

## ОБЪЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Автоматизация технологических процессов невозможна без детального изучения объектов технологических процессов. Под объектами технологических процессов понимается совокупность технических средств и устройств, подлежащих автоматизации.

Для облегчения работы с разнообразными объектами управления их разбивают на группы:

- статические объекты;
- динамические объекты;
- линейные объекты;
- нелинейные объекты;
- непрерывные объекты;
- дискретные объекты;
- стационарные объекты;
- нестационарные объекты;
- объекты с сосредоточенными параметрами;
- объекты с распределенными параметрами.

## СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Любой технологический процесс как объект регулирования (рисунок 3.1) характеризуется следующими основными группами переменных:

1. *Переменные, характеризующие состояние процесса* (совокупность их будем обозначать вектором  $u$ ). Эти переменные в процессе регулирования необходимо поддерживать на заданном уровне или изменять по заданному закону. Точность поддержания переменных состояния может быть различной, в зависимости от требований, диктуемых технологией, и возможностей системы регулирования. Как правило, переменные, входящие в вектор  $u$ , измеряют непосредственно, но иногда их можно вычислить, используя модель объекта по другим непосредственно измеряемым переменным. Вектор  $u$  часто называют вектором регулируемых величин.

2. *Переменные, изменением которых система регулирования может воздействовать на объект с целью управления.* Совокупность этих переменных обозначают вектором  $x_p$  (или  $u$ ) регулирующих воздействий. Обычно регулирующими воздействиями служат изменения расходов материальных потоков или потоков энергии.

3. *Переменные, изменения которых не связаны с воздействием системы регулирования.* Эти изменения отражают влияние на регулируемый объект внешних условий, изменения характеристик самого объекта и т. п. Их называют возмущающими воздействиями и обозначают вектором  $x_e$  или  $z$ . Вектор возмущающих воздействий, в свою очередь можно разбить на две составляющие – первую можно измерить, а вторую – нельзя. Возможность измерения возмущающего воздействия позволяет ввести в систему регулирования дополнительный сигнал, что улучшает возможности системы.

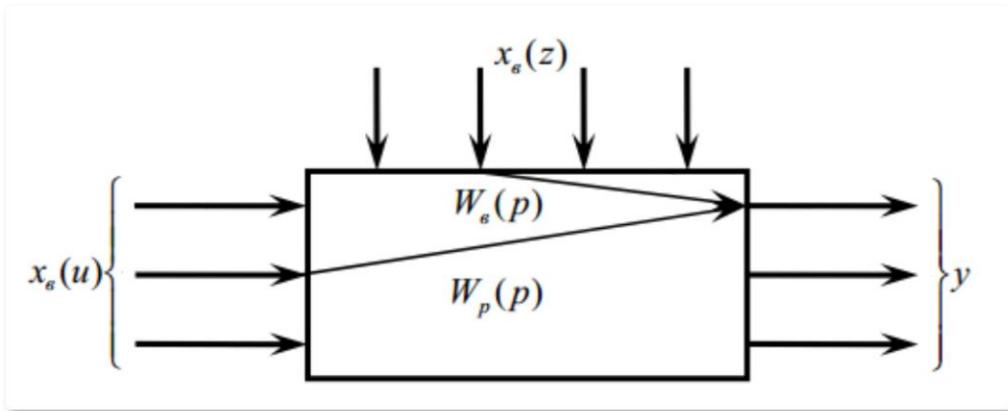


Рисунок 3.1 – Структурная схема объекта регулирования

Анализ технологического процесса как объекта автоматического регулирования предполагает оценку его статических и динамических свойств по каждому из каналов от любого возможного управляющего воздействия к любому возможному регулируемому параметру, а также оценку аналогичных характеристик по каналам связи регулируемых переменных с составляющими вектора возмущений. В ходе такого анализа необходимо выбрать структуру системы регулирования, т. е. решить, с использованием какого регулирующего воздействия следует управлять тем или иным параметром состояния. В результате во многих случаях (далеко не всегда) удается выделить контуры регулирования для каждой из регулируемых величин.

**Простейшие объекты автоматизации** имеют одну выходную величину  $Y$  и соответственно, одно входное воздействие  $X$  (рисунок 3.2). Например, у водонагревателя-термоса выходной величиной (параметром) является температура воды  $\theta_B$  а управляющим воздействием – электрическое напряжение  $U_C$  подаваемое на электронагреватели.

