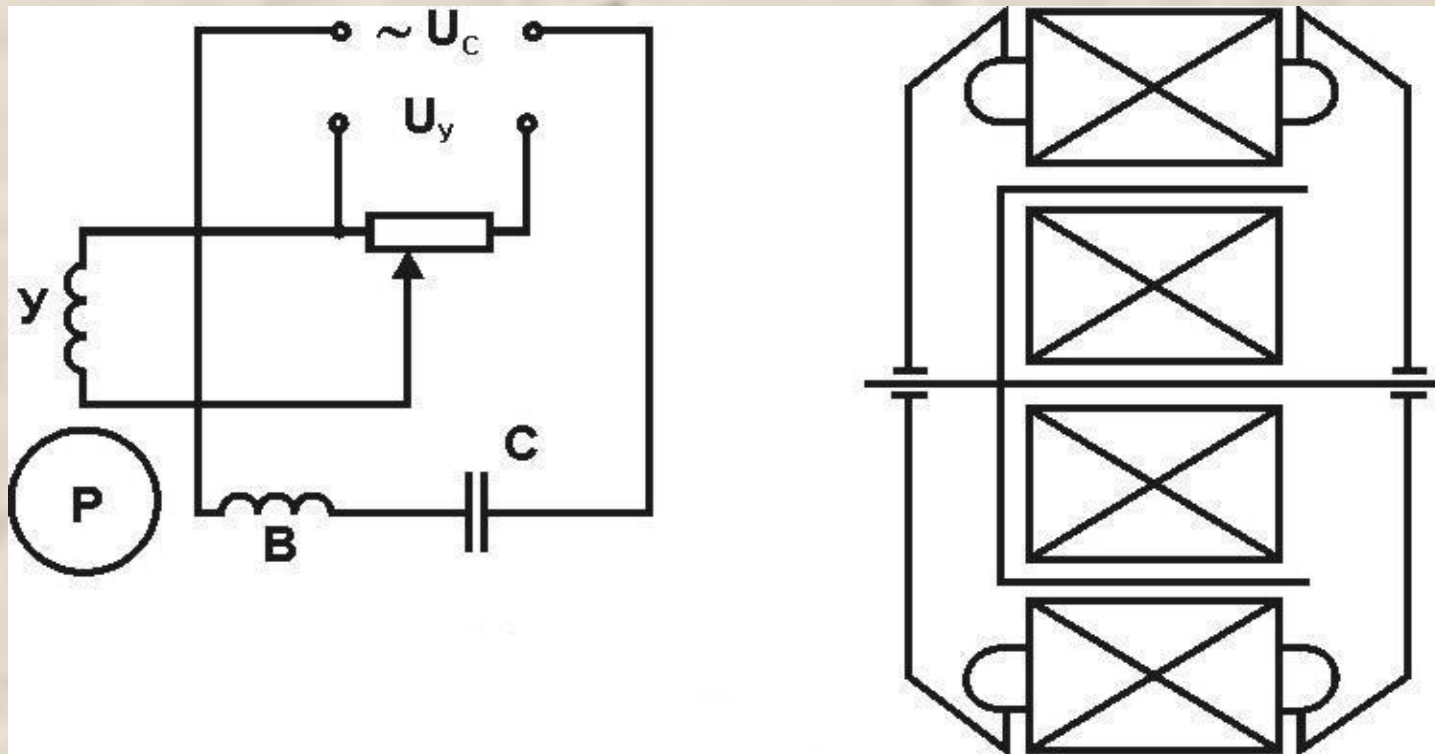


Схема включения и устройство двигателя  
с полым ротором

# Исполнительные устройства (электрические)

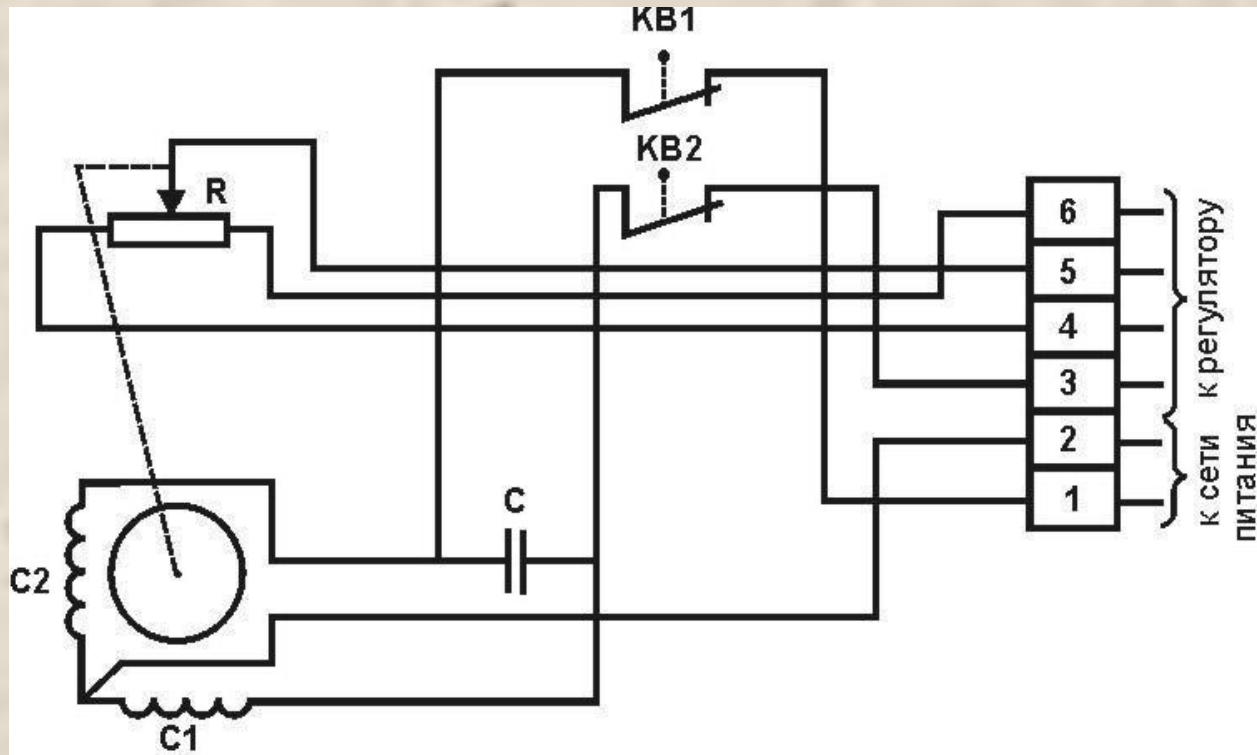


Схема включения исполнительного механизма  
ИМ-2/120

## Исполнительные устройства (пневматические)

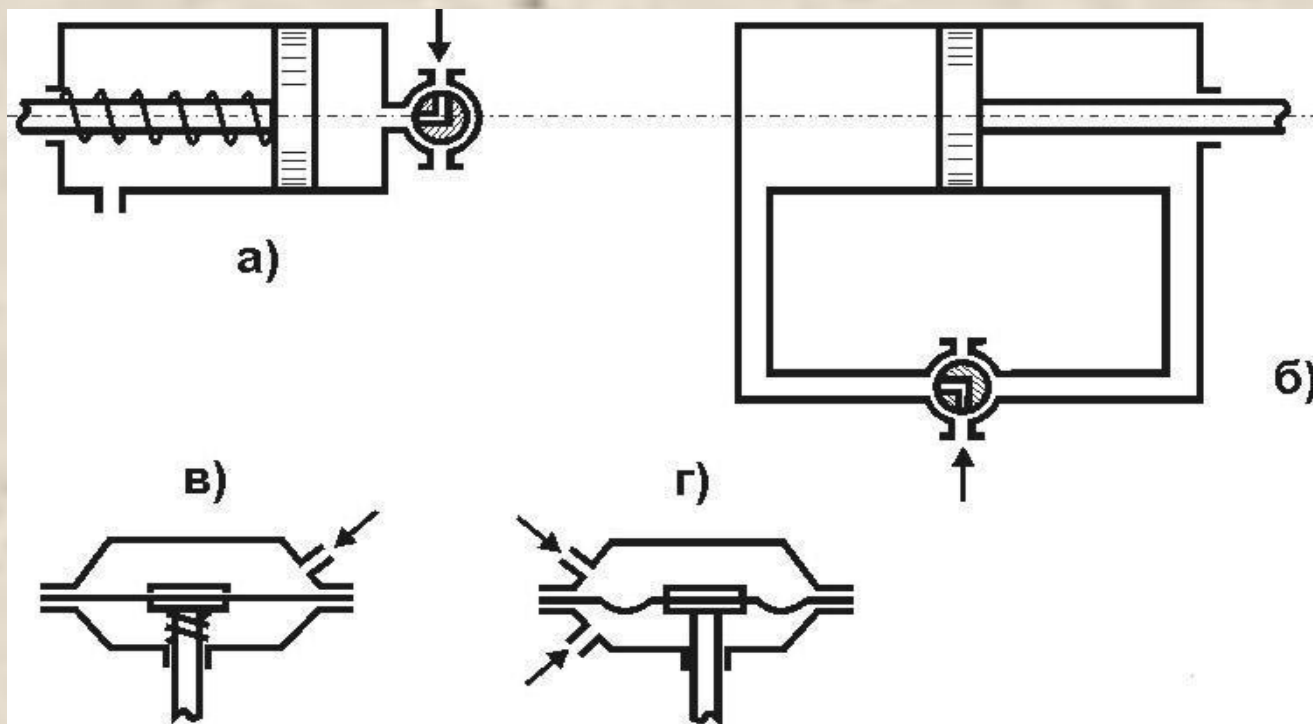
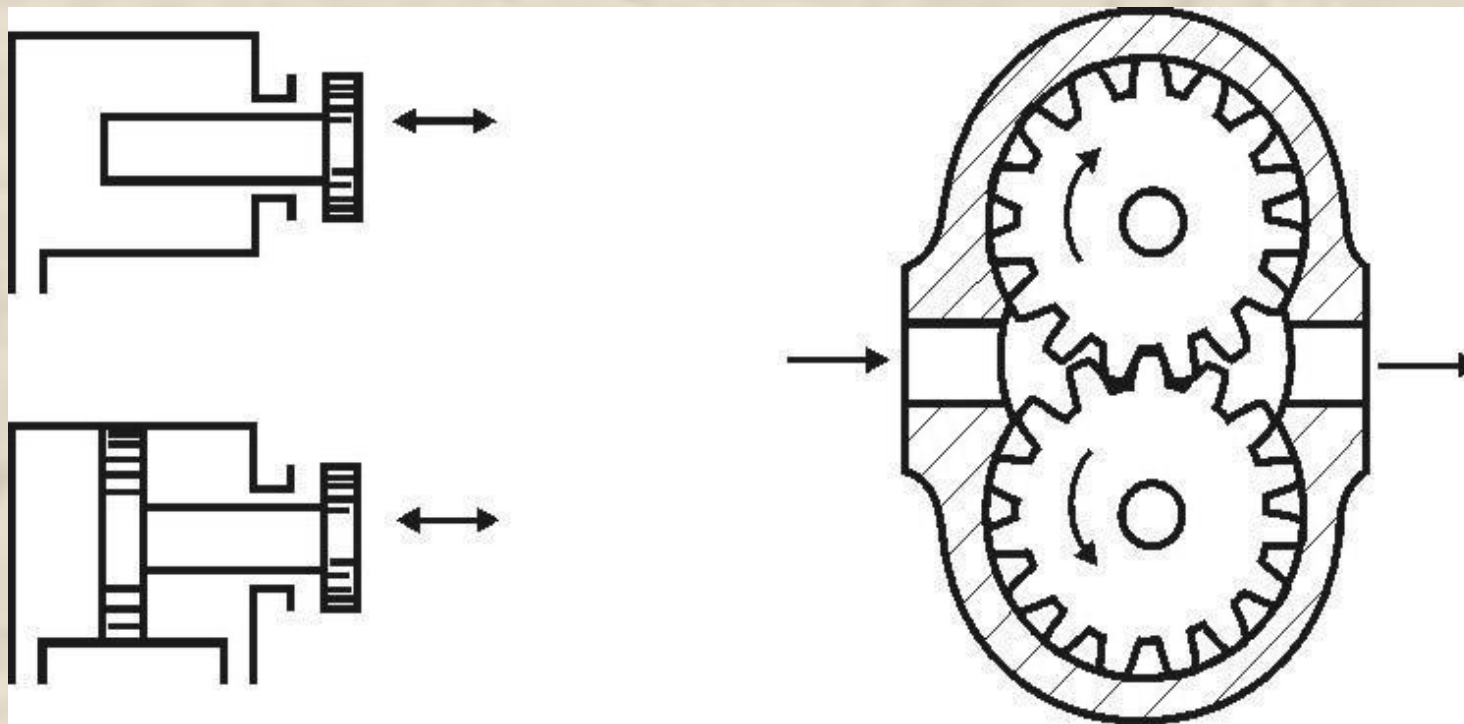


