

1. Принципы построения систем управления

Управление техническим объектом (процессом) состоит в выработке команд, реализация которых обеспечивает целенаправленное изменение состояния этого объекта при соблюдении заранее обусловленных требований и ограничений.

Общая задача управления: максимизация (минимизация) некоторого критерия (себестоимости, энергозатрат, прибыли и др.) при выполнении ограничений на технологические параметры, накладываемых регламентом.

Частный случай управления – сохранение некоторого желаемого состояния объекта в условиях, когда он получает непредвиденные воздействия со стороны внешней среды, нарушающее это состояние.

С точки зрения автоматического управления объект исследования удобно представлять в виде кибернетической системы («чёрный ящик») – рисунок 1.1.

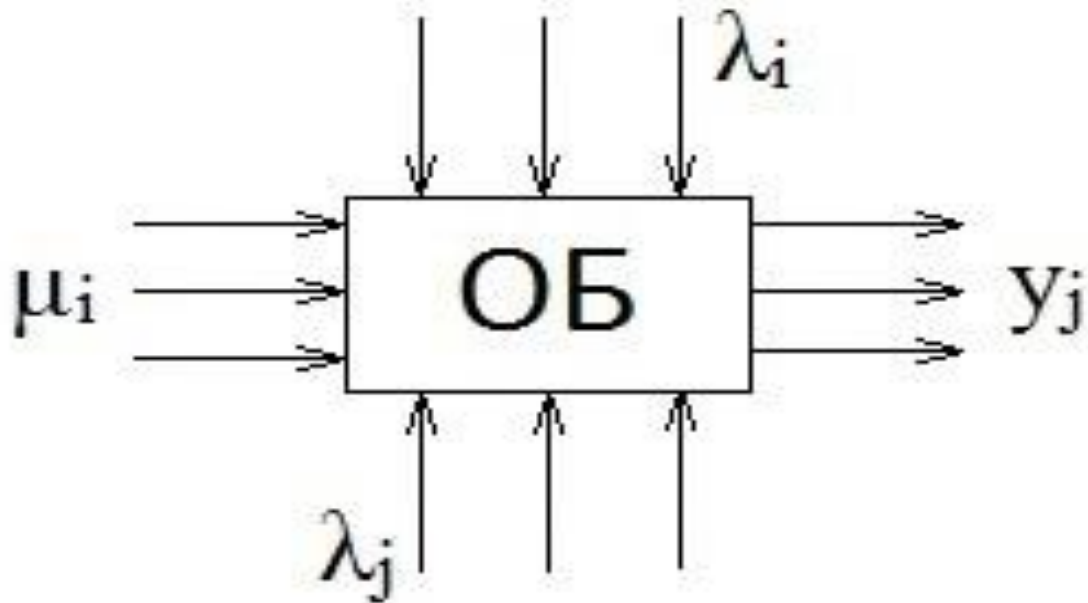


Рисунок 1.1 - Объект управления, как «чёрный ящик»

$y(t)$ - отображает численные характеристики целей управления и называется управляемой или выходной величиной.

Изменение управляемых или выходных величин в соответствии с целью управления осуществляется подачей на объект специально организуемых **управляющих воздействий (Mi)**.

Для реализации этих управляющих воздействий всякий объект снабжается специальными **управляющими органами**.

Воздействия, получаемые объектом со стороны внешней среды и приводящие к нежелательным отклонениям управляемых величин, называются возмущающими воздействиями или возмущениями (Li,Lj). **Все воздействия – факторы.**

Возмущающие воздействия или возмущения подразделяются на возмущения контролируемые управляемые, контролируемые неуправляемые и возмущения неконтролируемые неуправляемые.

В процессе работы **контроллер** получает информацию о цели управления и текущую информацию о состоянии объекта и в соответствие с этой информацией (которая называется рабочей) **формирует управляющее воздействие на объект так, чтобы была достигнута цель управления.**

Схематическое изображение отдельных элементов системы и воздействий их друг на друга, а также воздействий, получаемых системой из внешней среды её функционирования, называется **структурной схемой системы**.

В отношении выполняемых элементами системы функций всякая система управления в наиболее укрупнённом виде должна состоять из двух элементов: управляющего объекта и контроллера – рисунок 1.2.

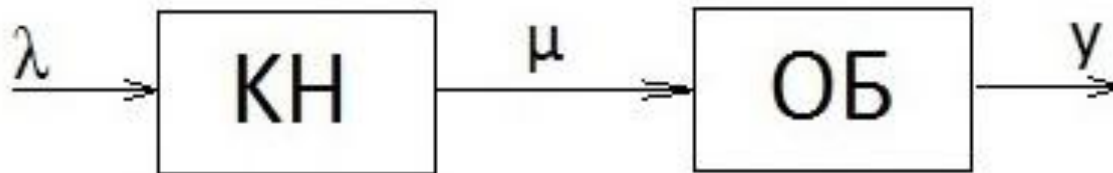


Рисунок 1.2 - Простейшая структурная схема системы управления (Разомкнутая САУ).

Здесь контроллер КН, получая информацию о цели управления в виде меняющегося во времени сигнала задания $X(t)$, формирует управляющее воздействие $m(t)$, на объект (ОБ) таким образом, чтобы управляемая величина $Y(t)$ менялась в соответствии с изменением $X(t)$, то есть так, чтобы достигалась цель управления.

$$Y(t) = X(t). \quad (1.1)$$

Подобная система управления может реально функционировать только тогда, когда между изменением $Y(t)$ и вызвавшим его изменением $m(t)$ в объекте существует однозначное соответствие. Его определение осуществляется посредством идентификации объекта.

Идентификацией называется «определение параметров и структуры математической модели, обеспечивающих наилучшее совпадение выходных координат модели и процесса при одинаковых входных процессах».

Результатом идентификации является математическая модель процесса или объекта, представляющая собой или график переходного процесса, или передаточную функцию или дифференциальное уравнение (как первое приближение - статическая модель в виде уравнений материального и теплового балансов).

Полученная математическая модель объекта может быть использована для определения алгоритма функционирования контроллера (алгоритма управления).

Алгоритм определяет, как следует изменить управляющее воздействие $m(t)$ в зависимости от изменения $X(t)$ для того, чтобы была достигнута цель управления (1.1).

Практически рассмотренная структура управления может функционировать только при выполнении следующих условий:

- на объект управления не действуют никакие возмущения;
- математическая модель объекта известна для любого момента времени с достаточно высокой точностью;
- требуемый алгоритм управления может быть реализован в контроллере с достаточно высокой точностью.

Нарушение хотя бы одного из этих условий приведёт к появлению неконтролируемого самопроизвольного отклонения выходной величины.

Для исключения этого в систему управления вводится добавочный канал, по которому контроллер получает информацию о действительном значении управляемой величины в каждый момент времени.

Это позволяет контроллеру при появлении отклонения от желаемого значения осуществить добавочное изменение управляющего воздействия на объект так, чтобы это отклонение было ликвидировано.

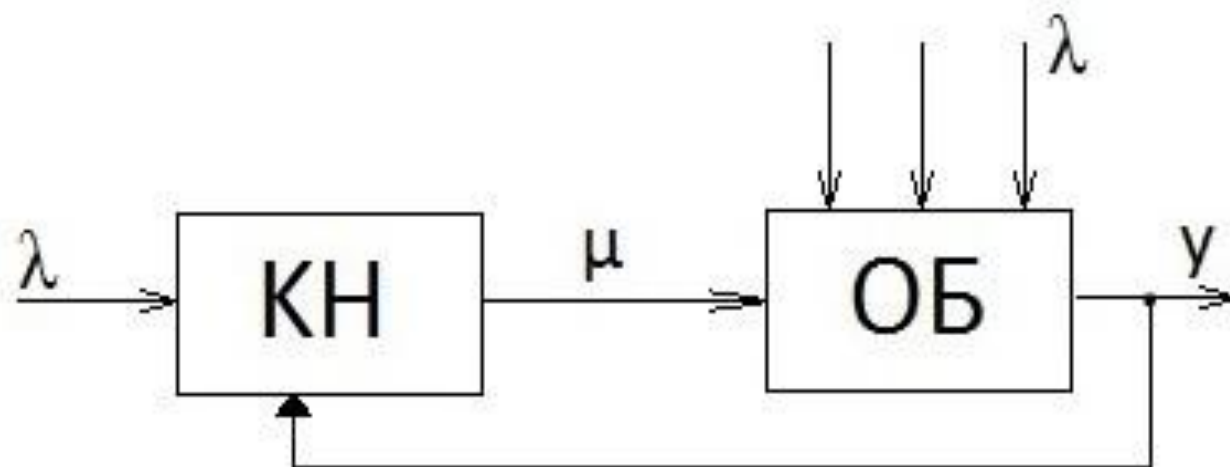


Рисунок 1.3 - Простейшая структурная схема замкнутой системы управления.