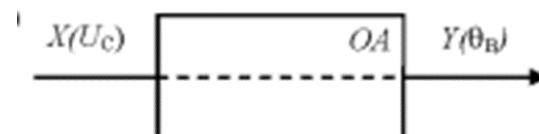


Рисунок 3.2 – Структура простейшего объекта автоматизации

К **простым** можно отнести также технологические установки с несколькими входными и выходными координатами, если между этими координатами не существует функциональных взаимозависимостей (рисунок 3.3, а). Такой объект можно рассматривать как несколько простейших по соответствующим параметрам и каналам входных воздействий. Простые объекты могут иметь также несколько входных и одну выходную (рисунок 3.3, б).

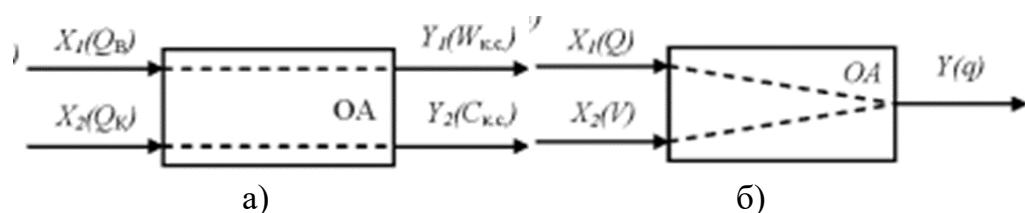


Рисунок 3.3 – Структурные схемы простых объектов автоматизации

**Сложные объекты** с несколькими взаимосвязанными структурами входных и выходных координат требуют учета взаимного влияния смежных воздействий и параметров (рисунок 3.4).

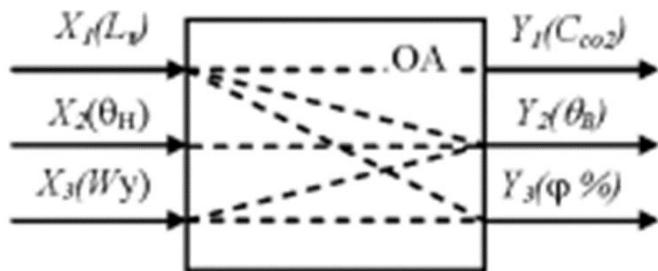


Рисунок 3.4 – Структура сложного объекта автоматизации

Обобщенные координаты OA связаны между собой функциональной зависимостью. Объект регулирования может находиться в состоянии равновесия при условии равенства поступления в объект и выхода из него вещества или энергии.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Статической характеристикой объекта автоматизации (OA) называется зависимость выходной переменной от входной в статическом состоянии  $y=f(x)$ . Статическую характеристику можно представить в виде алгебраических уравнений, таблиц или графиков. Она может быть линейной и нелинейной.

Статическая характеристика является линейной, если она описывается линейным уравнением, а ее график представляет собой прямую линию (рисунок 3.5, а).

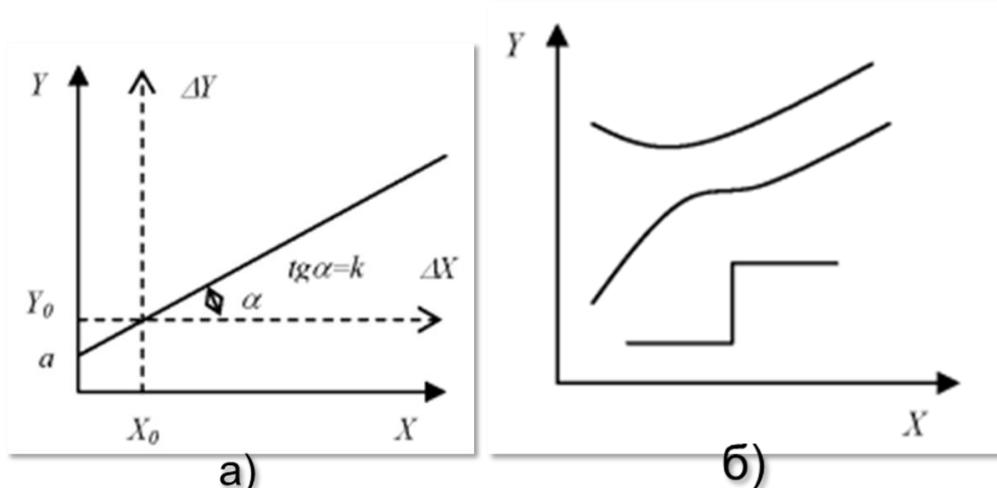


Рисунок 3.5 – Статические характеристики объекта автоматизации

В этом случае, статическая линейная характеристика описывается уравнением:

$$Y = a + kX,$$

где  $a$  и  $k$  - постоянные величины.