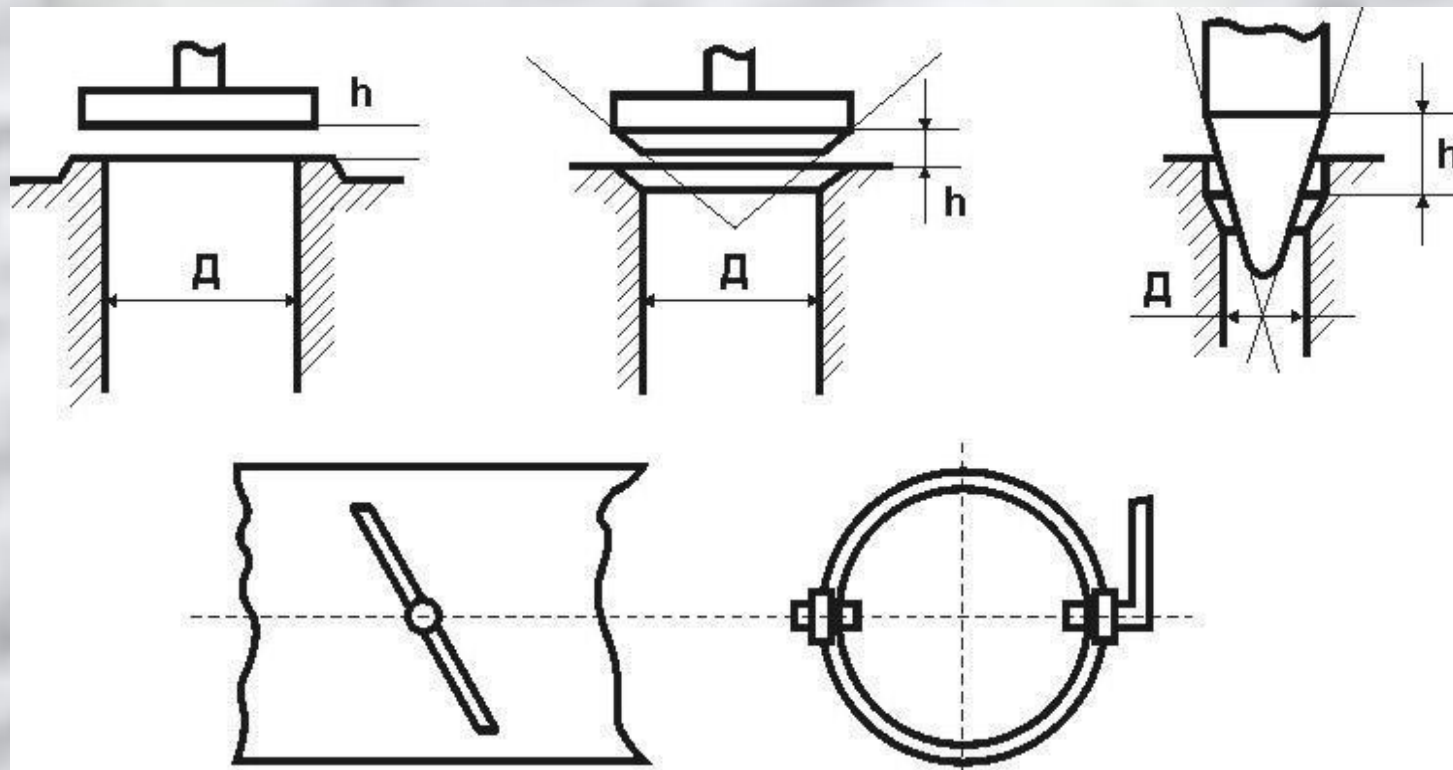
Схема поршневых (а, б) и диафрагменных (в, г) пневматических приводов одностороннего (а, в) и двухстороннего (б, г) действия

## Исполнительные устройства (гидравлические)



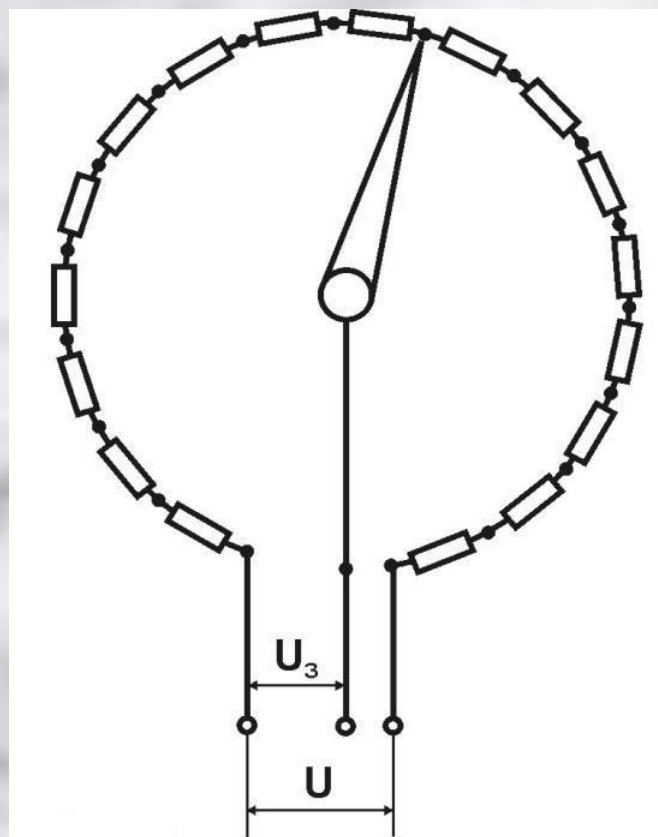
Гидравлические исполнительные механизмы

# Регулирующие органы



Регулирующие клапаны и поворотная дроссельная заслонка

# Задатчики



Электрическая схема задатчика типа П-16/17

# Программное устройство

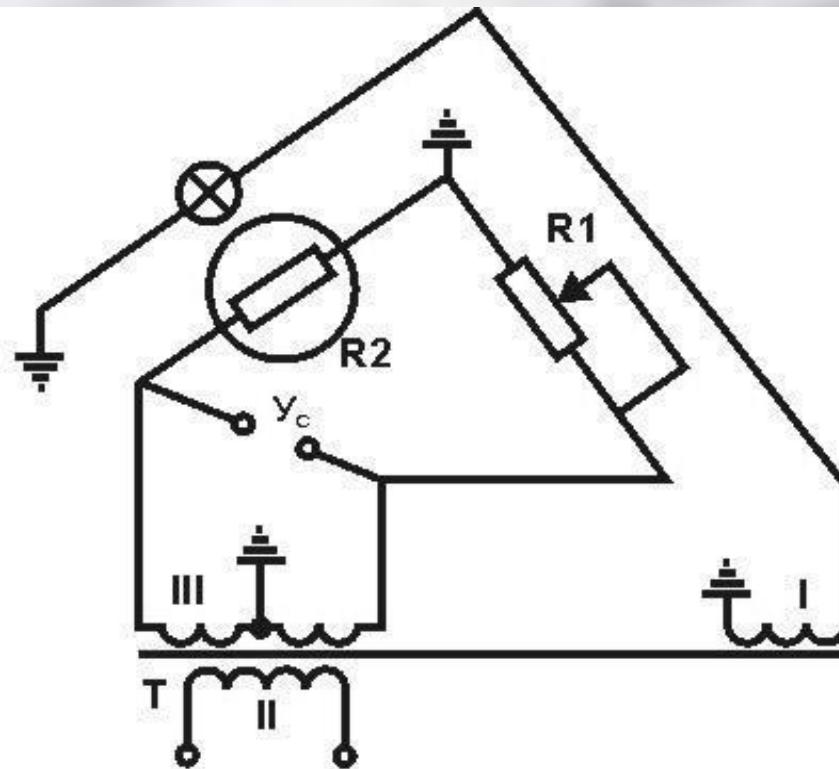
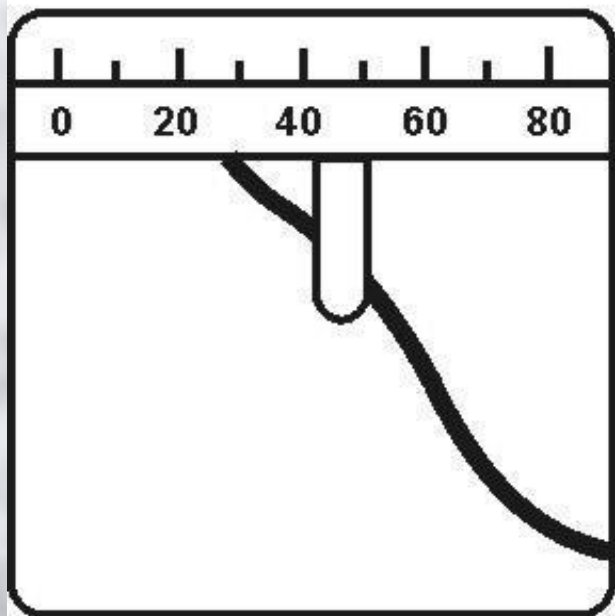
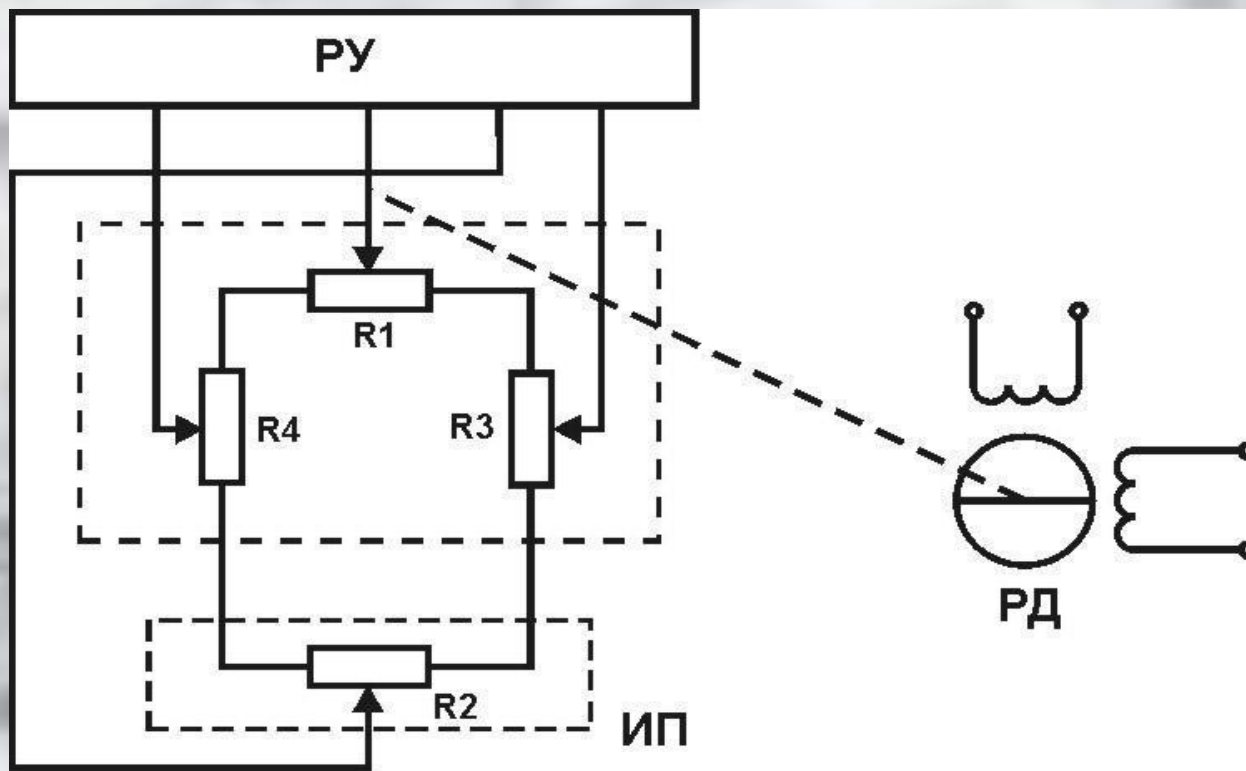


