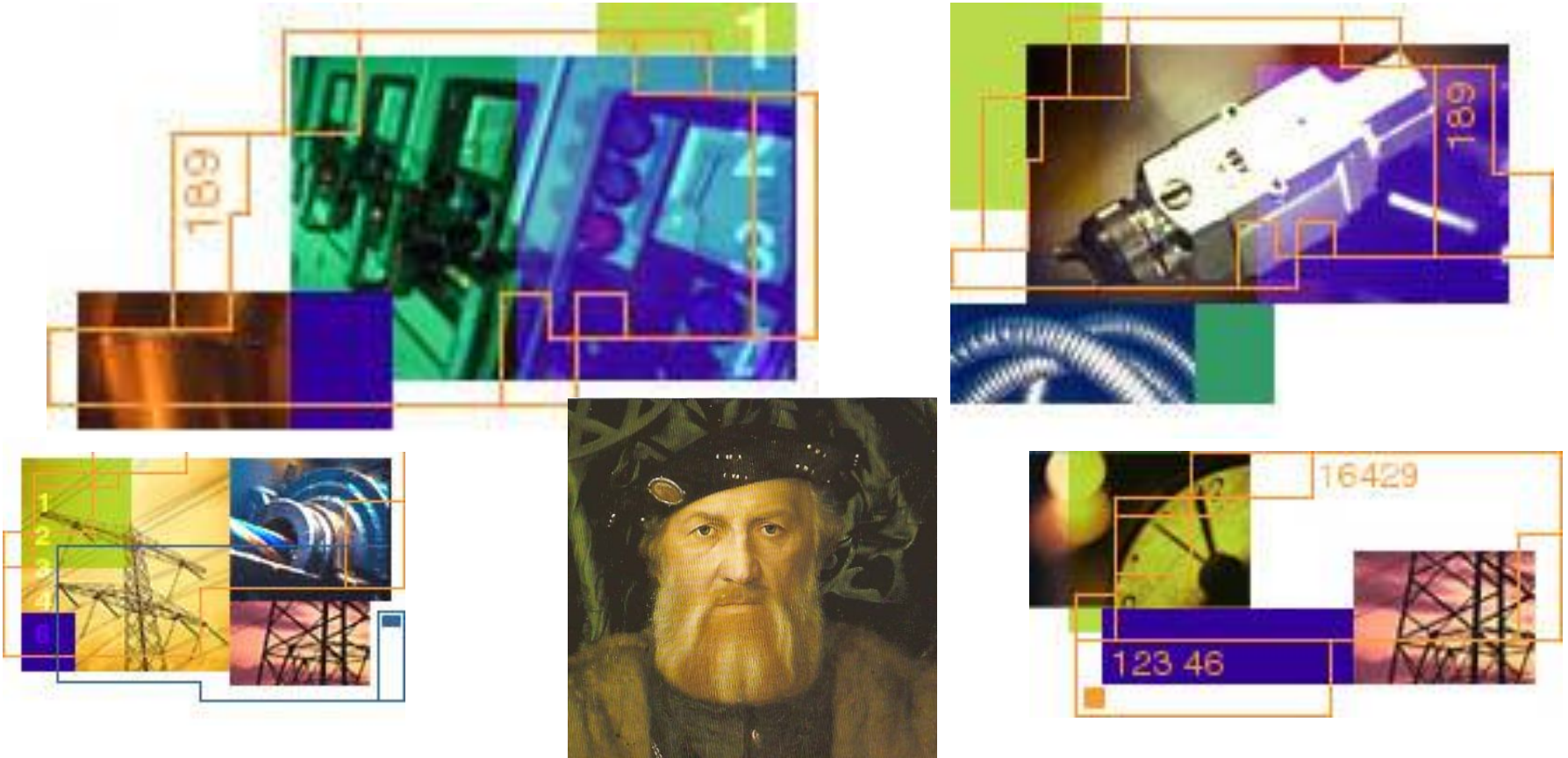


АВТОМАТИКА

Курс лекций



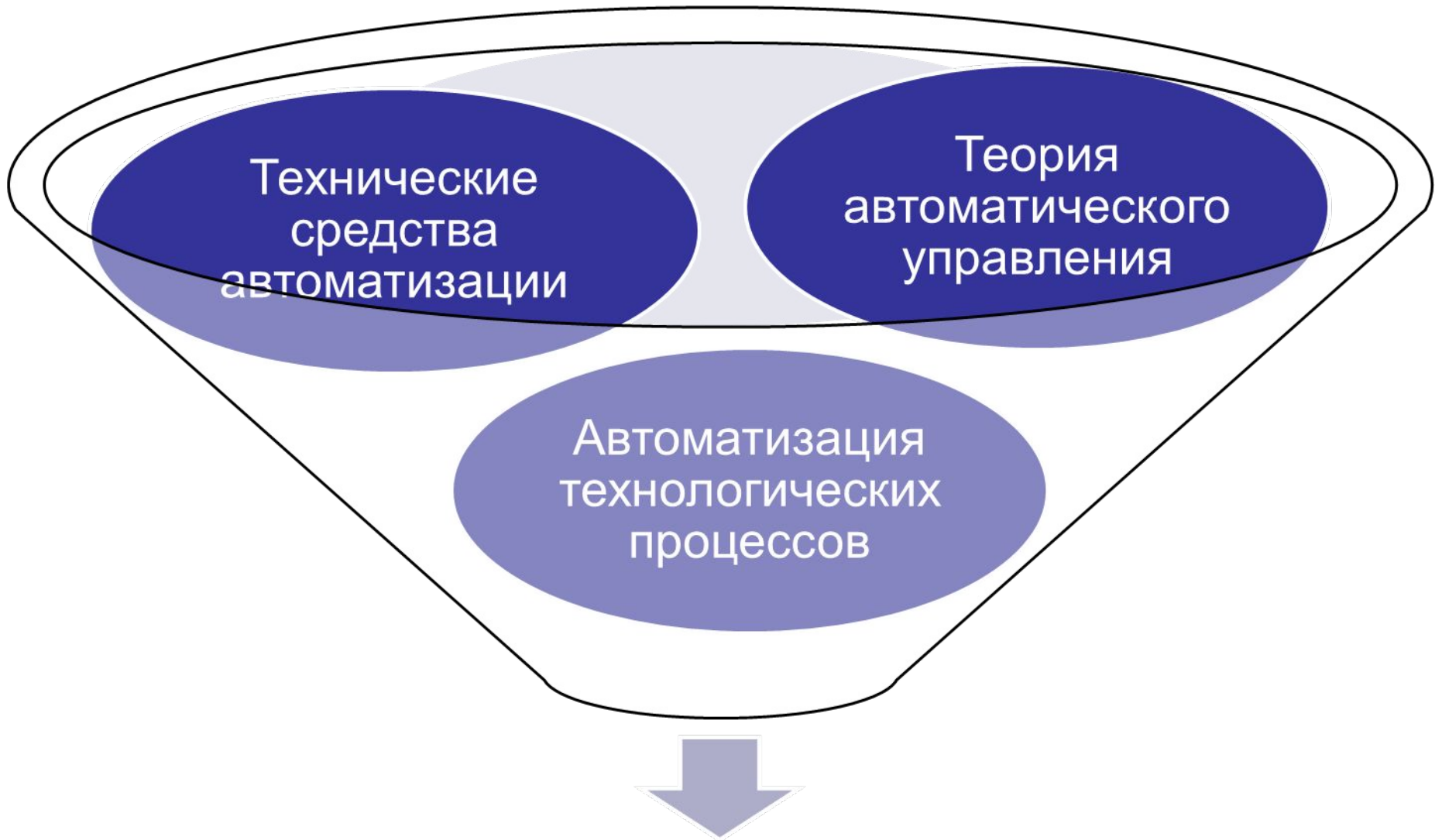
ПИЛЯЕВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ

Доцент кафедры «Электротехника и автоматика»

Раздел 1. Основные понятия и определения автоматики

1.1. Основные определения и терминология автоматики.

Автоматика



Автоматика – комплекс наук об автоматизации

Основные понятия и определения автоматике

Понятие «автоматизация» - древнее, оно происходит от греческого слова «аутос» и означает «самодействие».

Автоматизация — одно из направлений научно-технического прогресса, применение саморегулирующих технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека полностью от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, существенно уменьшающих степень этого участия или трудоемкость выполняемых операций.

Требует дополнительного применения датчиков (сенсоров), устройств ввода, управляющих устройств (контроллеров), исполнительных устройств, устройств вывода, использующих электронную технику и методы вычислений, иногда копирующие нервные и мыслительные функции человека.