В зависимости от характера изменения сигнала задания (задающего воздействия) системы управления принято разделять на три вида:

- **стабилизации**, если задающее воздействие не меняется во времени;
- **программного управления**, если задающее воздействие является известной (детерминированной) функцией времени или другого параметра;
- **зависимого управления или следящей**, если задающее воздействие является неопределённой в будущем функцией времени.

Управление называется **непрерывным**, если осуществляемое контроллером изменение управляющего воздействия происходит в непрерывной зависимости от изменения задающего воздействия и управляемой величины.

В случае **дискретного управления** управляющее воздействие принимает какое то одно из 2-х возможных значений либо формируется в дискретные моменты времени.

Решение задачи оптимизации для всего технологического процесса объекта, в целом, трудоемко, или практически невозможно ввиду большого числа факторов, влияющих на ход процесса.

На практике задача управления расчленяется на ряд самостоятельных задач, что приводит и к расчленению системы управления на более мелкие подсистемы.

Подобное скоординированное между собой расчленение задач и систем управления получило название декомпозиции задач и систем управления.

Из общей задачи управления выделяется задача устранения вредного влияния на достижение цели управления действующих на объект неконтролируемых возмущений, а также неконтролируемых погрешностей в задании модели объекта.

Эта задача управления получила название **регулирования объекта**. А часть системы управления, выполняющая эту задачу, - **подсистемы регулирования**.

В результате контроллер расчленяется на два соподчинённых блока: регулирующий (обычно называют автоматическим регулятором или просто регулятором) и командный, вырабатывающий командное воздействие таким образом, чтобы была достигнута цель управления.

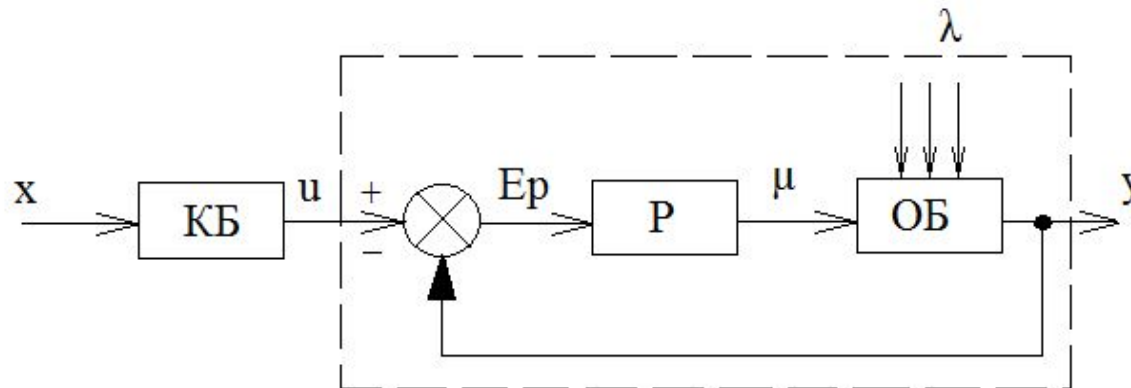


Рисунок 1.4 – Структурная схема системы управления

Командное воздействие $u(t)$, вырабатываемое командным блоком, подаётся на вход подсистемы регулирования (штриховая линия), где на основании выявления отклонения управляемой величины от командного воздействия $E_p(t) = u(t) - y(t)$, регулятор формирует управляющее воздействие $\mu(t)$. Выявление отклонения $E_p(t)$ происходит в сумматоре (кружок).

Такую систему управления можно рассматривать как систему управления объектом без возмущения (рисунок 1.2), функции которого теперь выполняет подсистема регулирования в целом.

Рассмотренная система управления является **двухуровневой**: первый (нижний) уровень образует подсистема регулирования, второй – система управления со структурой, представленной на рисунке 1.2, в которой в качестве контроллера КН выступает командный блок КБ, а в качестве объекта ОБ – подсистема регулирования.

Такого рода двухуровневые (а в общем случае и многоуровневые) структуры систем управления, в которых верхний уровень выполняет командные функции по отношению к нижестоящему уровню, получили название **иерархических структур систем управления**.

В реальных системах управления технологическими процессами цель управления, определяемая формулой (1.1), практически никогда не выполняется точно.

Качество управления, в первую очередь, определяется значением **ошибки управления**:

$$e(t) = x(t) - y(t). \quad (1.2)$$

Возможные **причины погрешностей** управления:

- инерция и запаздывание, с которыми управляемая величина реагирует на управляющее воздействие;
- неточное задание модели объекта, на основании которой проводится проектирование системы управления;
- неполнота получаемой регулятором рабочей информации о текущем состоянии объекта управления и др.

Физически неполнота рабочей информации о состоянии объекта обусловлена тем, что регулятор контролирует лишь конечный эффект действия возмущений на объект – вызванное этими возмущениями нежелательное отклонение управляемой величины.

В течение промежутка времени между появлением какого – либо возмущения и началом вызванного этим возмущением отклонения управляемой величины регулятор бездействует несмотря на то, что фактическое состояние объекта уже меняется.

Неполнота рабочей информации о текущем состоянии объекта может быть в значительной степени устранена если осуществлять непосредственный оперативный контроль возмущений с вводом информации в контроллер.

Система (рисунок 1.5), где регулятор получает информацию об изменении возмущения $L_k(t)$, соответствующим образом преобразованную в блоке компенсации возмущения KV , получила название **системы регулирования с компенсацией возмущений.**

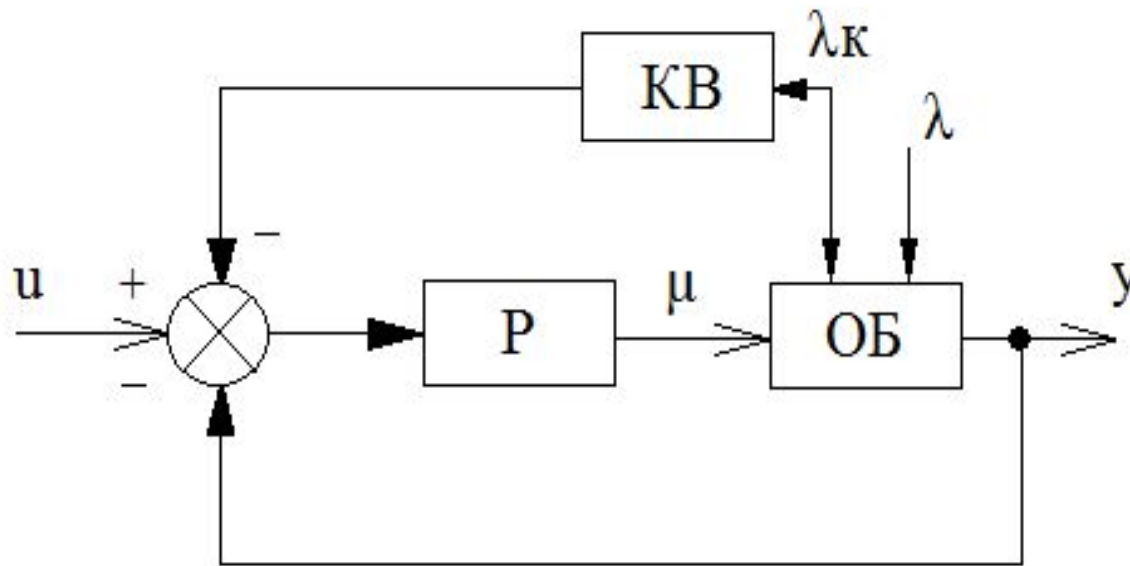


Рисунок 1.5 - Структурная схема системы регулирования с компенсацией возмущения.