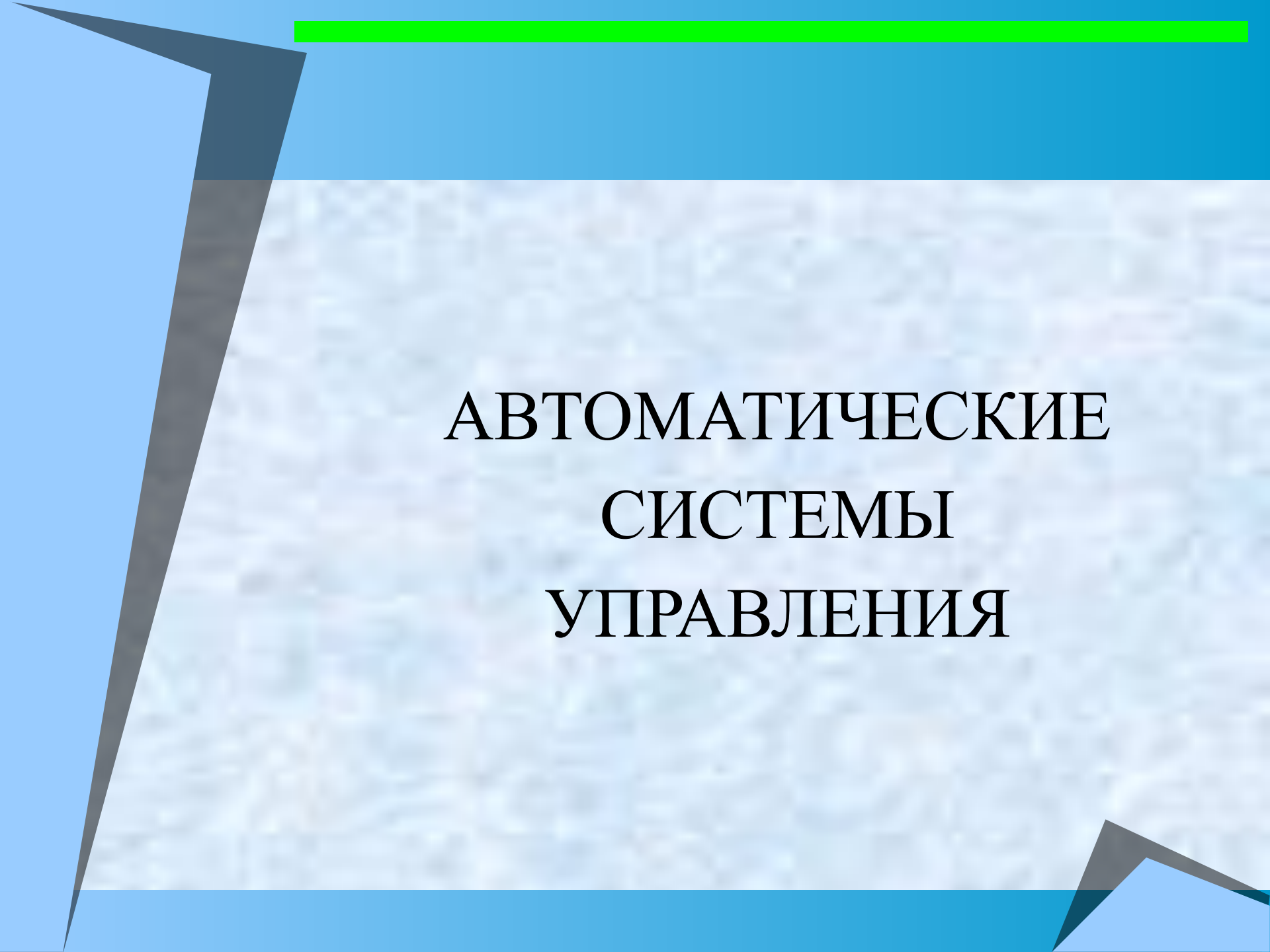
Схема следящей системы задатчика с фоторезистором



# Программное устройство



Измерительная мостовая схема датчика



# АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Объекты дискретного действия выполняют ряд рабочих операций, которые циклически повторяются в определённой последовательности. При автоматическом управлении такими объектами управляющие устройства осуществляют заданную логическую последовательность включения и отключения исполнительных механизмов. Поэтому такие системы называют автоматическими системами логико-программного управления.

Логические элементы, реализующие логические операции, строятся из разнообразных электрических схем. Часто используются в схемах реле.

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

Основными логическими операциями являются: **отрицание** – НЕ, **умножение** – И, **сложение** – ИЛИ. Элементарными являются также операции **повторение** и **время**.

*Далее будут рассмотрены схемы для реализации логических операций при помощи электромеханических реле.*

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

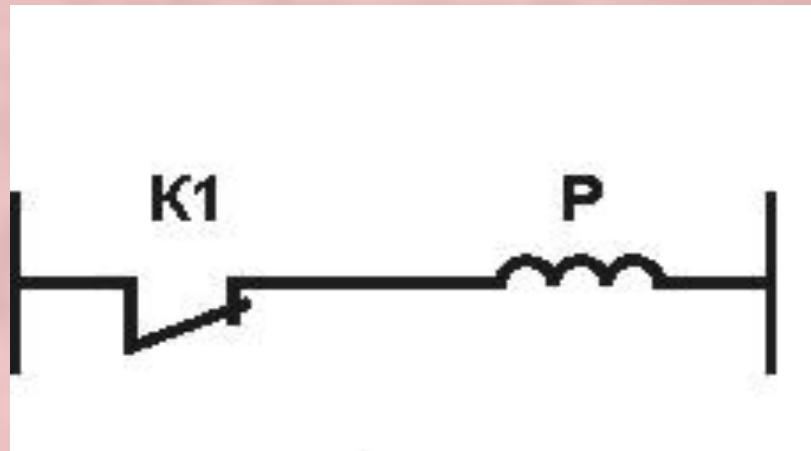
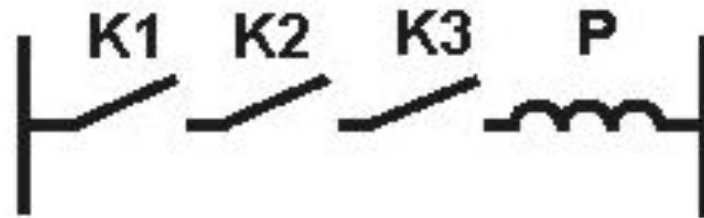


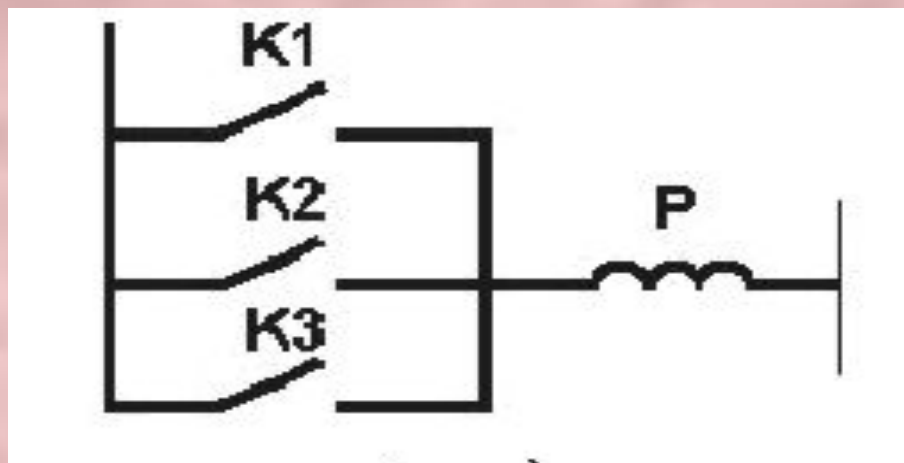
Схема реализации операции **НЕ**: при подаче на вход сигнала 1 на выходе возникает сигнал 0; это эквивалентно включению в цепь обмотки реле Р входного размыкающего (нормально закрытого) контакта К1; при срабатывании (размыкании) контакта К1 реле Р отключается.

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ



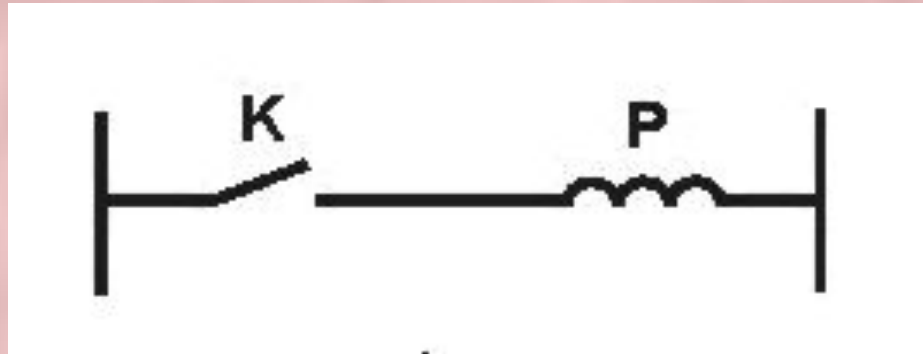
- При реализации функции **И** входной сигнал 1 возникает только при наличии на всех входах элемента сигнала 1. Это соответствует последовательному соединению контактов K1, K2, K3. В случае отсутствия хотя бы одного входного сигнала 1 на выходе схемы получается логический 0, т.е. если хотя бы один контакт не включён, реле P не срабатывает.

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ



- Операция логического сложения **ИЛИ** в контактном исполнении соответствует параллельному включению замыкающих (нормально открытых) контактов K1. K2. K3 нескольких реле: при замыкании любого из них (входной сигнал 1) включается реле P (на выходе появляется сигнал 1)

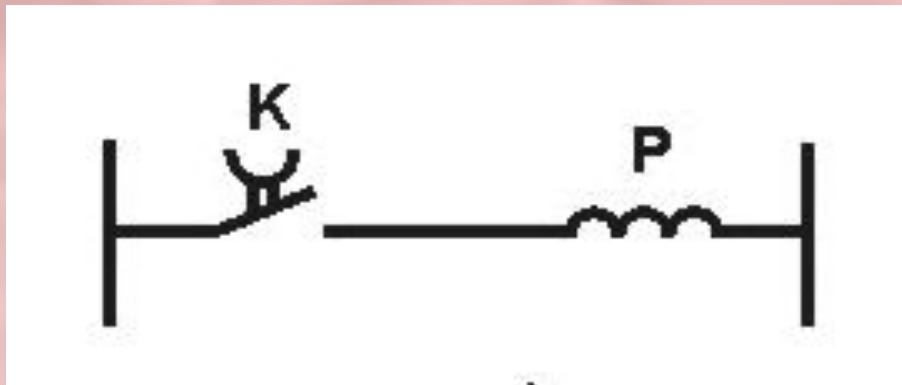
# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ



- Операция **ПОВТОРЕНИЕ** реализуется элементом, называемым *повторителем*. При подаче управляющего сигнала 1 на выходе повторителя также формируется сигнал 1. В контактном исполнении это соответствует включению замыкающего (нормально открытого) контакта К, что приводит к срабатыванию реле Р.



# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ



- Операция **ВРЕМЯ** реализуется элементом выдержки времени. Сигнал 1 на его входе появляется с некоторой задержкой после поступления управляющего сигнала 1 на вход. В контактных схемах временная зависимость осуществляется с помощью контакта К реле времени, включающего нейтральное реле Р.

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

- Последовательность выполнения комбинационных и временных операций называется **алгоритмом формирования** командных и управляющих сигналов.
- **Командные** сигналы задают интервалы времени работы исполнительных механизмов (ИМ) в различных режимах.
- **Управляющие** сигналы определяют характер воздействия на ИМ: непрерывный, периодический, импульсный.
- В объектах дискретного действия применяют нерегулируемые электрические ИМ, которые работают в номинальном режиме или в двух режимах: номинальном и при пониженной скорости. Режим пониженной скорости используют для более точной отработки задания автоматической системой.
- Иногда такой режим осуществляется кратковременными включениями ИМ (клапанов, односкоростных двигателей)

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

- Алгоритмы формирования командных сигналов зависят от характеристики объекта и вида управления ИМ. Для ОДД основными видами управления являются **шаговое, временное, блокированное, селекторное, стартстопное, цифровое и аналоговое.**
- При **шаговом** управлении формируется серия командных импульсов, число которых определяет угол поворота вала шагового ИМ.
- При **временном** управлении ИМ может включаться с задержкой относительно начала пускового сигнала или отключаться с задержкой после его окончания. Эти задержки могут быть реализованы совместно. Кроме того, ИМ может включаться на определенный интервал времени после начала пускового сигнала или его окончания.

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

- При *блокированном* управлении командные сигналы зависят от блокировочных связей между ИМ и датчиками, переключателями и другими элементами системы, формирующими двоичные сигналы. Здесь используются датчики контроля давления, скорости, наличия и уровня материалов и т.п., имеющие релейную характеристику. Блокировочная связь может быть разрешающей или запрещающей включение ИМ при определенных условиях, альтернативной и комбинированной.

## АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

- Пример – комплекс, содержащий три ИМ. Резервный ИМ3 включается, если не работает один из двух основных ИМ: ИМ1 и ИМ2. В этом случае осуществляется альтернативная блокировочная связь ИМ3 с элементами, характеризующими состояние (работает или не работает) основных ИМ1 и ИМ2. При наличии только одного из указанных блокировочных сигналов (от ИМ1 или от ИМ2) включается резервный ИМ3.

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

- При *селекторном* управлении командные сигналы включения ИМ формируются по совпадению селектирующего сигнала с сигналами, определяющими переход управляемого объекта в заданное состояние (переход в зону одного датчика; в зону, ограниченную двумя датчиками; маятниковое движение в зоне, ограниченной датчиками). Так, при управлении нереверсивными электродвигателем используется один датчик. При управлении реверсивным двигателем используется два датчика с механическим запоминанием срабатывания.