Наряду с термином **автоматический**, используется понятие **автоматизированный**, подчеркивающий относительно большую степень участия человека в процессе.



Ручная работа

- Ручной инструмент
- Мускульная энергия

Механизация:

замена мускульной энергии человека энергией машин.

Человек: оператор

Функция:

непосредственное управление станком

Автоматизация:

замена человека – оператора автоматическими управляющими устройствами.

Человек: оператор

Функция:

наблюдение и контроль

Автоматизируются:

- **производственные процессы;**
- **проектирование;**
- **организация, планирование и управление;**
- **научные исследования и так далее**

Цель автоматизации — повышение производительности труда, улучшение качества продукции, оптимизация управления, устранение человека от производств, опасных для здоровья.

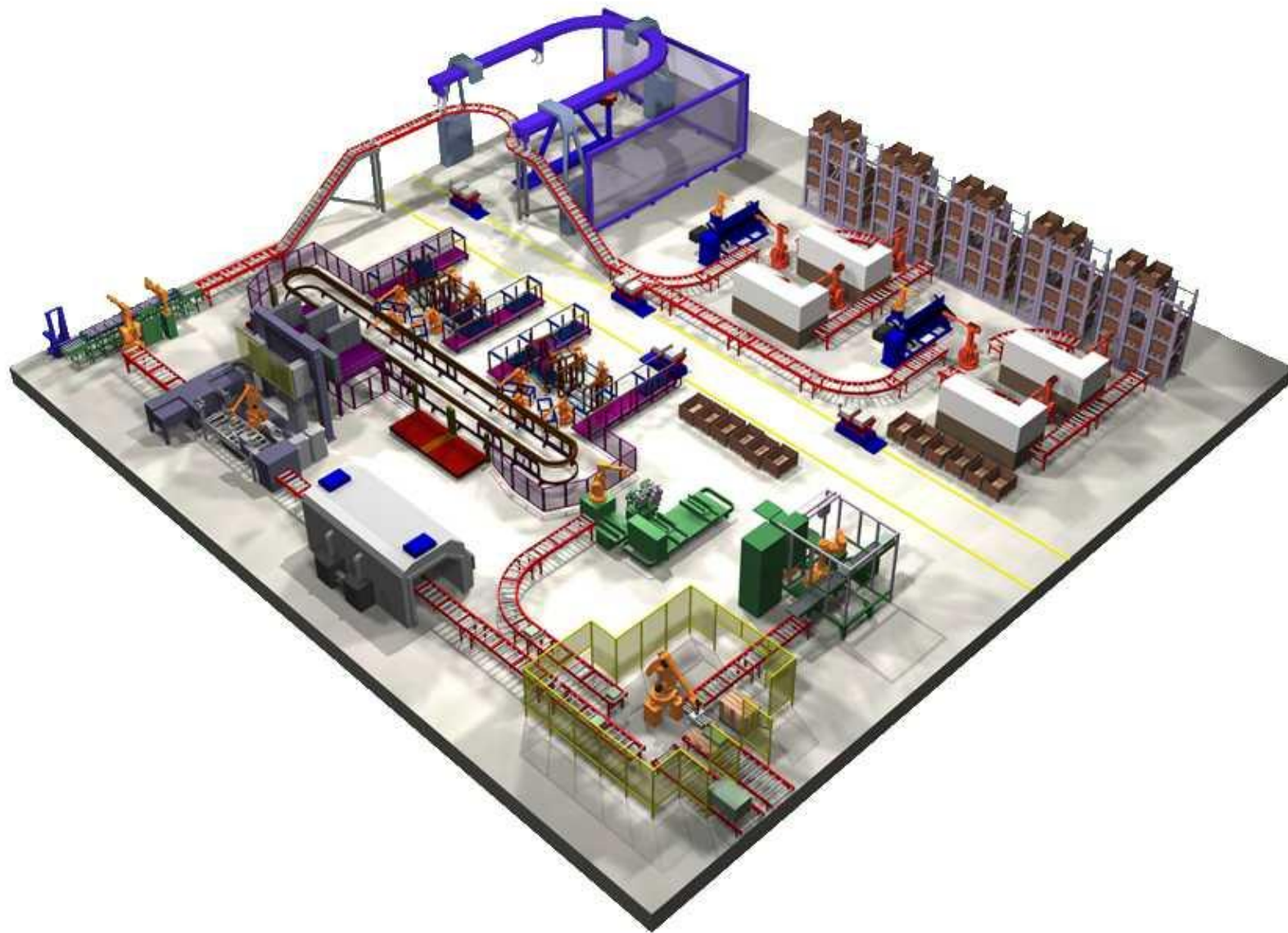
Автоматизация, за исключением простейших случаев, требует комплексного, **системного подхода** к решению задачи, поэтому решения стоящих перед автоматизацией задач обычно называются системами, например:

- **система автоматического управления (САУ);**
- **система автоматизации проектных работ (САПР);**
- **автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) и так далее.**

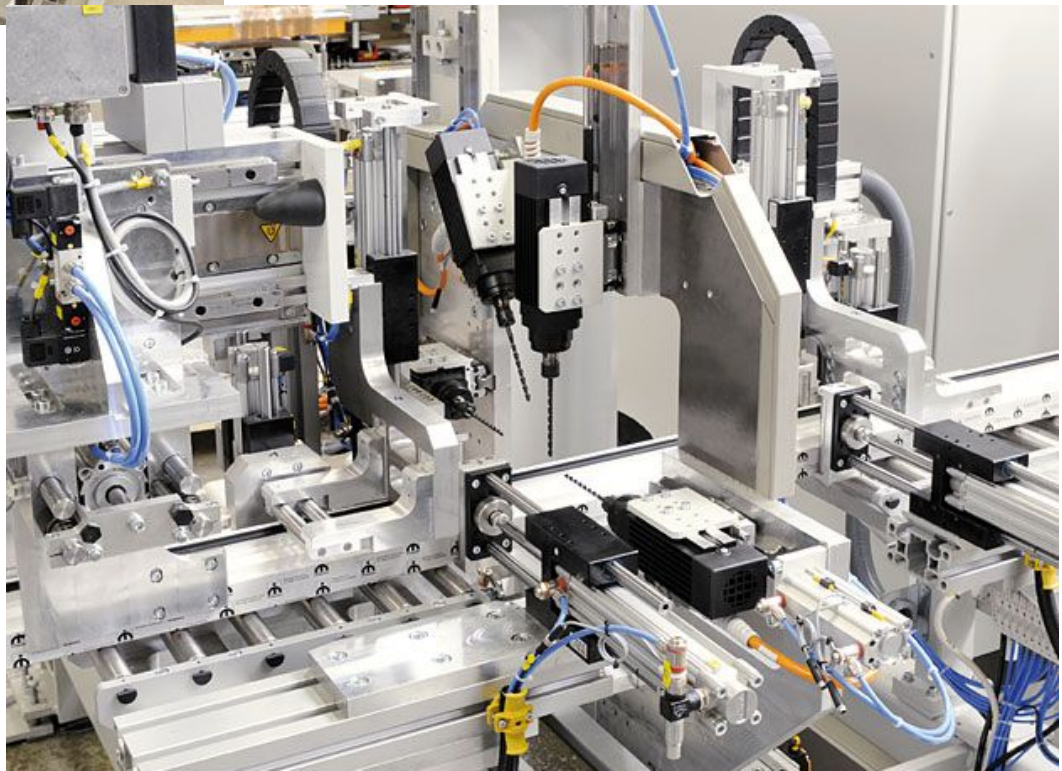


Сборка кузова автомобиля





Гибкие производственные участки в
машиностроении





Автоматизация электроснабжения

Раздел 1. Основные понятия и определения автоматики

1.1. Основные определения и терминология
автоматики.

1.2. Понятие управления и объекта управления



Управление - это процесс переработки информации о состоянии ОУ в информацию командную для достижения целей управления.