Контроль и управление с компенсацией каждого возмущения приводит к необходимости введения дополнительного контролирующего контура.

Контролируемые неуправляемые возмущения – это возмущения, которые можно измерить, но не возможно или недопустимо стабилизировать.

Неконтролируемые возмущения – это возмущения, которые невозможно или нецелесообразно измерять непосредственно.

В этих случаях вместо непосредственного контроля возмущений можно осуществлять контроль соответствующим образом подобранных вспомогательных величин, характеризующих текущее изменение состояние объекта, вызванное действием этих возмущений.

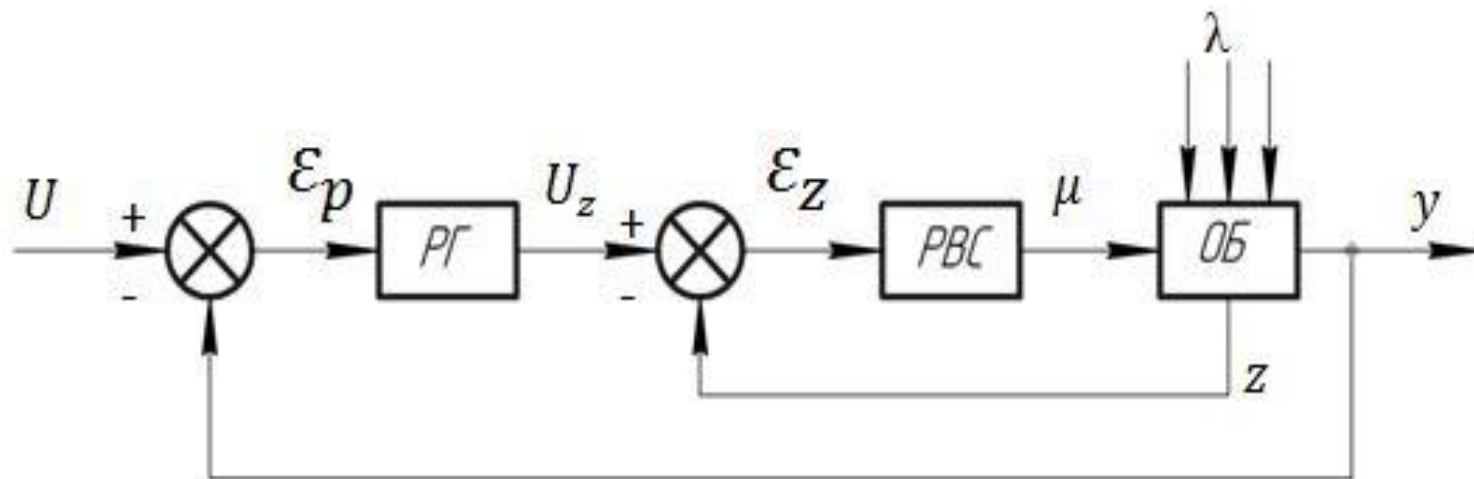


Рисунок 1.6 – Структурная схема каскадной системы регулирования с двумя регуляторами

В каскадной схеме регулирование осуществляется двумя соподчинёнными регуляторами – главным РГ и вспомогательным РВС.

Первый регулятор, контролируя основную регулируемую величину $y(t)$, формирует командное воздействие $uz(t)$ для второго, который на основании контроля отклонения вспомогательной регулируемой величины объекта $z(t)$ от $uz(t)$ вырабатывает регулирующее воздействие $\mu(t)$.

Используется и другой вариант, когда регулирование осуществляется одним регулятором, на вход которого, помимо отклонения основной регулируемой величины $y(t)$, подаётся сигнал от изменения вспомогательной регулируемой величины $z(t)$, предварительно надлежащим образом сформированный в формирующем блоке БФ – рисунок 1.7.

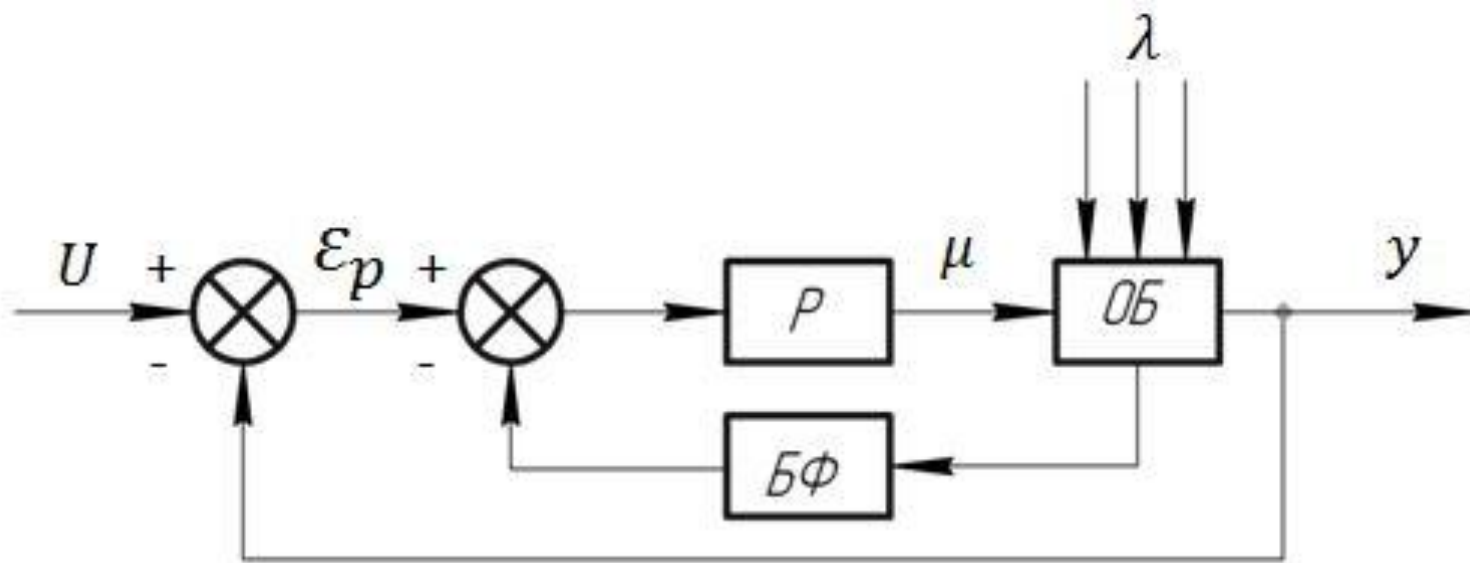


Рисунок 1.7 – Структурная схема каскадной системы регулирования с формирующим блоком для вспомогательной регулируемой величины.

Контроль каждой вспомогательной регулируемой величины объекта приводит к созданию дополнительного контура регулирования. **Системы с несколькими замкнутыми контурами называются многоконтурными.**

В каждом конкретном случае имеется своё целесообразное число уровней структуры систем управления. В частности, может оказаться, что необходимое качество управления достигается и при отсутствии командного блока, т.е. при $x(t) = u(t)$ (см. рисунок 1.4).

2. Структурная схема САР

Задачей системы автоматического регулирования (САР) является поддержание регулируемого параметра на заданном уровне.

Технологическими параметрами процессов в нефтяной и газовой промышленности являются: температура T , давление p , расход F , уровень L , показатель качества Q (плотность, вязкость и т.п.). Заданные значения параметров имеют индекс «0».

Таким образом, задача стабилизации технологических параметров в системе может быть представлена как:

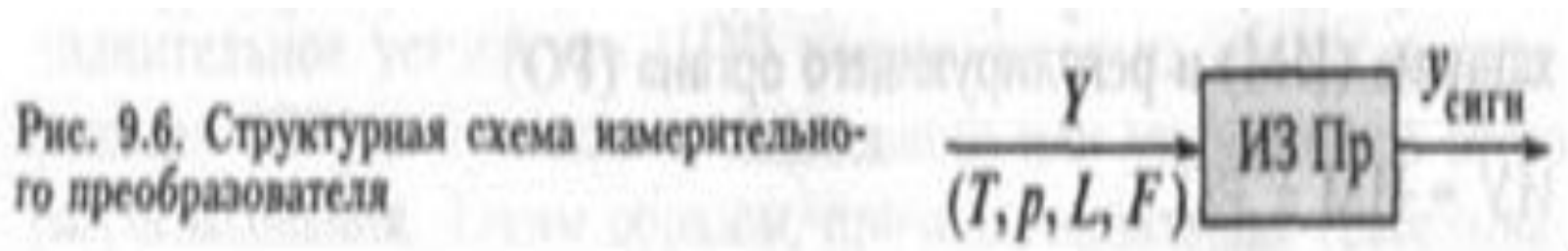
$$T = T_0; p = p_0; F = F_0; L = L_0, Q = Q_0.$$

Основными элементами САР являются: измерительный преобразователь, нормирующий преобразователь, датчик, контроллер или автоматический регулятор, исполнительное устройство.