# АСУ ОБЪЕКТОВ ДИСКРЕТНОГО ДЕЙСТВИЯ

- При ***стартстопном*** управлении начало командного сигнала определяется стартовым сигналом, а окончание – сигналом остановки. В этом случае алгоритм формирования командных сигналов в основном определяется временным соотношением между сигналами.
- ***Цифровое*** и ***аналоговое*** управление осуществляется по рассогласованию между заданными и истинными значениями координаты, характеризующей состояние управляемого объекта.

# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

В системе, включающей объекты непрерывного действия, между входными и выходными величинами всех элементов существует непрерывная функциональная связь. Выходные величины всех элементов в этих случаях в каждый момент времени определяются значениями входных величин. Зависимость управляющего воздействия от управляемых величин, возмущающих воздействий и времени называется **алгоритмом управления**.



# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- В зависимости от степени определённости связей входных и выходных параметров модели бывают:
- **Детерминированные**, которые описываются дифференциальными уравнениями различной сложности.
- В **статистических** моделях соотношения, описывающие их свойства, имеют вид корреляционных и регрессионных соотношений между входными и выходными параметрами объекта

# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- После составления математической модели объекта управления и определения численных значений его основных параметров формулируются требования к АСУ. Затем составляется предварительная структурная схема АСУ объектом, в соответствии с которой выбираются отдельные её элементы.
- После выбора элементов системы (АР, ИП, Зд, Ус, ИМ) и определения их уравнений или передаточных функций составляется уравнение динамики АСУ, исследование которого позволяет определить её устойчивость.

# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- При экспериментальном опробовании системы в случае её неустойчивости вводятся дополнительные последовательные или параллельные корректирующие звенья. Может быть изменена структура АСУ или применены другие методы управления. После внесения любых изменений структуры система должна быть вновь исследована на устойчивость и качество регулирования.

# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- В зависимости от характера управляющего взаимодействия и выполняемых задач различают системы
  - автоматической стабилизации,
  - программного регулирования,
  - следящие,
  - экстремального регулирования.

# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- в системе **автоматической стабилизации** задача автоматического регулятора состоит в том, чтобы стабилизировать процесс, т.е. поддерживать постоянное значение величины (точнее говоря, поддерживать значение регулируемой величины в достаточно узких пределах, допустимых для эксплуатации). Например, температура в печах или отдельных частях печей, давление, уровень стекломассы, уровень жидкостей, сыпучих материалов и т. п.

# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- в системе **программного регулирования** регулируемая величина поддерживается на значении, которое изменяется по заданному закону (по заданной программе) в зависимости от времени, Например, тепловой режим периодических печей, установок тепловлажностной обработки бетонных изделий, которым предусматривается подъем температуры, выдержка и последующее охлаждение изделий.

# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- ***следящей*** системой регулирования называется система, которая поддерживает регулируемую величину в заданных пределах, причем пределы изменяются под влиянием процессов, происходящих вне рассматриваемой системы и заранее неизвестных.

Задача системы регулирования в этом случае состоит в том, чтобы изменения регулируемой величины происходили в соответствии с изменениями какой-то другой величины, или, как говорят, чтобы изменения регулируемой величины следили за изменениями другого параметра.

# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- Примером следящей системы может служить автоматический потенциометр. Измерительная система его поддерживает соответствие между температурой, измеряемой термопарой, и положением указательной стрелки, показывающей на шкале измеренную температуру.

Стрелка потенциометра «следит» за измеряемой температурой, показывая ее значение на шкале прибора. Регулируемой величиной в этой системе является положение стрелки, а задающим воздействием – температура, измеряемая комплектом из термопары и потенциометра. Само собой разумеется, что температура заранее не известна и определяется ходом процесса в объекте измерения.



# АСУ ОБЪЕКТОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

- системой **экстремального** регулирования (ЭР) называется такая автоматическая система, в которой поддерживает оптимальное для изменяющихся условий значение регулируемой величины.
- В качестве примера системы экстремального (от слова «экстремум», объединяющего понятия «максимум» и «минимум») регулирования можно привести систему регулирования соотношения расходов топлива и воздуха печи, отапливаемой форсункой. Каждому расходу топлива соответствует некоторое определенное значение расхода воздуха, при котором температура в топке максимальна.

Если уменьшить количество воздуха, подаваемого в печь по сравнению с оптимальными значениями, то температура в печи понизится из-за увеличения недожога топлива (хотя именно при понижении температуры пришлось увеличить расход топлива!). Увеличение расхода воздуха также вызывает понижение температуры вследствие охлаждения печи избыточным воздухом. Система ЭР поддерживает такие значения расхода воздуха, при которых температура при данном расходе топлива является максимальной.

Если, например, в качестве регулируемого параметра принять КПД парового котла, то система ЭР должна обеспечивать максимальную экономичность процесса горения (т.е. наивысшее значение КПД) посредством соответствующего управления расходом топлива и воздуха.

# Показатели качества процесса автоматического регулирования

- *Устойчивость* систем автоматического регулирования (АР) является необходимым условием их нормального действия. Под устойчивостью понимают свойство системы возвращаться к установившемуся состоянию после прекращения действия возмущения, которое вывело ее из этого состояния.
- Устойчивой является система АР с затухающим переходным процессом. Для обеспечения устойчивости регулятор должен так воздействовать на объект, чтобы отклонение регулируемой величины ликвидировалось.

## Показатели качества процесса автоматического регулирования

В устойчивой системе АР переходной процесс является затухающим, но затухание может происходить быстро или медленно, с большими или малыми отклонениями регулируемого параметра от заданного значения. Кроме того, продолжительность переходного процесса может быть различной. Считают, что высокое качество процесса регулирования обеспечено, если его затухание происходит интенсивно, максимальное отклонение регулируемой величины и продолжительность переходного процесса минимальны.

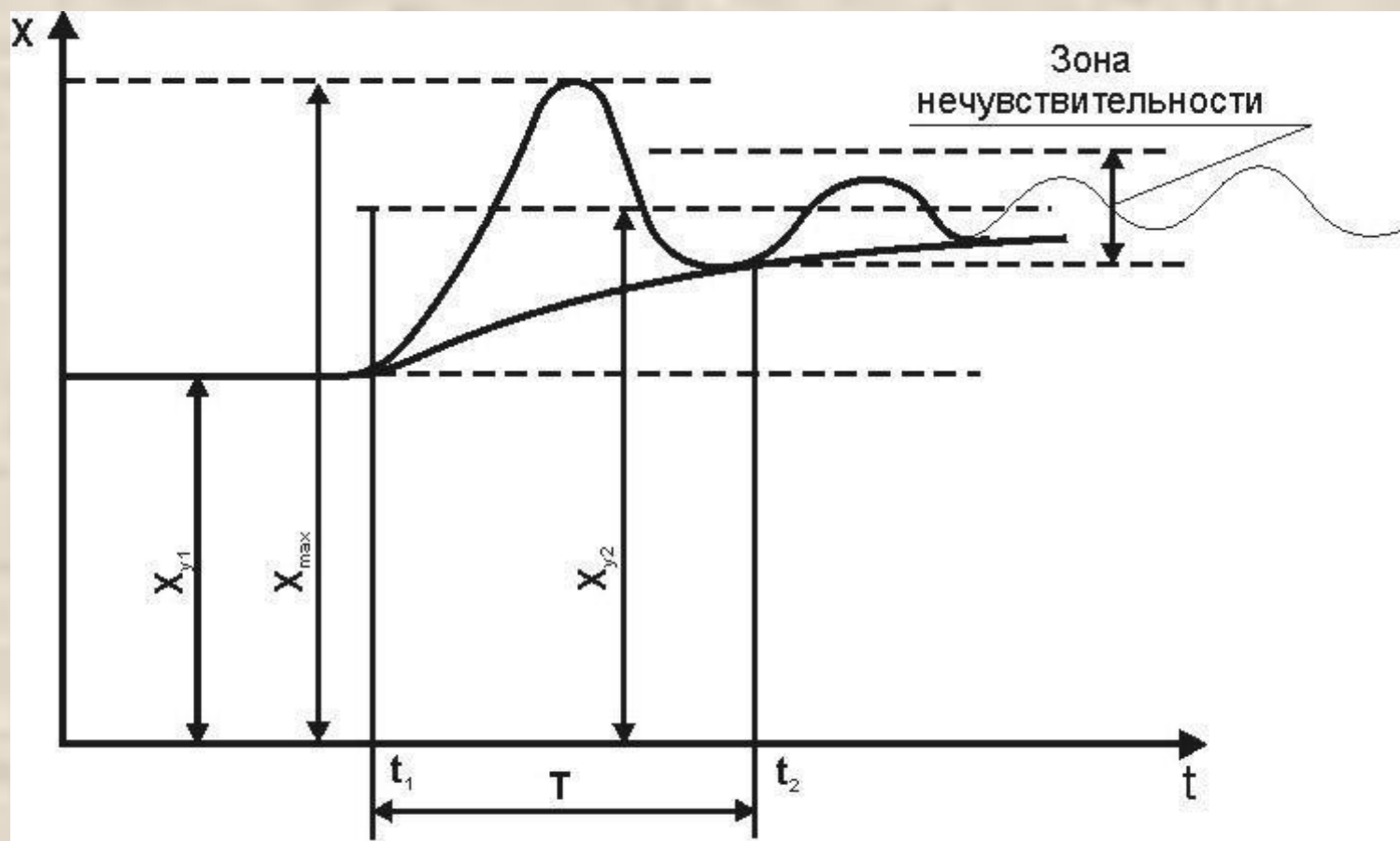
## Показатели качества процесса автоматического регулирования

- Различают следующие показатели качества регулирования при переходном процессе: максимальное отклонение регулируемой величины, величина регулирования, погрешность регулирования, время регулирования.
- *Максимальное отклонение* регулируемой величины чем меньше, тем выше качество регулирования

## Показатели качества процесса автоматического регулирования

На графике - колебательный переходной процесс для устойчивой системы регулирования. В первоначальном установившемся состоянии системы значение регулируемой величины было  $x_{y1}$ ; затем оно было изменено до  $x_{y2}$ : наступает переходной процесс, во время которого регулируемая величина принимает различные значения. Максимальное отклонение регулируемой величины от заданного значения определяется ординатой  $x_{\max}$ .

# Показатели качества процесса автоматического регулирования



# Показатели качества процесса автоматического регулирования






Величина *перерегулирования* не должна превышать максимально допустимого значения. При переходе из одного установившегося состояния в другое, т.е. в переходном процессе, регулируемая величина приближается к новому значению, не выходя за пределы ограниченные новым и старым значениями



На рисунке максимальное перерегулирование определяется отрезком  $x_{\max} - x_{y2}$ . Чем больше перерегулирование, тем более колебательным и продолжительным будет процесс.





# Показатели качества процесса автоматического регулирования

-  *Погрешность* регулирования - это отклонение регулируемой величины от заданного значения.
-  *Время регулирования* - это промежуток времени переходного режима от момента приложения воздействия к системе регулирования и до момента, когда регулируемая величина входит в зону нечувствительности.
-  На рисунке время регулирования -  $T$ .

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

- Регуляторы *прямого* действия - приводятся в действие усилием развиваемым измерительной системой регулятора при изменении величины регулируемого параметра. Они не имеют усилителей и не используют посторонней энергии. Относительно низкая чувствительность, связанная с преодолением сил трения во всех подвижных соединениях, приводит к регулированию не плавному, а толчками - после достижения необходимого усилия.



# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

-  Регуляторы *непрямого* действия - в них усилие, возникающее в чувствительном элементе, при
-  изменении величины регулируемого параметра включает в работу вспомогательное устройство - *управляющий элемент* - которое открывает доступ энергии от постороннего источника (жидкость под давлением, сжатый воздух, электроэнергия) в механизм, развивающий усилие, которое необходимо для перестановки регулирующего органа.

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

По роду энергии, применяемой для приведения в действие исполнительного механизма, регуляторы непрямого действия делят на: гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные (электрогидравлические и электропневматические). Последние могут быть расположены на значительном расстоянии от регулирующего органа (в отличие от двух первых).