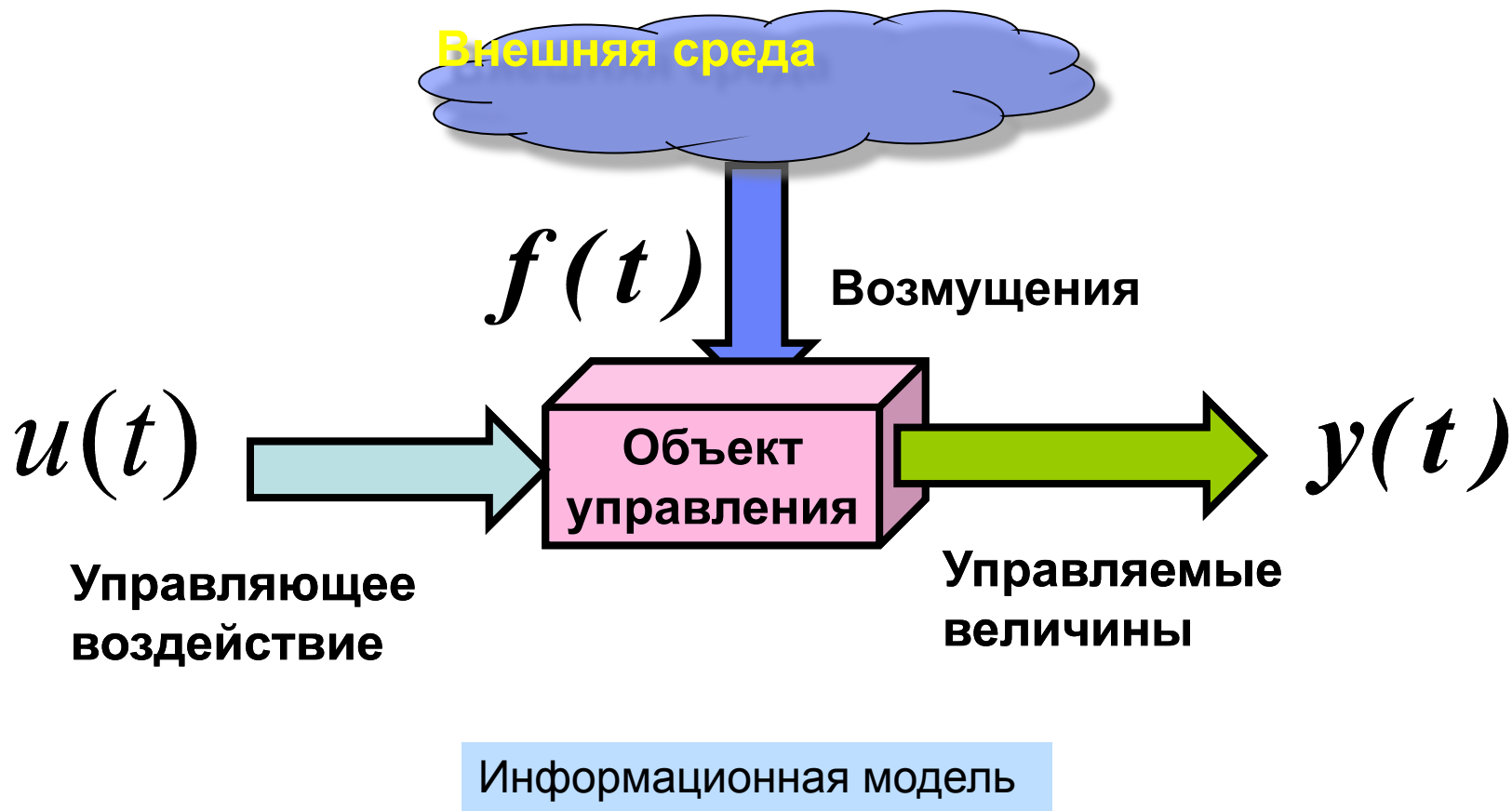
Целью управления называется совокупность требований, которые должны быть удовлетворены в процессе управления.