Измерительный преобразователь предназначен для измерения параметра и преобразования его в сигнал в форме, удобной для передачи.

Измерительная информация представляется преобразователями обычно в виде сигналов постоянного или переменного тока или напряжения, или давления сжатого воздуха.

Примером измерительного преобразователя может служить термопара. Входным параметром термопары является температура в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$), а на выходе мы имеем термоэлектродвижущую силу - ТЭДС в милливольтгах (мВ).



Нормирующий преобразователь предназначен для получения стандартного (унифицированного) сигнала.

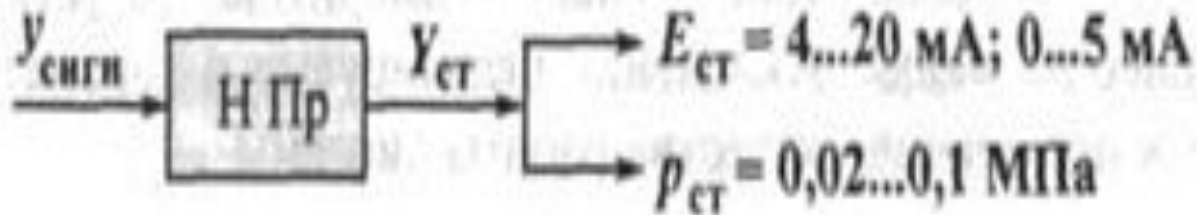


Рис. 9.7. Структурная схема нормирующего преобразователя

В нормирующих преобразователях для преобразования используются дополнительные источники энергии: электричество или давление сжатого воздуха.

- **Датчик** (рис. 9.8) преобразует регулируемый параметр в стандартный сигнал. Датчик включает в себя измерительный преобразователь и нормирующий преобразователь.

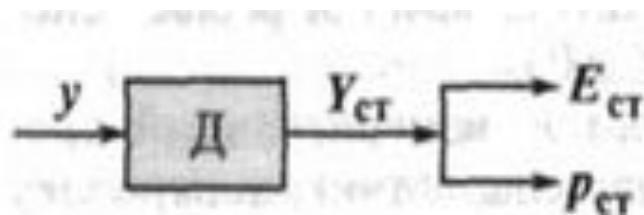


Рис. 9.8. Структурная схема датчика

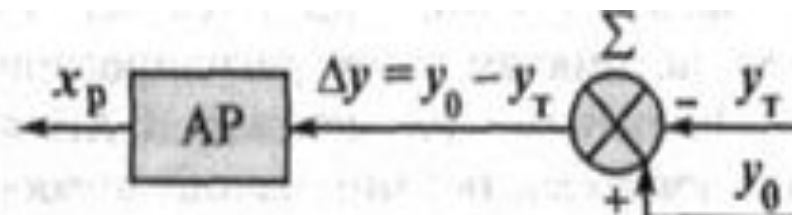


Рис. 9.9. Структурная схема автоматического регулятора

Автоматический регулятор (рис. 9.9) предназначен для выработки регулирующего воздействия x_p .

- На автоматический регулятор поступают два сигнала - текущее значение регулируемого параметра y_T и заданное значение регулируемого параметра y_0 , установленное оператором.

Автоматический регулятор сравнивает эти два значения, определяет отклонение текущего значения y_T от заданного y_0 и, в случае наличия рассогласования

$$\Delta y = y_0 - y_T,$$

вырабатывает регулирующее воздействие x_p , направленное на устранение данного рассогласования.

Рис. 9.10. Структурная схема исполнительного устройства

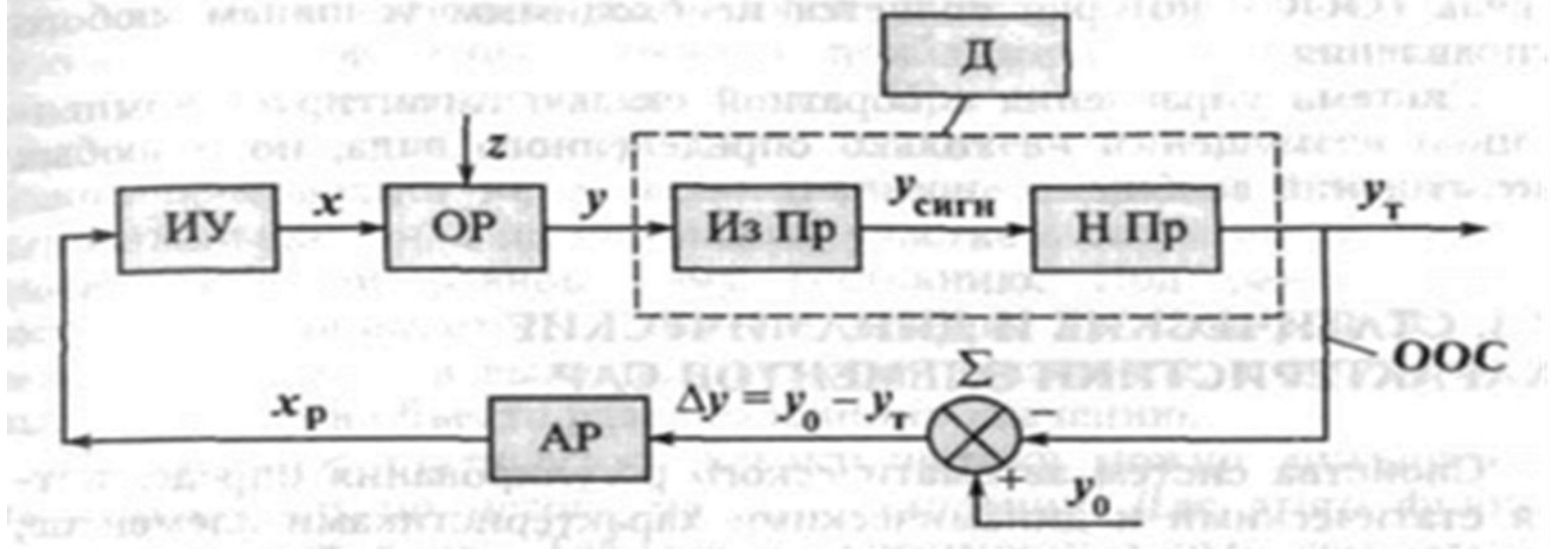
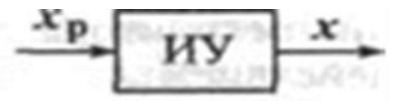


Рис. 9.11. Структурная схема САР

Структурная схема САР представляет собой замкнутую цепь, состоящую из объекта регулирования (ОР), измерительного преобразователя (Из Пр), нормирующего преобразователя (Н Пр), автоматического регулятора (АР) и исполнительного устройства (ИУ).



3. Статические и динамические характеристики элементов САР

Свойства систем автоматического регулирования определяются статическими и динамическими характеристиками элементов, входящих в систему, а также связями между элементами.

Статической характеристикой элемента называется зависимость его выходной величины y от входной x в равновесных состояниях, т.е. $y = f(x)$.

Статическая характеристика может быть представлена уравнением, графиком или таблицей. Обычно уравнения статики являются алгебраическими.

- Статическая характеристика может быть линейной (рис. 9.12, а) или нелинейной (рис. 9.12, б).



Уравнение линейной статической характеристики имеет вид: $y = k \cdot x$,

где $k = \operatorname{tg} \alpha$ - коэффициент усиления.

Коэффициент усиления имеет размерность.

Динамической характеристикой элемента называют функцию $y(t)$ - изменение во времени выходной величины y при скачкообразном изменении входа x (так называемый переходный режим).