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

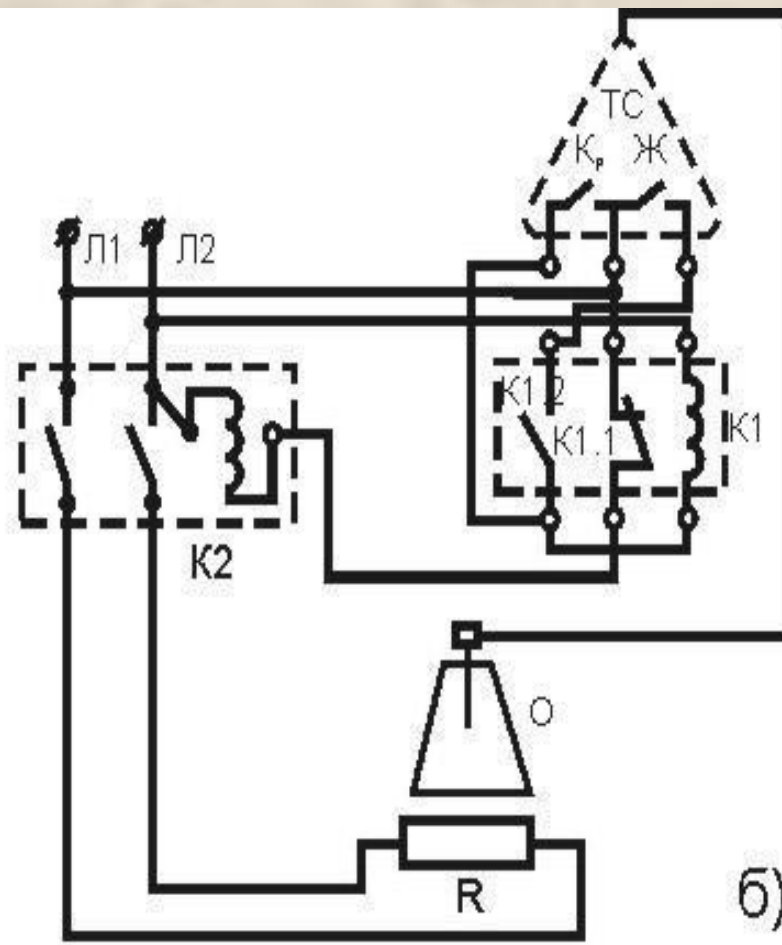
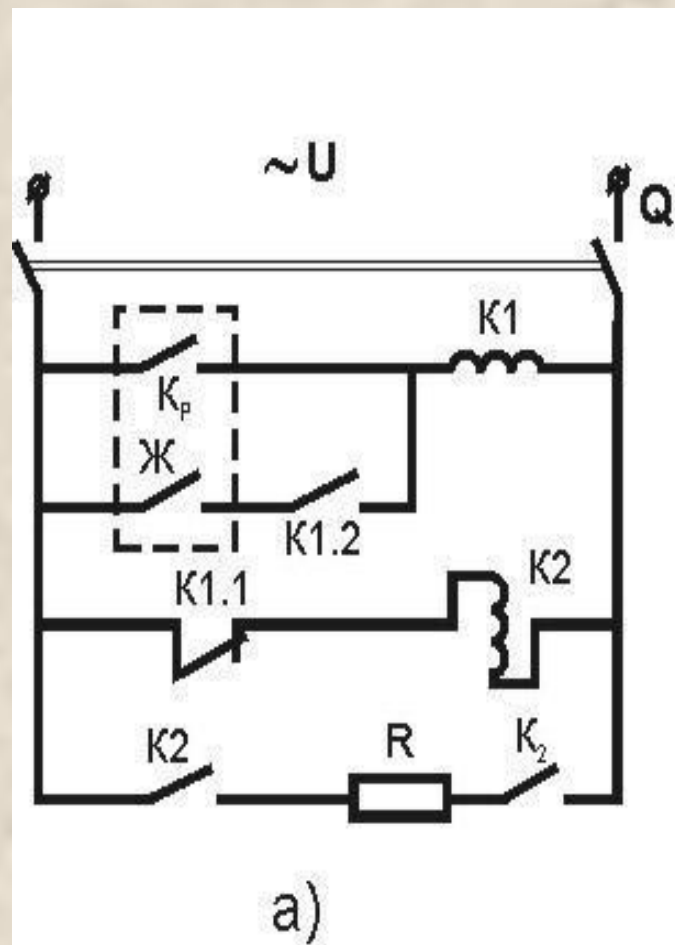
-  регуляторы *прерывного* действия - характеризуются тем, что при непрерывном изменении регулируемого параметра регулирующий орган их действует периодически (в том числе электрические позиционные регуляторы, в которых электродвигатель работает периодически при замыкании контактов в регуляторе);
-  - регуляторы *непрерывного* действия - в них при изменении регулируемого параметра непрерывно меняется и положение регулирующего органа.



# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

- **Позиционные** регуляторы - те, у которых регулирующий орган может занимать два или три определенных положения. У двухпозиционных - это полностью открытое или полностью закрытое; приостановка регулирующего органа происходит почти мгновенно. У трехпозиционных - это полностью открытое, среднее (нормальное) и полностью закрытое.

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

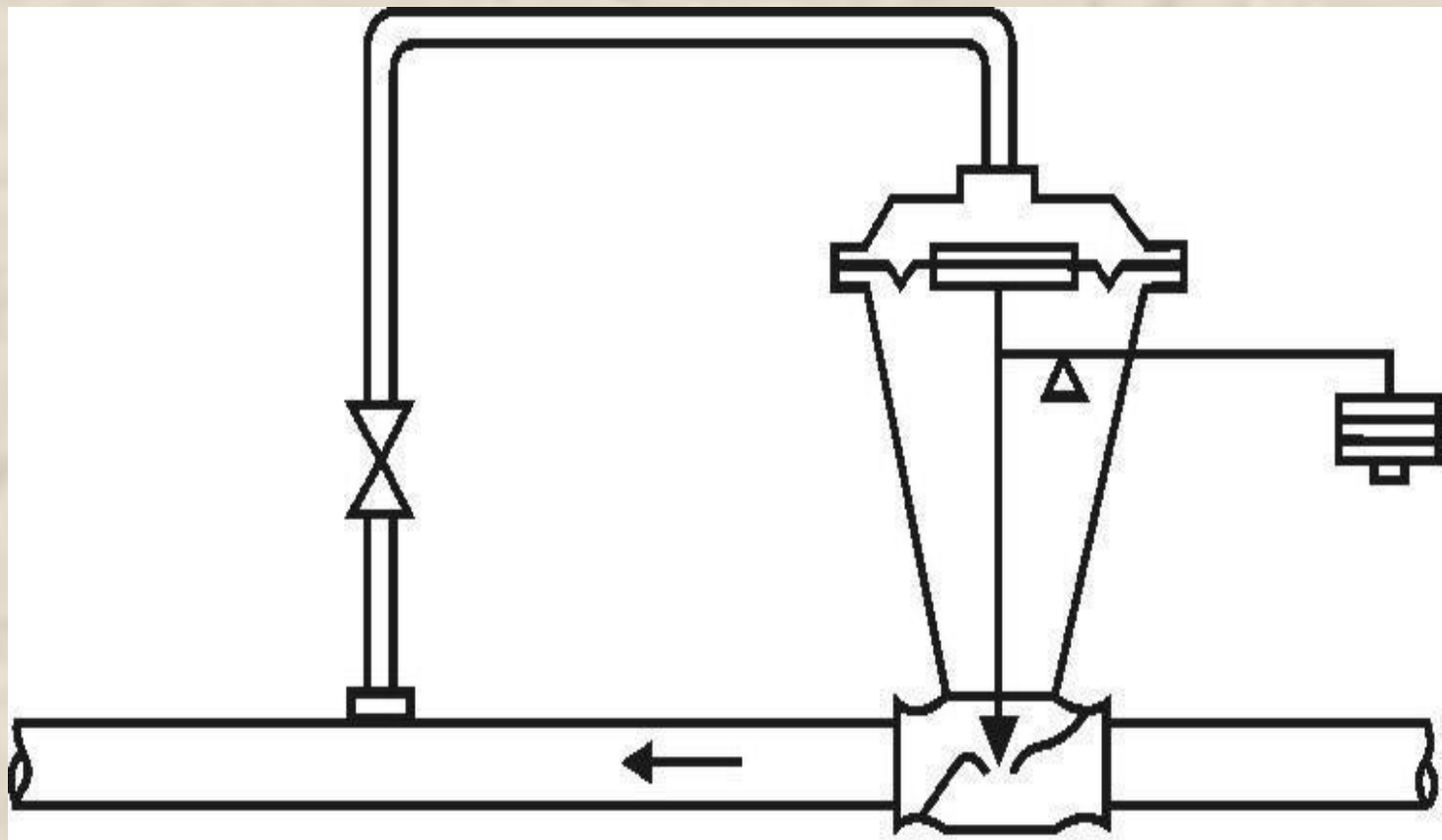


# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

- **Интегральные (астатические) регуляторы** (ИР) поддерживают регулируемую величину таким образом, что скорость перемещения регулирующего органа пропорциональна отклонению этой величины от заданного значения, т.е. регулирующее воздействие будет тем больше, чем больше отклонится регулируемая величина от задания (т.е. чем больше рассогласование) и чем длительнее это отклонение.



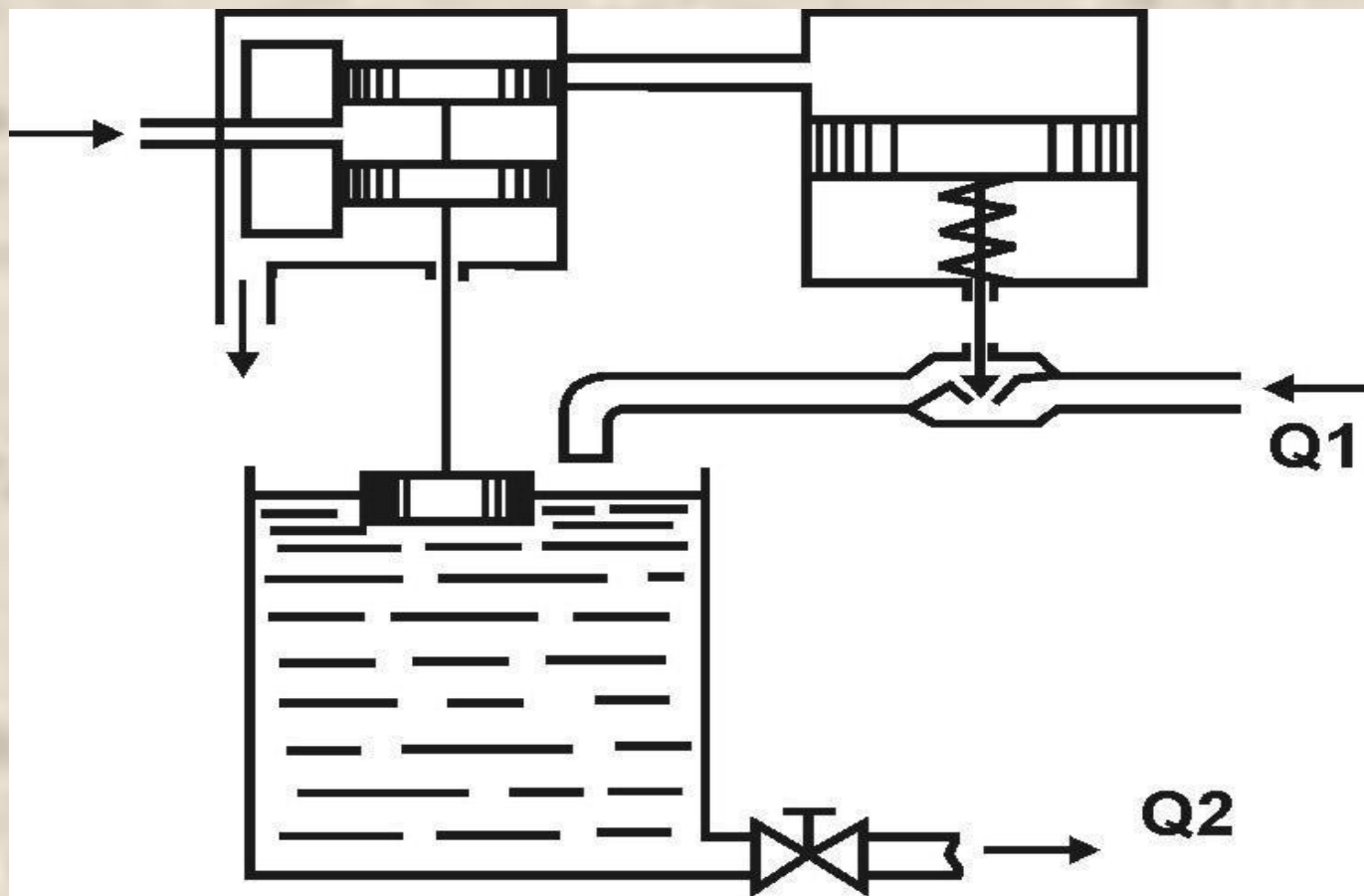
# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ



# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

- **Пропорциональные (статические) регуляторы** (ПрР) - те, у которых величина перемещения регулирующего органа пропорциональна отклонению регулируемого параметра от заданного значения. Имеют механизм пропорциональности с помощью которого устанавливается соответствующий предел пропорциональности: диапазон дросселирования или зону регулирования.

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ



# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

- Зона регулирования - участок шкалы регулятора, выраженный в % от всей шкалы, в пределах которого изменение регулируемого параметра вызывает перемещение регулирующего органа из одного крайнего положения в другое.
- Например, в регуляторе с пределом пропорциональности 60, отклонение измерительной стрелки на 60% шкалы вызовет полное перемещение клапана, а отклонение стрелки на 1% шкалы перемещает клапан на  $1/60$  его полного хода.