Линейная статическая характеристика оценивается углом ее наклона, тангенс которого равен коэффициенту усиления  $k$  элемента. Коэффициент усиления показывает, во сколько раз изменение выходной величины больше или меньше изменения входной величины, и, следовательно, может быть как больше, так и меньше единицы. Размерность  $k$  зависит от размерности переменных. Только если они имеют одинаковую размерность  $k$  является безразмерной величиной.

Если график нелинейной характеристики изображается в виде кривой или ломаной линии (рисунок 3,5, б), то она описывается нелинейным уравнением.

Статические характеристики ОА необходимы для правильного выбора параметров установок и машин при проектировании технологического процесса, для определения нормальных режимов работы оборудования, оптимизации технологических процессов и конструирования объектов с заранее заданными свойствами.

Функционирование реальных технологических установок характеризуется наличием различных возмущений. Этими возмущениями могут быть: изменение скоростей подачи материала, колебания температур, изменение физико-механических свойств материала, влияние износа и старения оборудования, наводки и шумы по каналу управления и ряд других факторов, а также различных их комбинаций.

Для обеспечения управляемости объекта в структуре объекта автоматизации необходимо **наличие регулирующего органа (РО)** - устройства, обеспечивающего целенаправленное воздействие на объект управления, в результате чего он переходит в требуемое состояние. Воздействие на регулирующий орган осуществляется **исполнительным механизмом (ИМ)**. Схема управляемости ОА приведена на рисунке 3,6.

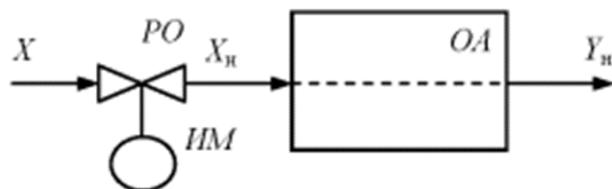


Рисунок 3.6 – Схема обеспечения управляемости объекта автоматизации

Таким образом, объект управления характеризуется совокупностью трех координат, определяющих его текущее состояние:

1) **Выходной параметр  $Y$** , характеризующий обобщенный технико-экономический показатель, которым оценивают качество и экономическую

эффективность работы объекта. Этот показатель является определяющим при выборе технологического режима управления.

2) **Управляющие воздействия  $X$**  ( $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ ), при помощи которых поддерживается заданный технологический режим процесса (значения входных параметров ограничены технологическими условиями процесса).

$$X_{j \min} \leq X_j \leq X_{j \max} (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

3) **возмущающие воздействия  $F$**  ( $F_1, F_2, \dots, F_m$ ), характеризующие часовые, суточные и сезонные изменения параметров объекта управления, которые могут принимать значения, выходящие за допустимые пределы.

Для автоматического управления объектом важно знать его статическую характеристику и динамические свойства, которые влияют на устойчивость и качество регулирования.

Параметры объекта принято определять по динамической характеристике, представляющей собой изменение регулируемой величины во времени при скачкообразном изменении положения регулирующего органа. Динамическая характеристика определяет продолжительность и характер процесса изменения выходной переменной объекта во времени при переходе объекта из одного установившегося состояния в другое и описывается уравнением вида  $Y = f(X, t)$  где  $t$  - время. Изменение регулируемой величины зависит от свойств объекта и от характера возмущения.

Для представления динамических характеристик объектов могут использоваться **переходная характеристика** и **передаточная функция**.

**Переходной характеристикой** объекта  $Y(t)$  называется динамическая характеристика, определяющая изменение выходной величины объекта во времени при входном ступенчатом воздействии. Переходная характеристика, получаемая при  $x(t) = 1(t)$ , называется **переходной функцией**.

Удобство переходной характеристики основано на применимости к линейным системам **принципа суперпозиции**. В соответствии с этим принципом при подаче на линейную систему совокупности различных воздействий ее реакция равна сумме реакций на каждое из этих воздействий в отдельности. Следовательно, зная переходную функцию объекта как реакцию на единичное входное ступенчатое воздействие, можно определить его реакцию на любое другое входное воздействие, предварительно представив его с определенным приближением в виде совокупности единичных входных ступенчатых воздействий.

При необходимости математического описания объекта автоматизации принято использовать передаточную функцию, получаемую из дифференциального уравнения динамики объекта.

**Передаточной функцией  $W(P)$**  называется отношение изображения Лапласа выходной величины к изображению Лапласа входного воздействия при нулевых начальных условиях.

Каждый технологический процесс как объект управления имеет обобщенные входную (воздействие) и выходную (параметр) координаты, между

которыми во времени существует функциональная связь. В свою очередь, каждая из координат может быть заменена другой, связанной с ней непрерывной взаимно однозначной функциональной зависимостью.

Функциональная зависимость между указанными координатами объектов управления во времени для идеализированных физических процессов выражается однотипными дифференциальными уравнениями.