Динамическая характеристика элемента может быть получена:

или аналитическим методом путём составления дифференциального уравнения на основании принципов и физических законов, положенных в основу действия элемента; **или практически в виде графика кривой** - реакции элемента на скачкообразное изменение входной величины.

- Реакцию элемента на скачкообразное изменение входной величины называют *временной или переходной характеристикой* (в среде специалистов – *кривой разгона*).

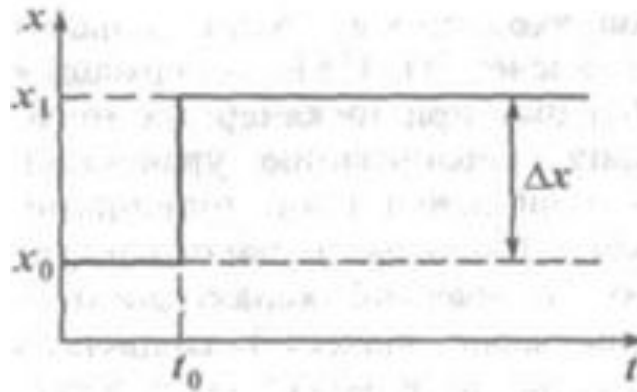


Рис. 9.13. График скачкообразного изменения входной величины

До момента времени t_0 входная величина равна x_0 . В момент t_0 она скачкообразно изменяется на величину Δx , т.е.

$$\begin{cases} x = x_0 & \text{при } t < t_0; \\ x = x_1 & \text{при } t > t_0. \end{cases}$$

По кривой разгона, посредством её аппроксимации, получается дифференциальное уравнение, которое является математической моделью элемента.

В практике работы в области автоматизации в качестве математической модели элементов и объектов, в целом, чаще используется передаточная функция.

Передаточная функция – это отношение изображения по Лапласу выходной величины к изображению по Лапласу входной величины.

4. Устойчивость и качество САР

4.1 Типовые динамические звенья

Для исследования различных по природе и конструкции систем регулирования с помощью единого математического аппарата их представляют в виде структурных схем. Такие **схемы содержат динамические звенья и различные способы их соединения.**

В основу классификации звеньев положены соответствующие уравнения динамики.

Под динамическим звеном понимают уравнение динамики, которым можно представить различные по физической природе и конструкции элементы САР.

Динамические звенья называют элементарными, так как они не могут быть разложены на более простые. А так как каждое из них (в зависимости от его динамических свойств) может быть отнесено к тому или иному типу, их называют также типовыми.

Динамические звенья называют типовыми, если изменение проходящего через них сигнала описывается алгебраическим или дифференциальным уравнением не выше второго порядка, имеют одну входную и одну выходную величину.

Типовыми звеньями являются: усилительное, апериодическое, колебательное, интегрирующее, дифференцирующее, запаздывающее.

- **Усилительное это звено, у которого выходная величина y изменяется во времени по тому же закону, что и входная величина x . Это значит, что в любой момент времени между входом и выходом сохраняется **пропорциональная зависимость**, определяемая коэффициентом усиления k , т.е. $\Delta y = k \cdot \Delta x$.**

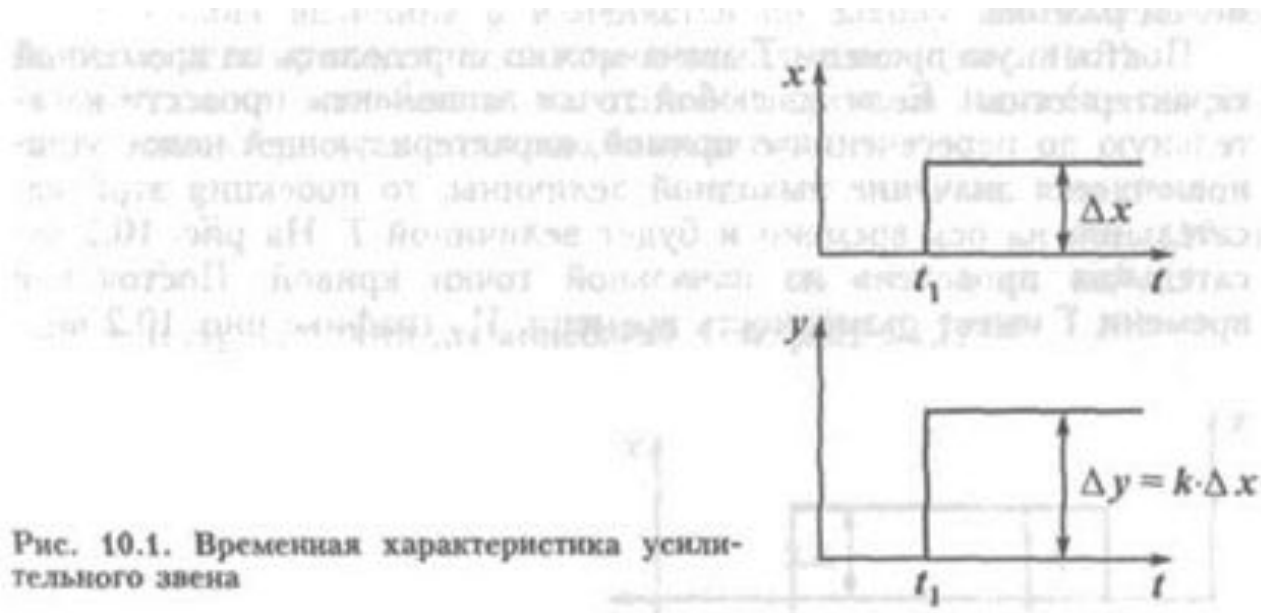


Рис. 10.1. Временная характеристика усилительного звена

- **Апериодическое это звено**, которое описывается дифференциальным уравнением первого порядка вида

$$T \frac{d\Delta y}{dt} + \Delta y = k \cdot \Delta x \quad ,$$

где T - постоянная времени звена, k - коэффициент усиления.

Решение уравнения при скачкообразном изменении входной величины имеет вид:

$$\Delta y = k \cdot \Delta x (1 - e^{-\frac{t}{T}}) .$$

Временная характеристика апериодического звена, построенная по данному выражению , представлена является экспонентой.

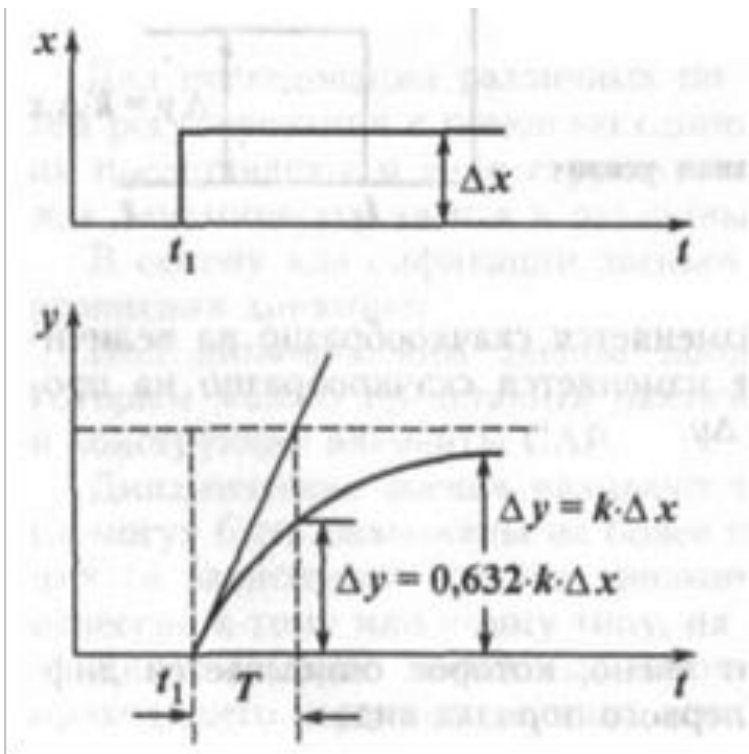


Рис. 10.2. Временная характеристика аperiodического звена

Переходный процесс заканчивается за время, в течение которого отклонение y достигает 95 % от максимального отклонения, соответствующего новому состоянию равновесия звена. Это время, равное обычно $3T$, называют временем разгона.