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Настраивается регулятор вручную. Чем больше зона регулирования, тем на меньшую величину перемещается регулирующий орган при одном и том же изменении параметра; при нормальных условиях этого достаточно для поддержания параметра на заданном значении с незначительными отклонениями.

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

- **Изодромные (пропорционально-интегральные) регуляторы (ИЗР)** в динамическом отношении подобны системе из двух параллельно включенных регуляторов – пропорционального и интегрального, и поддерживают регулируемый параметр на заданном значении без остаточного отклонения. У ИЗР регулирующий орган принимает положение, зависящее от величины отклонения регулируемого параметра, т.е. он действует вначале как ПрР.

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Затем регулирующий орган совершает дополнительное перемещение, необходимое для ликвидации возникшего отклонения от заданного значения, т.е. действует в последующий период как ИР. Астатическая составляющая называется *изодромом*. Пропорциональное действие в регуляторе практически происходит немедленно, а изодромное - замедленно.

# АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

- **Пропорционально-интегральные регуляторы с производной** производят перемещение регулирующего органа пропорционально отклонению, интегралу и скорости изменения регулируемой величины. Если время предварения регулятора (коэффициент при производной) = 0, то данный регулятор превращается в ИзР; если кроме того, время изодрома стремится к бесконечности, то получается ПрР.





**АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ  
ПРОИЗВОДСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ**

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДОВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Склады *мелкодисперсных* материалов подразделяются на закромные, бункерные и силосные, оборудованные механическим (элеваторы, шнеки, ленточные транспортеры и др.) и пневматическим транспортом (винтовые и камерные пневмонасосы, эрлифты, аэрожелоба).

Автоматизация этих складов заключается в автоматизированном контроле уровня материала в емкостях хранения, загрузке емкостей, выдачи материала по сигналам запросов потребителей и перекачке материала из одной емкости в другую при длительном хранении на складе.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДОВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

- Склады *кусковых* (крупнодисперсных) материалов можно подразделить следующим образом:
- - по виду внешнего транспорта различают склады прирельсовые с поступлением материалов в железнодорожном подвижном составе, с доставкой материалов автотранспортом или водным.
- - по способам механизации выгрузки материала из внешних транспортных средств с гравитационной разгрузкой, с разгрузкой сталкиванием, черпанием и гидромеханизированным способом, а также с комбинированной разгрузкой.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДОВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

- по методу загрузки могут быть склады с приемными устройствами и системой машин для штабелирования материалов или без приемных устройств - с непосредственной подачей материалов из транспортных средств в емкости (промежуточные или непосредственно хранения), а также склады, оборудованные машинами, совмещающими операции выгрузки и штабелирования материалов.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДОВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

- - по методам разгрузки склады разделяются на разгружаемые методом гравитации и специальными машинами - грейферными кранами, самоходными разгрузчиками, экскаваторами и т.д.
- - по способу хранения склады могут быть открытыми, закрытыми или частично закрытыми.
- - по типу емкостей хранения различают склады штабельные, бункерные, полу- бункерные, штабельно-полубункерные и силосные.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДОВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

- Автоматизация этих складов заключается в автоматизированной выгрузке материалов из транспорта, загрузке емкостей, выдаче материала требуемой фракции по сигналам запроса из дробильно-помольных или смесительных отделений, сушке и нагреве выдаваемого со склада материала.
- Часто необходимо обеспечить оперативный учет количества принимаемых и отпускаемых материалов для получения сведений об истинной величине запаса материала на складе.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДОВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

На складах *изделий* (производимых или поступающих со стороны) погрузочно-разгрузочные работы механизированы и осуществляются в основном с помощью мостовых и козловых кранов (в сочетании с авто- или электрокарами). В зоне действия крана вдоль подъездных (железнодорожных или автомобильных) путей и сквозных проездов располагаются складские площадки со штабельным или кассетным (или контейнерным) хранением изделий, часто уложенных на деревянных подкладках с применением прокладок.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДОВ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Автоматизация складов изделий может быть осуществлена на основе программно-дистанционного управления механизмами кранов. В этом случае предусматривается автоматическое адресование крана по заданным координатам склада и дистанционное управление механизмами подъема. Лучше, если команды могут передаваться по радиоканалам, поскольку такелажнику часто необходимо управлять краном из различных пунктов склада.



# АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

- На предприятиях стройиндустрии широко используется различного вида транспортные средства (ТС) непрерывного и периодического действия.
- ТС *непрерывного* действия (ТС НД) в основном применяются для перемещения сыпучих и пластичных материалов по определенной трассе без остановок на загрузку и разгрузку. К этим ТС относятся конвейеры (транспортеры), пневматические устройства и гравитационные установки.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

При автоматизации ТС НД необходимо обеспечить:

- последовательный пуск механизмов тракта в направлении, обратном потоку транспортируемого материала;
- избирательную связь транспортеров с питателями, клапанами, шиберами и т.п.;
- отключение транспортеров и питателей в случае остановки механизмов, предшествующих по потоку;
- последовательную остановку механизмов тракта в направлении потока по мере разгрузки от материала.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

ТС *периодического* действия (ТС ПД) характеризуются наличием рабочего и холостого ходов, а также остановок для загрузки и разгрузки. Они применяются для перемещения грузов в одной плоскости (подъемники, перегружатели, тележки и т. п.) либо в пространстве (башенные, мостовые и др. краны).

В качестве необходимого условия автоматизации ТС ПД предполагается наличие определенного числа фиксированных остановок рабочего органа механизмов передвижения, подъема и поворота.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Основным технологическим требованием, связанным с автоматизацией процесса транспорта грузов, является точная остановка рабочего органа механизма в пункте загрузки или выгрузки. При этом все рабочие циклы, отличаясь по длительности и массе перемещаемого груза, состоят из одних и тех же этапов работы электропривода: пуск, изменение положение механизма, торможение и остановка рабочего органа с требуемой точностью.

## Автоматизированный контроль и сигнализация работы конвейерного транспорта

Автоматизированный контроль конвейерного транспорта предусматривает контроль скорости движения, величины проскальзывания тягового органа (ленты, сетки) и его положения на роlikоопорах, целости ленты и наличия материалов на ленте конвейера.

## Автоматизированный контроль и сигнализация работы конвейерного транспорта

Автоматизированная сигнализация конвейерного транспорта в основном выполняет следующие задачи:  
предупреждает о предстоящем пуске (предпусковая сигнализация), информирует о готовности к пуску (ответная сигнализация), указывает положение механизмов тракта (оперативная сигнализация) и т.п.

## Автоматизированный контроль и сигнализация работы конвейерного транспорта

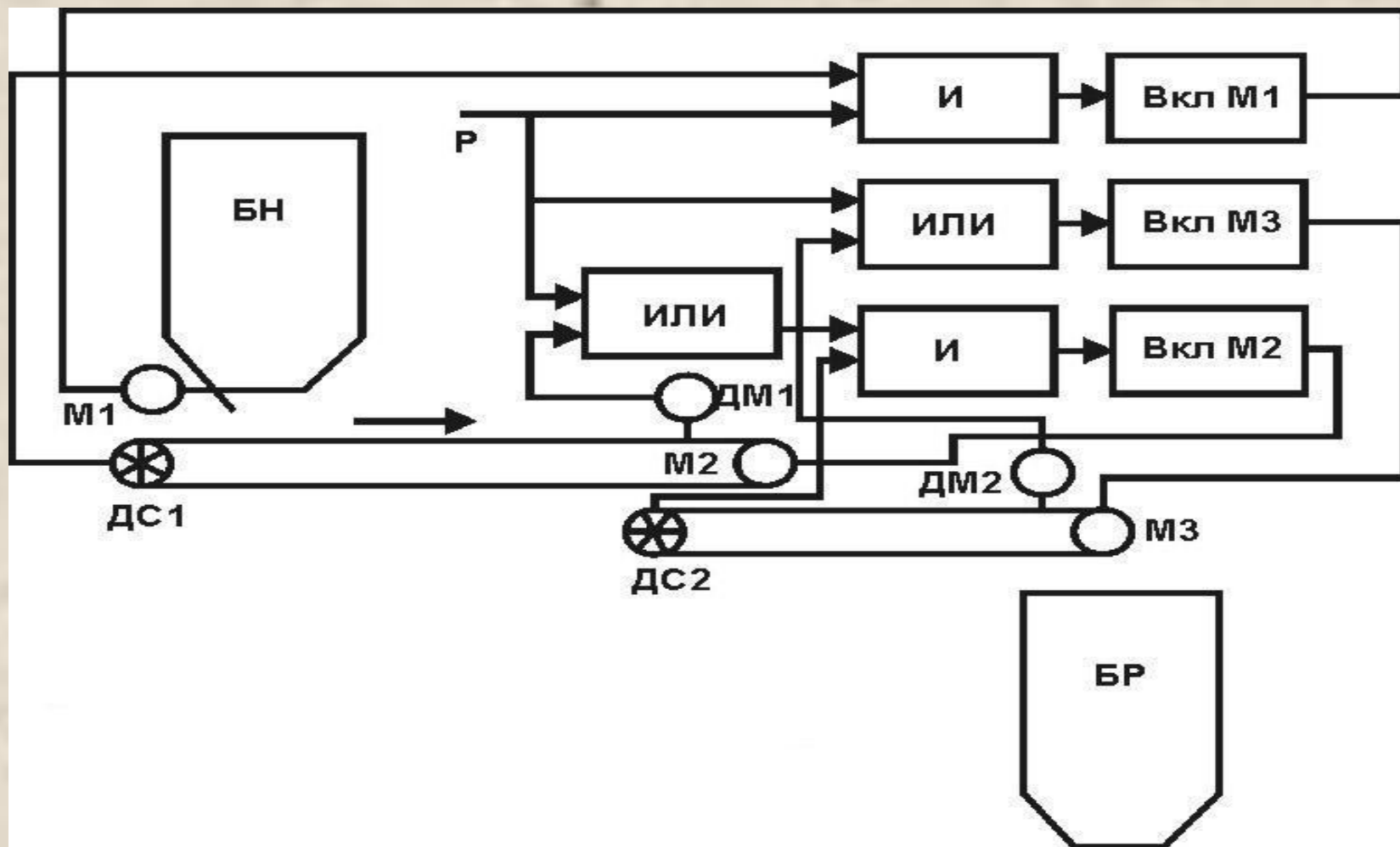
- При пуске удаленных от оператора механизмов обычно применяют принудительную предупредительную сигнализацию, при которой пуск механизма невозможно осуществить без предварительного звукового сигнала.
- Ответную сигнализацию выполняют так, чтобы без разрешения из определенных пунктов нельзя было осуществить централизованный пуск механизмов конвейера.

## Автоматизированное управление конвейерным транспортом

На примере конвейерной линии транспортировки материала из накопительного бункера в расходный, содержащую питатель, промежуточный и выходной конвейеры. Состояние конвейеров контролируется датчиками скорости и датчиками наличия материала. При подаче пускового сигнала **P** механизмы тракта последовательно включаются, начиная с выходного конвейера; после снятия сигнала **P** механизмы отключаются в обратном порядке.



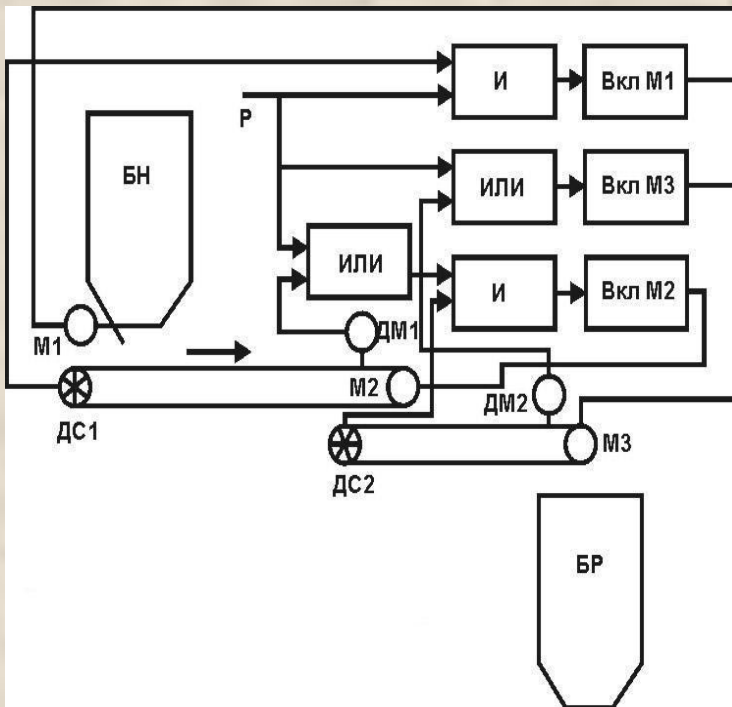
# Автоматизированное управление конвейерным транспортом



## Автоматизированное управление конвейерным транспортом

Наиболее эффективным является пуск конвейерной линии по скорости и остановка после доработки материала. При таком способе управления осуществляется блокировка исполнительного механизма (ИМ) с пусковым элементом, датчиками скорости и наличия материала.

# Автоматизированное управление конвейерным транспортом



Подробнее: Входной **ИМ М1** блокируется с пусковым элементом (сигнала **Р**) и датчиком скорости **ДС1**. Промежуточный **ИМ М2** блокируется с пусковым элементом, датчиком скорости **ДС2** и датчиком наличия материала **ДМ1**. Выходной **ИМ М3** блокируется с пусковым элементом и датчиком наличия материала **ДМ2**.

# Системы управления мостовыми и козловыми кранами

В зависимости от степени автоматизации рабочих процессов системы управления кранами могут быть *полуавтоматами* и *автоматами*. В полуавтоматизированных системах автоматизированы разгон и торможение приводов, а пуск, остановка и регулирование режимов работы механизмов осуществляются оператором.

# **Системы управления мостовыми и козловыми кранами**

В автоматизированных системах выполняется определенный комплекс операций по управлению механизмами крана без вмешательства оператора, который наблюдает за работой машины, изменяет программное задание.

# Системы управления мостовыми и козловыми кранами

- В полуавтоматизированных системах может осуществляться *местное* или *дистанционное* управление.
- Системы дистанционного управления по проводам целесообразно применять для кранов с малыми скоростями передвижения, обслуживающих небольшие производственные площади. Существенным недостатком систем является значительная протяженность коммуникаций и трудность передачи большого числа команд.

# Системы управления мостовыми и козловыми кранами

Поэтому получили распространение также *системы телеуправления кранами* (проводные и по радио), в которых применяют метод последовательного во времени использования каналов связи. Подача команд может производиться по распределительному или по кодовому принципу.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ И СОРТИРОВКИ

Основными технологическими процессами дробильно-сортировочных и составных цехов являются дробление, помол, сортировка и транспортировка. Для дробления применяют щековые, конусные, валковые и молотковые дробилки; для помола - дезинтеграторы, бегуны и мельницы; для сортировки - грохоты, сита и центрифуги; для транспортировки – тарельчатые, секторные, вибрационные и пластинчатые питатели, конвейерные линии, желоба, трубы и др. транспортеры. В комплекс этих машин входят приемные, промежуточные и складские бункера и штабели.



# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ И СОРТИРОВКИ

- Автоматизация технологических процессов дробильно-сортировочных и составных цехов и участков должна решить следующие задачи:
- - автоматизированный контроль состояния оборудования, направления грузопотоков, загрузки емкостей и наличия материалов в транспортных средствах, учет работы машин, исходного материала по фракциям и готовой продукции по ассортименту, а также контроль запыленности помещений и работы вентиляционных установок.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ И СОРТИРОВКИ

- автоматизированное управление пуском и остановкой в заданной последовательности технологического и транспортного оборудования, автоматизированное регулирование загрузки агрегатов и поточных линий, обеспечение оптимального режима работы технологического оборудования, автоматизированное управление процессом отгрузки готовой продукции и системой обеспыливания и аспирации.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ И СОРТИРОВКИ

- автоматизированную защиту и блокировку от перегрева подшипников дробилок, от их перегрузки, повреждений дробящих плит, прорыва основных органов грохотов и сит, попадания металлических предметов в дробилки и мельницы, а также сигнализацию о состоянии оборудования.
- В поточно-транспортных системах должна осуществляться блокировка и защита при повреждении одного из механизмов, предупредительная сигнализация, защита и блокировка от переполнения питателей, течек и желобов бункеров

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ И СОРТИРОВКИ

## Автоматизированное регулирование производительности дробилок

- Задача автоматизированного регулирования процесса дробления заключается в обеспечении оптимальной производительности дробилки за счет максимальной ее загрузки и в поддержании заданной фракционности конечного продукта.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДРОБЛЕНИЯ И СОРТИРОВКИ

Разработана универсальная комбинированная система автоматизированного регулирования по трем параметрам: по мощности привода дробилки, по уровню материала в дробилке и по мощности привода отводящего конвейера или по массе материала на нем. Автоматическое регулирование этих параметров осуществляется изодромными АР.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОЗИРОВАНИЯ И ВЗВЕШИВАНИЯ

Дозаторы *дискретного* действия обеспечивают автоматизацию циклических процессов производства и в зависимости от способа дозирования материала могут быть объемными или весовыми. Последние обеспечивают более высокую точность дозирования.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОЗИРОВАНИЯ И ВЗВЕШИВАНИЯ

Весовые дозаторы *непрерывного* действия предназначены для выдачи определенной массы материала в единицу времени, обеспечивая требуемую производительность - массовый расход сыпучих материалов и жидкостей. Автоматизированное непрерывное дозирование производится двумя типами дозаторов: бункерным и ленточным.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОЗИРОВАНИЯ И ВЗВЕШИВАНИЯ

*Автоматизированные конвейерные весы* - предназначены для взвешивания материала, движущегося в потоке. По принципу действия интегрирующих устройств автоматизированные конвейерные весы делятся на весы дискретного и непрерывного действия, которые отличаются дискретным и непрерывным учетом материалов, перемещаемых на ленте конвейера. Каждая из этих групп весов разделяется на весы, встраиваемые в действующие конвейеры, и весы с коротким весовым конвейером, являющимся неотъемлемой грузоприемной частью весов.



## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОЗИРОВАНИЯ И ВЗВЕШИВАНИЯ

Конвейерные весы с *дискретной* системой регистрации основаны на взвешивании участков ленты конвейера, передающих нагрузку на весы каждый раз, когда лента переместится на длину участка, равного теоретической длине конвейера (платформы). К весовым устройствам дискретного действия относятся также весы для взвешивания тарных и штучных грузов (вагонные и автомобильные весы).

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДОЗИРОВАНИЯ И ВЗВЕШИВАНИЯ

Конвейерные весы с *непрерывной* системой регистрации предназначены для определения массы материала, прошедшего через весы, и характеризуются непрерывным взвешиванием путем интегрирования по времени функции погонной нагрузки по длине ленты конвейера.

# Автоматическое взвешивание материалов в железнодорожных вагонах и автотранспорте

- Автоматическое взвешивание материалов в вагонах производится с помощью вагонных весов. Большинство из них позволяет взвешивать вагоны во время их движения со скоростью 5-20 км/ч. Взвешивание одного вагона при этом занимает 3-12 с.
- В зависимости от способа взвешивания автоматические вагонные весы разделяются на два типа:

# Автоматическое взвешивание материалов в железнодорожных вагонах и автотранспорте

- а) весы, у которых длина весовой платформы достаточна для установки всего вагона, а индикаторное устройство весов отсчитывает массу вагона сразу;
- б) весы с короткой весовой платформой, механизм которых основан на принципе поосного взвешивания (по мере прохождения осей или тележек вагона в интегрирующей блоке весов автоматически суммируются отдельные отвесы).

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- В зависимости от условий поступления сырья смесители могут быть непрерывного и периодического действия. Основным параметром смесителей НД является производительность - выдача готовой смеси в  $\text{м}^3$  в час, а смесителей ПД – объем готового замеса в литрах или масса в кг.
- В зависимости от условий перемешивания компонентов смесители разделяются на принудительного перемешивания и гравитационные.

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Смесители *принудительного перемешивания* работают по принципу противотока; в них используются различного типа смешивающие механизмы (лопастные, роторные и др.), вал которых вращается в направлении, противоположном вращению смесительного сосуда или скребков. В противоточных смесителях частицы материала движутся по сложным траекториям. Благодаря интенсивному перемешиванию обеспечивается высокое качество смеси.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СМЕСИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В *гравитационных* смесителях происходит перемешивание компонентов смеси при свободном падении во вращающемся барабане, имеющим на внутренней поверхности лопасти. Гравитационные смесители ПД могут иметь вертикальный смесительный барабан цилиндрической формы, опрокидывающийся барабан грушевидной формы или наклоняющийся двухконусный барабан. Загрузка и выгрузка последних производится с одной и той же стороны или с разных сторон. Наклон смесительных барабанов выполняется при помощи механического, гидравлического или пневматического привода.

# Автоматическое регулирование вязкости бетонной смеси

Автоматическое управление смесительными установками осуществляется:

- в функции времени,
- с контролем тока двигателя.

В бетоносмесителях принудительного перемешивания для регулирования вязкости бетонной смеси можно использовать зависимость мощности, потребляемой электродвигателем смешивающего механизма, от водоцементного соотношения.



# Автоматическое регулирование вязкости бетонной смеси

При высокой точности дозирования компонентов водоцементное соотношение бетонной смеси зависит от влажности заполнителей. Поэтому для регулирования вязкости бетонной смеси необходимо корректировать дозу воды в каждом замесе. Это можно осуществлять, контролируя содержание воды при перемешивании компонентов и определяя требуемую добавку воды для получения заданного водоцементного соотношения.

# Автоматическое регулирование вязкости бетонной смеси

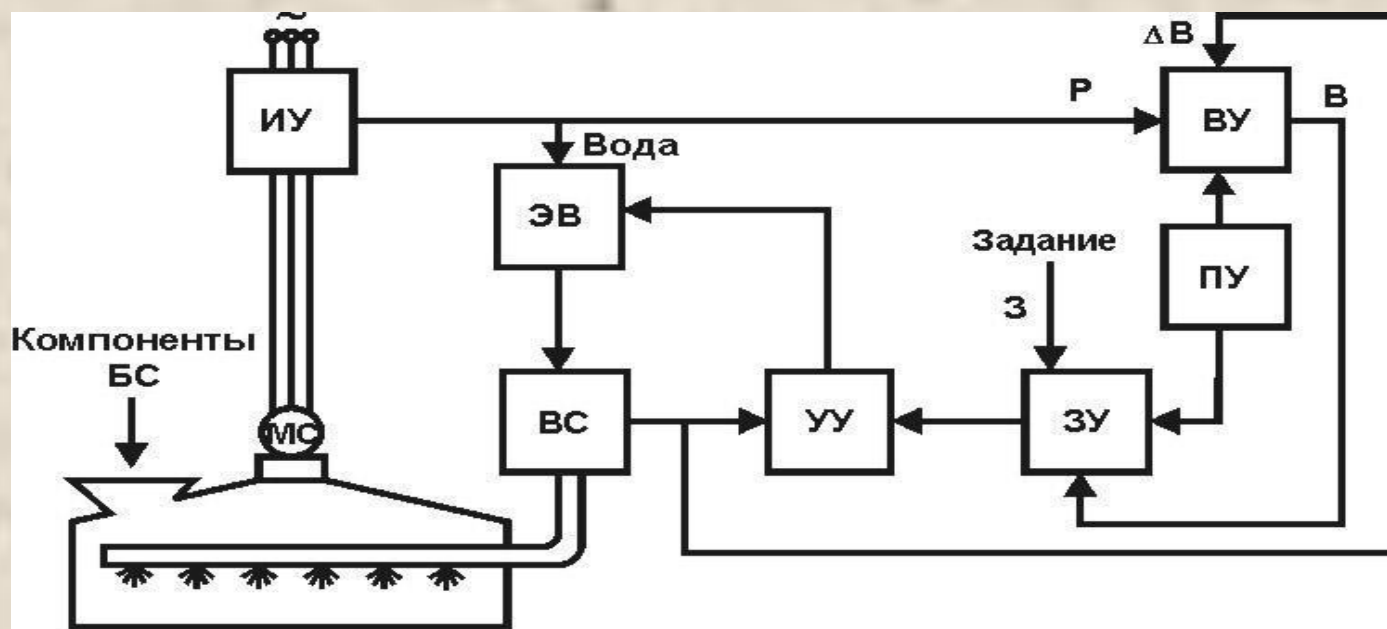
- Если измерять мощность, потребляемую электродвигателем смесителя, при трех различных значениях водоцементного соотношения, то из трех уравнений получается следующая формула, определяющая содержание воды в замесе:

$$B = \frac{(P_3 - P_1) \Delta B_1^2 - (P_2 - P_1) \Delta B_2^2}{2 \left[ (P_2 - P_1) \Delta B_2 - (P_3 - P_1) \Delta B_1 \right]} + bЦ$$

## Автоматическое регулирование вязкости бетонной смеси

При работающем двигателе смешивающего механизма **МС** в бетоносмеситель через загрузочную воронку поступают дозы цемента, песка и щебня. Вода дозируется с помощью водомерного счетчика **ВС**, электромагнитного вентиля **ЭВ** и управляющего устройства **УУ** в соответствии с сигналом задающего устройства **ЗУ**. Вода подается в смеситель через сливную трубу.

# Автоматическое регулирование вязкости бетонной смеси



(МС – привод смесителя, ЭВ – электромагнитный вентиль, ВС – водомерный счётчик, УУ – управляющее устройство, ИУ – измерительное устройство, ВУ – вычислительное устройство, ПУ – программное устройство, ЗУ – задающее устройство)

# Автоматическое регулирование вязкости бетонной смеси

В начале цикла в смеситель подается некоторая начальная доза воды и компоненты предварительно перемешиваются. Затем по команде программного устройства **ПУ** в вычислительном устройстве **ВУ** запоминается значение потребляемой двигателем **МС** мощности  $P_1$ , которая контролируется измерительным устройством **ИУ**, и увеличивается доза воды на величину  $\Delta V_1$ , что также запоминается в **ВУ**.