Постоянную времени T звена можно определить из временной характеристики. Если провести касательную до пересечения с прямой, характеризующей новое установившееся значение выходной величины, то проекция этой касательной на ось времени и будет величиной T .

Время T - отклонение выходной величины под действием скачкообразного изменения входной величины достигает 63,2% от максимального отклонения.

- **Колебательное это звено, у которого после скачкообразного изменения входной величины x изменение выходной y имеет форму затухающих колебаний.**

Динамические свойства такого звена выражаются дифференциальным уравнением вида:

$$T_2^2 \frac{d^2(\Delta y)}{dt^2} + T_1 \frac{d\Delta y}{dt} + \Delta y = k \cdot \Delta x .$$

Решение этого уравнения определяет временную характеристику колебательного звена.

При решении уравнения корни характеристического уравнения получаются в виде комплексных или действительных чисел.

Выходная величина y изменяется по закону колебательного затухающего процесса, если корни комплексные.

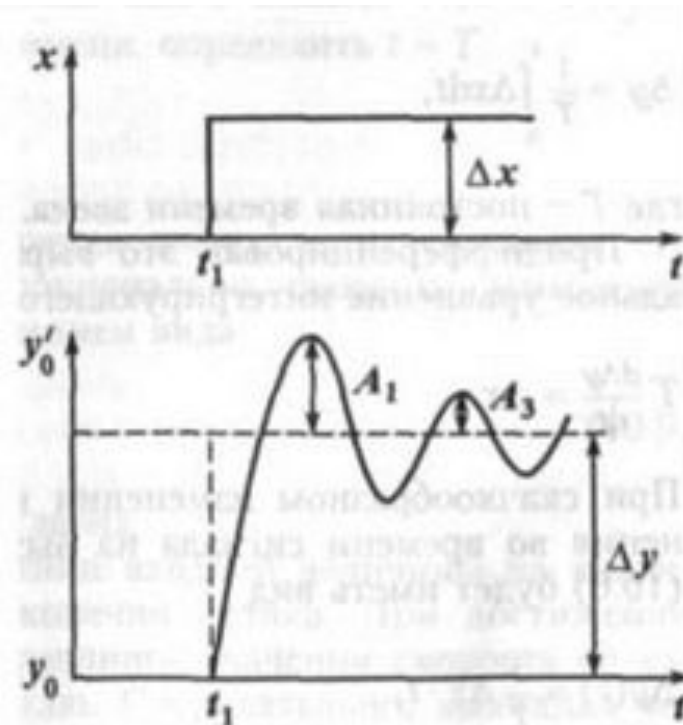


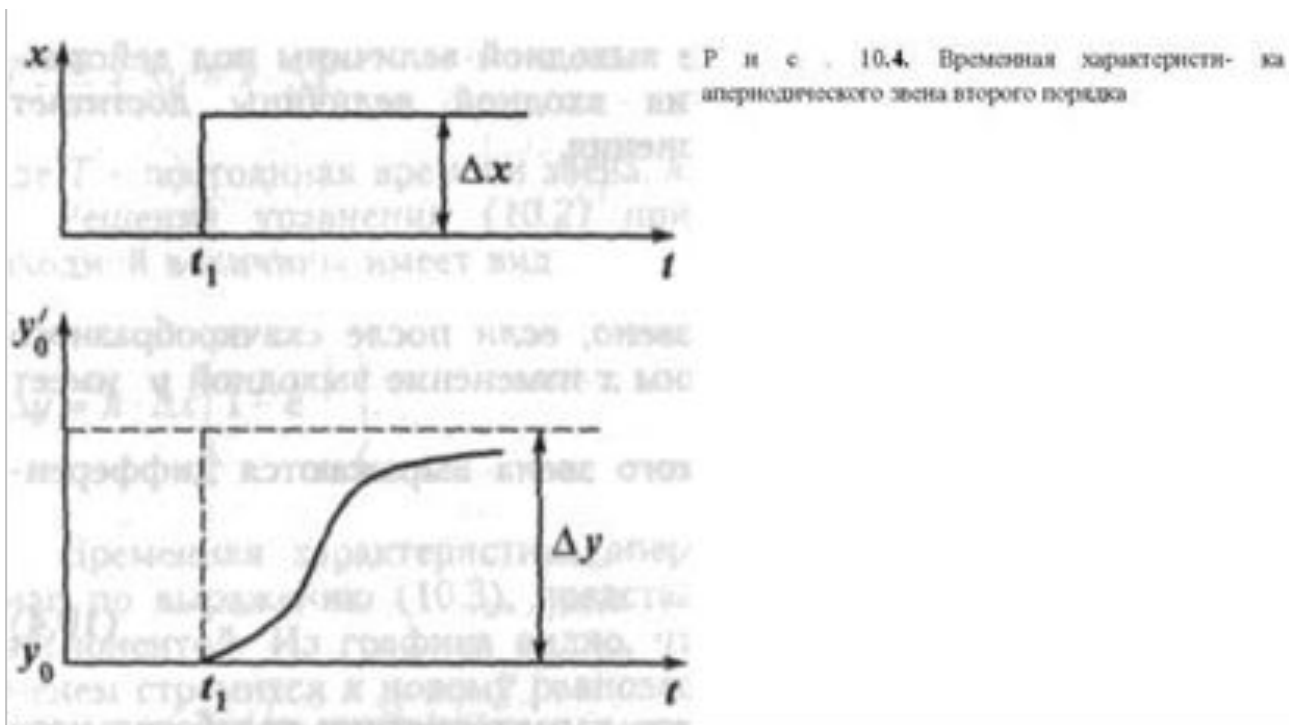
Рис. 10.3. Временная характеристика колебательного звена

- Затухание колебаний выходной величины колебательного звена характеризуют степенью затухания.

$$\Psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1},$$

где A_1 и A_3 - амплитуды колебаний.

В случае действительных корней колебания на выходе звена отсутствуют. Это **апериодическое звено второго порядка**.



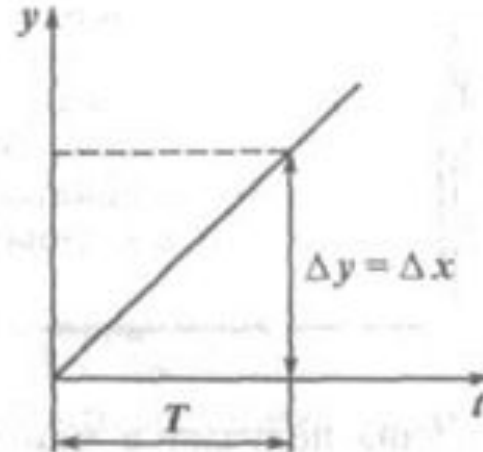
- **Интегрирующее** это звено, у которого выходная величина y пропорционален интеграла по времени от входной величины x , т.е.

$$\Delta y = \frac{1}{T} \int_0^t \Delta x dt,$$

где T - постоянная времени звена.

Временная характеристика интегрирующего звена:

Рис. 10.5. Временная характеристика интегрирующего звена





При скачкообразном изменении входной величины сигнал на выходе звена будет иметь вид

$$\Delta y(t) = \frac{1}{T} \Delta x \cdot t.$$

Постоянную времени можно определить из временной характеристики звена. Для этого достаточно по оси ординат отложить значение Δy , численно равное Δx , и по точке пересечения временной характеристики с прямой, соответствующей Δx и параллельной оси времени, определить $t = T$.

- **Дифференцирующее это звено**, у которого изменение выходной величины y пропорционально скорости изменения входной x и описывается уравнением вида:

$$\Delta y = k \frac{d(\Delta x)}{dt},$$

где k - коэффициент усиления звена.

Выходная величина получает в момент изменения мгновенный импульс, величина которого изменяется от нуля до бесконечности и снова возвращается к нулю.

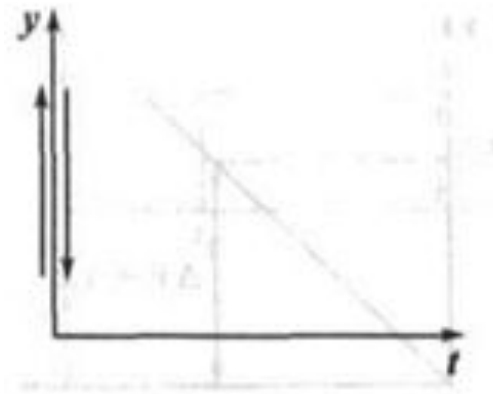


Рис. 10.6. Временная характеристика идеального дифференцирующего звена

- На практике ни одно реальное звено не может в точности удовлетворить ему, так как в реальных условиях невозможны мгновенные процессы. Для **реального дифференцирующего звена** зависимость между изменениями входной и выходной величин определяется уравнением

$$T \frac{d(\Delta y)}{dt} + \Delta y = kT \frac{d(\Delta x)}{dt},$$

где T - постоянная времени звена.

Такое звено представляет собой сочетание (последовательное соединение) апериодического и идеального дифференцирующего звеньев.

- Решение дифференциального уравнения имеет вид

$$\Delta y = k \cdot \Delta x e^{-\frac{t}{T}}.$$

Временная характеристика при скачкообразном изменении x :

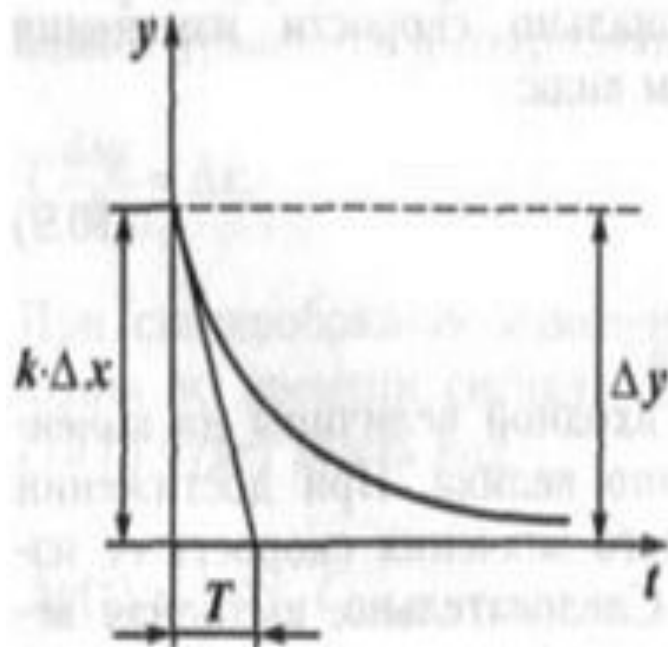


Рис. 10.7. Временная характеристика реального дифференцирующего звена



В момент изменения x выходная величина возрастает до значения, пропорционального коэффициенту усиления k , а затем убывает по экспоненте. При $t \rightarrow \infty$ величина $\Delta y \rightarrow 0$.

Реальное дифференцирующее звено характеризуется двумя параметрами: коэффициентом усиления k и постоянной времени T . Зная значения k , T и Δx , можно построить временную характеристику.

С другой стороны, по имеющейся временной характеристике можно определить k и T , как показано на рисунке.

- **Звено запаздывания.** В системах автоматического регулирования некоторые объекты передают воздействие с входа на выход с некоторым запаздыванием.

Интервал времени между моментом изменения входного сигнала и началом изменения выходной величины называется **временем запаздывания и обозначается τ .**

Для характеристики таких объектов введено понятие **эвена запаздывания.**

Уравнение звена запаздывания записывается в виде

$$y(t) = x(t - \tau),$$

где τ - время чистого запаздывания.

- ## 5. Законы регулирования

В промышленных системах находят применение три основных аналоговых закона регулирования: пропорциональный (П), пропорционально-интегральный (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) законы регулирования.

Пропорциональные - это регуляторы, у которых регулирующее воздействие x_p изменяется пропорционально изменению входной величины - рассогласованию Δy .

$$x_p = k\Delta y,$$

где k - коэффициент пропорциональности регулятора, являющийся его настроечным параметром.

При возмущающих воздействиях П - регулятор приводит объект в равновесное состояние, но со статической ошибкой.

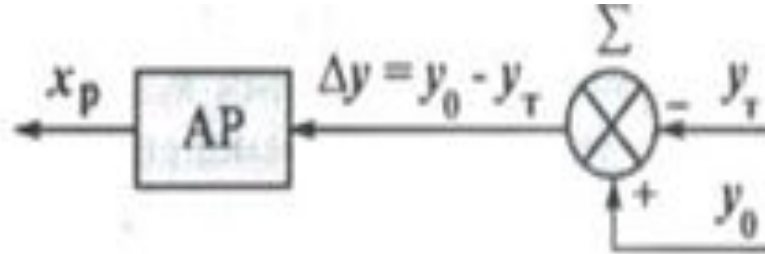


Рис. 11.4. Структурная схема автоматического регулятора

Основным достоинством П-регуляторов является наличие пропорциональной зависимости между скоростью перемещения регулирующего органа и скоростью изменения регулируемого параметра

- **Пропорционально-интегральными** называются регуляторы, у которых изменение выходной величины x_p пропорционально как изменению входной величины Δy , так и интегралу её изменения:

$$x_p = k\Delta y + \frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t \Delta y dt,$$

где k - коэффициент усиления регулятора, $T_{\text{и}}$ - время интегрирования, настроечные параметрами регулятора.

Выходная величина складывается из двух составляющих: пропорциональной – П и интегральной – И, которая отрабатывает статическую погрешность П – регулятора.

- **Пропорционально-интегрально -дифференциальные регуляторы** (ПИД-регуляторы) имеют вид

$$x_p = k\Delta y + \frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t \Delta y dt + T_{\text{д}} \frac{dy}{dt},$$

где k - коэффициент усиления; $T_{\text{и}}$ - время интегрирования; $T_{\text{д}}$ - время дифференцирования, которые являются настроечными параметрами регулятора.

При наличии Д-составляющей выходная величина регулятора x_p изменяется с некоторым опережением относительно входной величины, пропорциональным скорости её изменения dy/dt .

ПИД-регулятор можно рассматривать как систему, состоящую из параллельно соединенных усилительного, интегрирующего и идеального дифференцирующего звеньев.

- **6. Выбор типа автоматического регулятора.**

Тип автоматического регулятора (закон регулирования) выбирается с учётом свойств объекта регулирования и заданных показателей качества переходного процесса: перерегулирование (не более 20%), статическая ошибка (не более 5%), время регулирования (не более 3- T).

При выборе закона регулирования учитывается величина отношения постоянной времени объекта T к времени запаздывания x , т.е. T/τ :

$T/\tau > 1,0$ - П-регулятор;

$10 > T/\tau > 7,5$ - ПИ-регулятор;

$7,5 > T/\tau > 3$ - ПИД-регулятор.

- **7. Влияние параметров настройки на показатели качества регулирования**

Влияние параметров настройки регулятора на форму переходного процесса рассмотрим на примере САР с ПИД-регулятором:

$$x_p = k\Delta y + \frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t \Delta y dt + T_{\text{д}} \frac{dy}{dt}.$$

7.1. Влияние изменения коэффициента усиления k .

Рассмотрим два вида переходных процессов для различных значений коэффициентов усиления.

Переходные процессы:

1 - коэффициент усиления k_1 ;

2 - коэффициент усиления $k_2 > k_1$.

- Вывод: увеличение коэффициента усиления приводит к увеличению динамической ошибки (увеличивается $U_{\text{дин } 2} > U_{\text{дин } 1}$) и уменьшению времени регулирования $t_{p2} < t_{p1}$.