## Автоматическое регулирование вязкости бетонной смеси

Аналогично последовательно во времени фиксируются значения  $P_2$ ,  $\Delta V_2$ ,  $P_3$  и вычисляется содержание воды в замесе. В результате сравнения величины  $V$  с заданным значением  $Z$  в  $ZU$  определяется необходимая добавка воды  $\Delta V_3 = Z - V$  для получения бетонной смеси с требуемым водоцементным соотношением.

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

- Более 90% продукции заводов сборного железобетона подвергается тепловлажностной обработке с целью интенсификации твердения бетона.
- При тепловлажностной обработке изделий в пропарочных камерах производится подъем температуры со скоростью 20...45 °С/час, затем изделие выдерживается при постоянной температуре (80...100 °С) в течение нескольких часов, пока оно не наберет так называемой "распалубочной прочности", и снижение температуры.

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

- За цикл пропаривания изделий осуществляются следующие операции управления:
  - регулирование подачи пара в зависимости от температуры паровоздушной среды в пропарочной камере;
  - переключение регистров в зависимости от периода обработки изделия (изотермическая выдержка);
  - регулирование давления пара;
  - включение вентиляции в конце цикла пропаривания, а также контроль давления пара, сигнализация снижения давления пара, например, с помощью расходомера.



# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

Автоматическое управление процессами тепловой обработки материалов и изделий из бетона может осуществляться двумя способами:

- регулированием параметров теплоносителя;
- регулированием параметров обрабатываемого изделия.

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

- В первом случае регулируемыми параметрами являются температура и влажность теплоносителя и в зависимости от изменения одного из них, производится регулирующее воздействие на процесс тепловлажностной обработки.
- Во втором случае регулирующее воздействие вырабатывается в зависимости от действительного состояния материала (его температуры, влажности, прочности и т. д.). Этот способ автоматического регулирования тепловых процессов связан со сложностью измерения параметров, характеризующих состояние материала.

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

Автоматизация процессов регулирования подачи пара в зависимости от температуры паровоздушной среды осуществляется двумя способами:

- на базе стабилизирующих регуляторов, обеспечивающих постоянную температуру в период изотермической выдержки (с помощью электронных автоматических мостов с регулирующим устройством ЭМД, МСР и др. термосигнализаторов ТСГ, ТС и др.); при этом для подъема и снижения температуры используются дополнительные приборы и приспособления, например, командный электропневматический прибор КЭП-12;
- на базе программных регуляторов, обеспечивающих необходимую программу тепловлажностной обработки.

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

Считается, что выполнение заданной программы регулирования температуры во времени вполне обеспечивает требуемую прочность бетона. Однако температура изделий вследствие экзотермии бетона не равна температуре паро-воздушной среды. Тепловые удары на бетон ухудшают его структуру, поэтому фактическая прочность бетона в момент окончания прогрева остается неизвестной. Для улучшения качества изделий и экономических показателей необходимо использовать непрерывную информацию о фактической температуре и прочности твердеющего бетона. Это позволит управлять процессом твердения бетона и своевременно корректировать режим в реально сложившихся условиях.

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

Имеется ряд предложений по применению физических методов контроля прочности прогреваемого бетона с целью коррекции продолжительности тепловой обработки. Рекомендуются различные методы определения прочности, основанные на электропроводности, динамической упругости, ультразвуковой проницаемости, контракции бетона, контроле градусо-часов и температурно-временного эквивалента. Наиболее перспективным из них является последний.

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

В основу аналитического определения прочности бетона, твердеющего при переменной температуре, положено понятие температурно-временного эквивалента прочности  $e(\theta, t)$ , т.е. функционала температуры  $\theta(t)$  и продолжительности твердения  $t$ , связанного с прочностью бетона однозначной зависимостью  $R(e)$ .

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

- Значение температурно-временного эквивалента имеет вид

$$\varepsilon = \int_0^t \Phi[\theta(t)]dt,$$

- где  $\Phi [\theta(t)]$  - экспериментально установленная функция температур вида  $\Phi [\theta(t)] = (\theta_0 + \theta)^n$ ,
- $\theta_0$  - температура бетона, при которой он не твердеет;
- $n = 1,2 - 2$  – опытная постоянная, которая зависит от минералогического состава цемента.

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

- Зависимость прочности бетона от температурно-временного эквивалента выражена гиперболой вида

$$R = R_{\infty} \frac{\varepsilon}{\nu + \varepsilon}$$

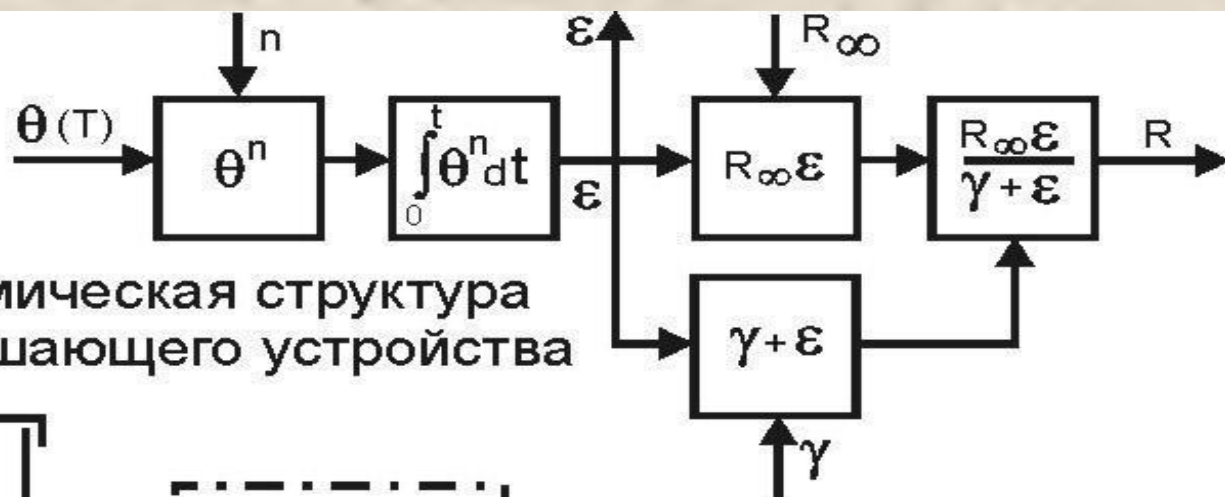
- где  $R_{\infty}$  - потенциальный предел прочности
- $\nu$  - постоянная, характеризующая состав и структуру бетона.



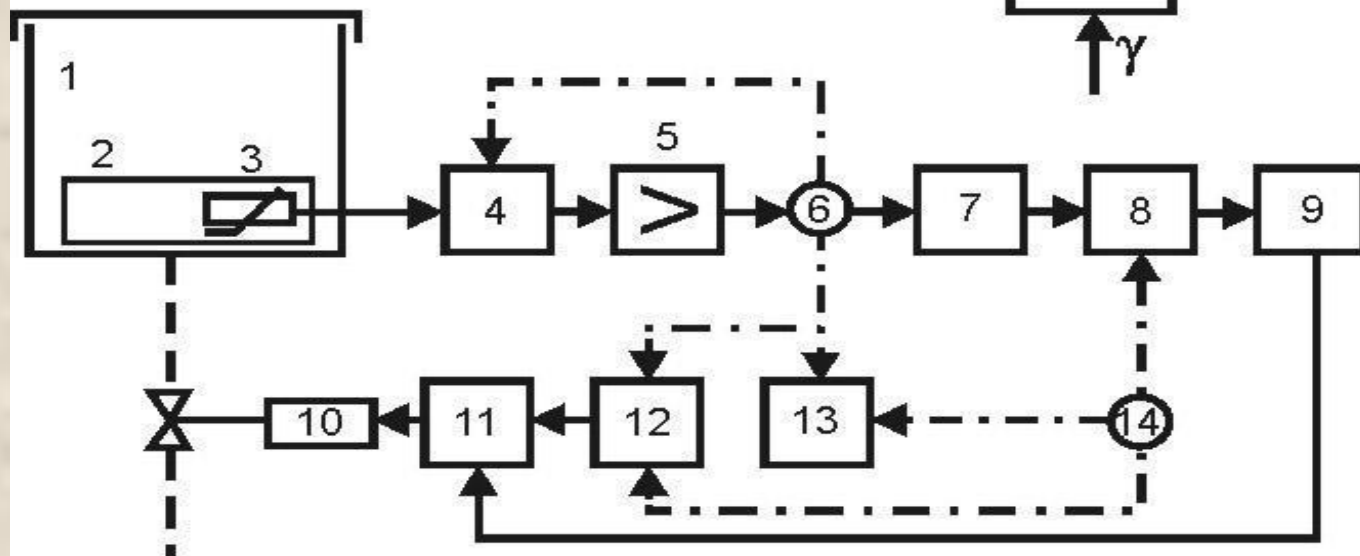
# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

На основании этих формул составлен алгоритм функционирования счетно-решающего устройства, структурная схема которого показана на рисунке, и отражает она последовательность математических операций для получения значений прочности бетона. Контроль твердения осуществляется автоматическим регулятором тепловой обработки бетона (АРТОБ-1), объединяющим счетно-решающее и программно-регулирующее устройство.

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности



Алгоритмическая структура  
счетно-решающего устройства



# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

Изделие 2 с установленным в бетон датчиком температуры 3 помещается в пропарочную камеру 1. Заданный режим измерения температуры бетона выполняется программным устройством 12, которое управляет исполнительным механизмом 10, регулирующим подачу теплоносителя через командное устройство 11. Датчик температуры включен в одно из плеч равновесного моста 4. Электронный усилитель 5 усиливает сигнал разбаланса моста и управляет реверсивным двигателем 6, перемещающим записывающее устройство 13, которое вычерчивает график температуры изделия на ленте, движущейся с помощью синхронного двигателя 14. Реверсивный двигатель управляет работой степенного устройства 7, выполняющего функцию  $\varepsilon(0)$ .

# Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

Сигнал от степенного устройства поступает на интегратор 8, который интегрирует функцию  $\varepsilon(t)$  во времени, т.е. накапливает значение температурно-временного эквивалента  $\varepsilon$ . Кроме того, сигнал степенного устройства передается в индикаторно-сравнивающее устройство 9, которое поворачивает барабан с укрепленной на нем шкалой. Цена деления шкалы зависит от температурно-временного эквивалента и определяется по первой приведенной формуле. Когда бетон изделия достигнет прочности, заданной в индикаторно-сравнивающем устройстве, подается сигнал на командное устройство 11, отключающее исполнительный механизм 10.

## Автоматизация тепловлажностной обработки изделий с контролем прочности

Продолжительность работы устройства не ограничена. С внедрением автоматического устройства расход пара на 1 <sup>3</sup>м изделий по сравнению с ручным управлением сократился на 15%, уменьшилась продолжительность прогрева балок на 10-18 ч., увеличилась производительность отдельных линий на 25%.

# Многоканальное регулирование параметров тепловых установок

Одним из способов снижения затрат на аппаратуру автоматике, а также повышения надёжности работы аппаратуры является использование многоканального регулятора. В этих устройствах сокращается число некоторых приборов (усилителей, формирователей, корректирующих приспособлений) – они становятся общими для нескольких каналов измерений. Для связи объектов регулирования с общим автоматическим регулятором предусматривается временной способ разделения каналов, т.е. поочерёдная связь.

# Многоканальное регулирование параметров тепловых установок

Интервалы времени, через которое осуществляется присоединение объекта управления к регулятору, называется *циклом обегания регулятора*  $T_0$ . Чаще используются многоканальные регуляторы с постоянным циклом обегания. Для этих регуляторов при  $n$  регулируемых параметров время каждой связи индивидуальных устройств с общей частью регулятора в пределах цикла обегания равно:

$$t_{\text{св}} = T_0 : n .$$

# Многоканальное регулирование параметров тепловых установок

- Вследствие временного разделения каналов многоканальные регуляторы относятся к устройствам дискретного действия, в которых регулируемые параметры подвергаются квантованию по времени.
- В промышленности работают : в системе КТС ЛИУС комплекс КМ-1201-1 на 16 каналов управления, в системе АСКР-ЭЦ – регуляторы А-761-05 на 16 каналов, А-305-13 и А-306-14 на 8 каналов управления, в системе «Центр» - регуляторы БРП-10 на 10 каналов и БППИ-20 на 20 каналов управления.
- Пропарочные камеры, кассеты и автоклавы обладают большой тепловой инерцией, поэтому нет надобности вести непрерывный контроль и управление. Разработаны многоканальные электрические автоматические регуляторы МРТЭ-10, БМРТЭ, «Памир» и пневматические установки «Пуск-3 С» и «Пуск-3 П».