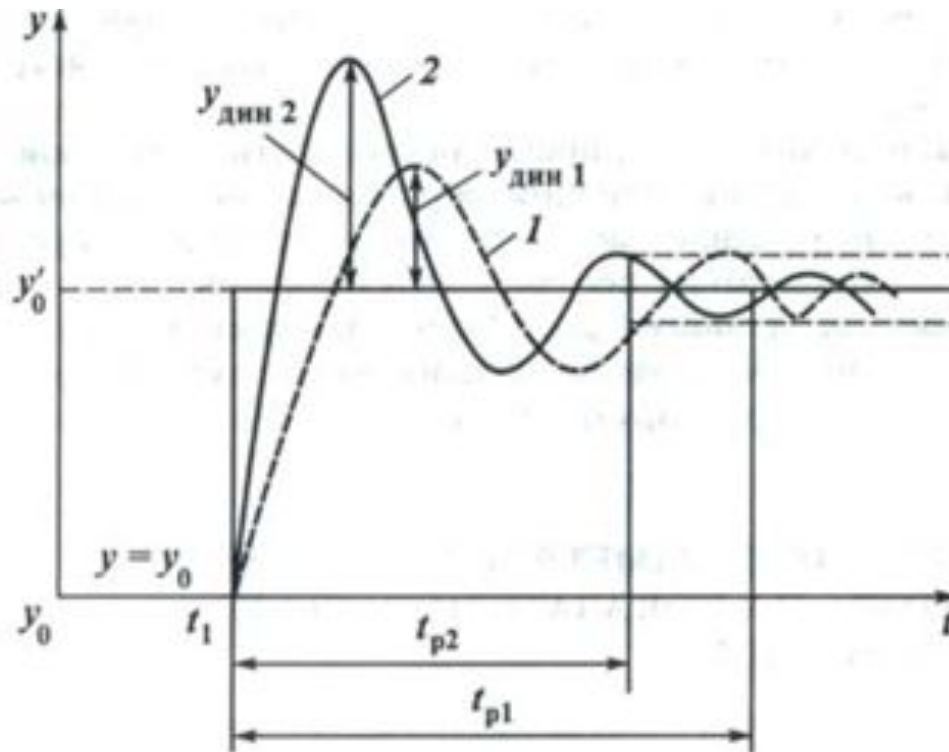


Рис. 11.5. Влияние коэффициента усиления k на показатели качества переходных процессов

- **7.2. Влияние изменения времени интегрирования $T_{и}$.**

Время интегрирования переходного процесса $1 - T_{и1}$ и переходного процесса $2 - T_{и2}$; $T_{и2} > T_{и1}$.

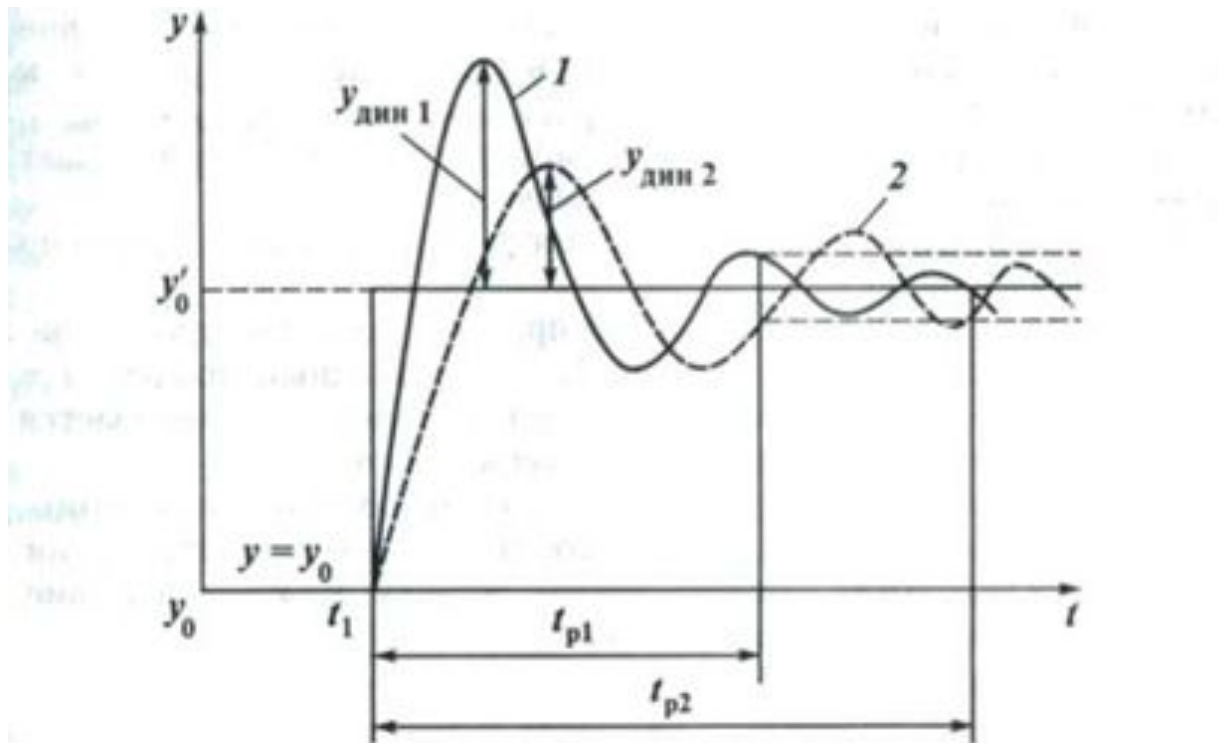


Рис. 11.6. Влияние времени интегрирования $T_{и}$ на показатели качества переходных процессов

- Увеличение времени интегрирования уменьшает воздействие регулятора на объект регулирования и, как следствие, приводит к изменению показателей качества регулирования:

$$u_{\text{дин } 2} < u_{\text{дин } 1}; t_{p 2} > t_{p 1},$$

т.е. увеличение времени интегрирования $T_{\text{и}}$ затягивает продолжительность переходного процесса.

При этом, устраняется статическая погрешность в обоих случаях.

• 7.3 Влияние изменения времени дифференцирования.

Переходный процесс 1 получен для T_d , переходный процесс 2 - для $T_{d2} > T_{d1}$. Результат: динамическая ошибка увеличивается $y_{дин 2} > y_{дин 1}$, время регулирования уменьшается $t_{p2} < t_{p1}$.

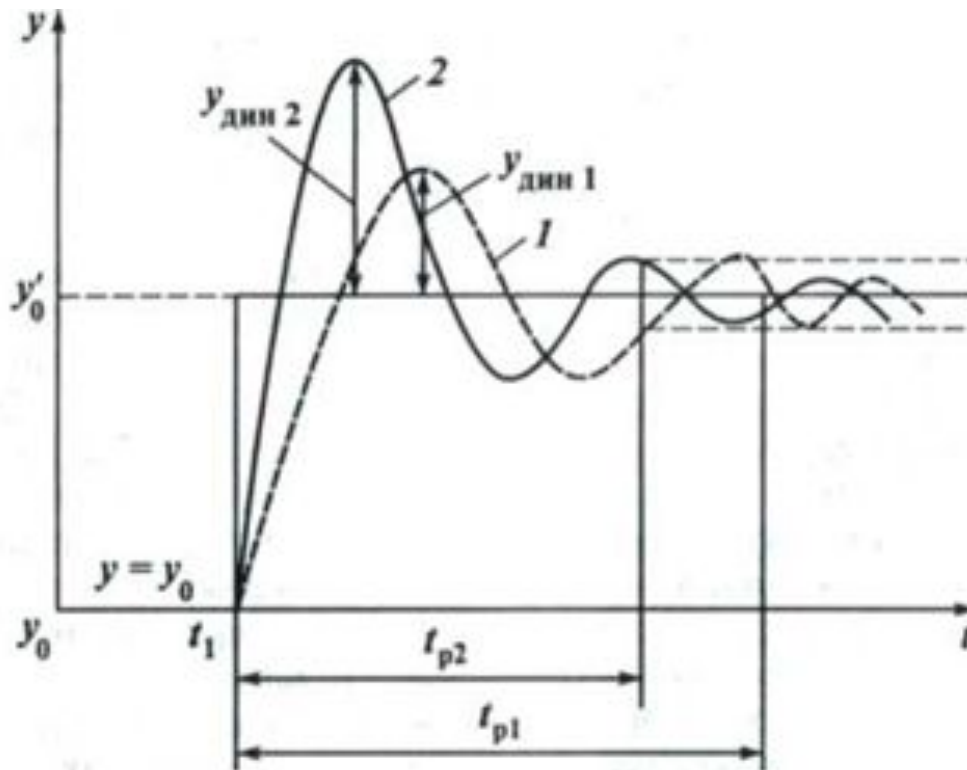


Рис. 11.7. Влияние времени дифференцирования T_d на показатели качества переходных процессов

Меняя настроечные параметры регулятора, можно получить желаемые показатели качества регулирования: время регулирования, динамическую и статическую ошибки.

Развитие автоматизации технологических процессов – основа перехода на новый технологический уклад экономики России.