УПРАВЛЕНИЕ

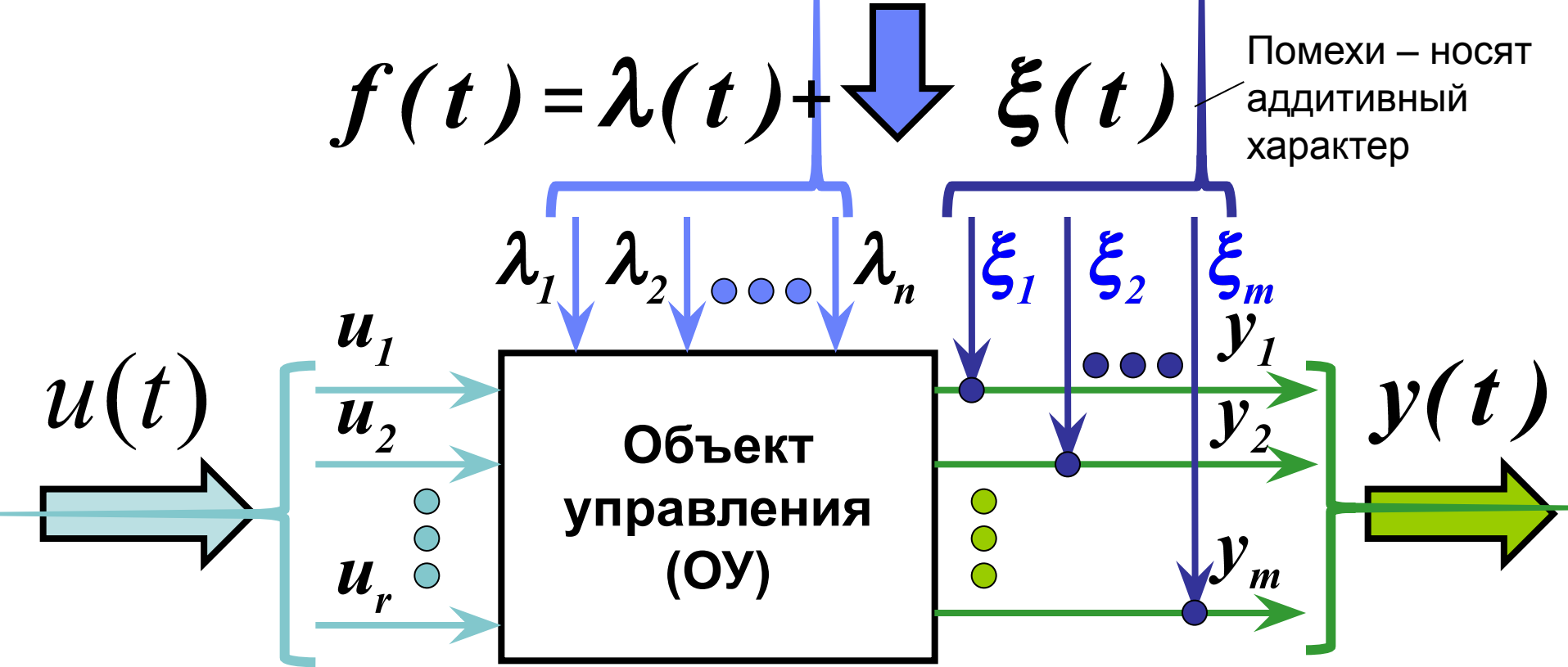


Теория управления (англ. **control theory**) — наука о принципах и методах управления различными системами, процессами и объектами.

Суть теории управления: на основе **системного анализа** составляется **математическая модель объекта управления (ОУ)**, после чего **синтезируется алгоритм управления (АУ)** для получения желаемых характеристик протекания процесса или **целей управления**.



Объект управления – это совокупность технических средств (машин аппаратов, устройств), которая нуждается в оказании специально организованных воздействиях извне для достижения поставленной цели управления.



Управляемыми величинами (вектор размерности m) называются физические величины, которые необходимо изменять по заданному закону или поддерживать неизменной в процессе управления.

Управляющим воздействием (вектор размерности r) называют воздействие на ОУ, предназначенное для того, чтобы управлять технологическим процессом в объекте.

Нагрузка – основное возмущающее воздействие любого ОУ, влияющее на управляемые параметры и не зависящее от управляющих параметров.

Помеха – это возмущающее воздействие, искажающее информацию о нагрузке и параметрах состояния объекта, а также влияющее на все свойства ОУ.

Раздел 1. Основные понятия и определения автоматики

1.1. Основные определения и терминология
автоматики.

1.2. Понятие управления и объекта управления

1.3. Виды и задачи автоматизации

Виды и задачи автоматизации

По степени автоматизации производства различают частичную, комплексную и полную автоматизацию.

Частичная автоматизация - это автоматическое выполнение отдельных производственных операций. Остальные технологические процессы осуществляются с непосредственным участием человека – оператора.



Комплексная автоматизация - автоматическое выполнение основных производственных операций участка, цеха, фермы и т.д. как единого взаимосвязанного комплекса. Функции человека при комплексной автоматизации ограничиваются контролем и общим управлением.

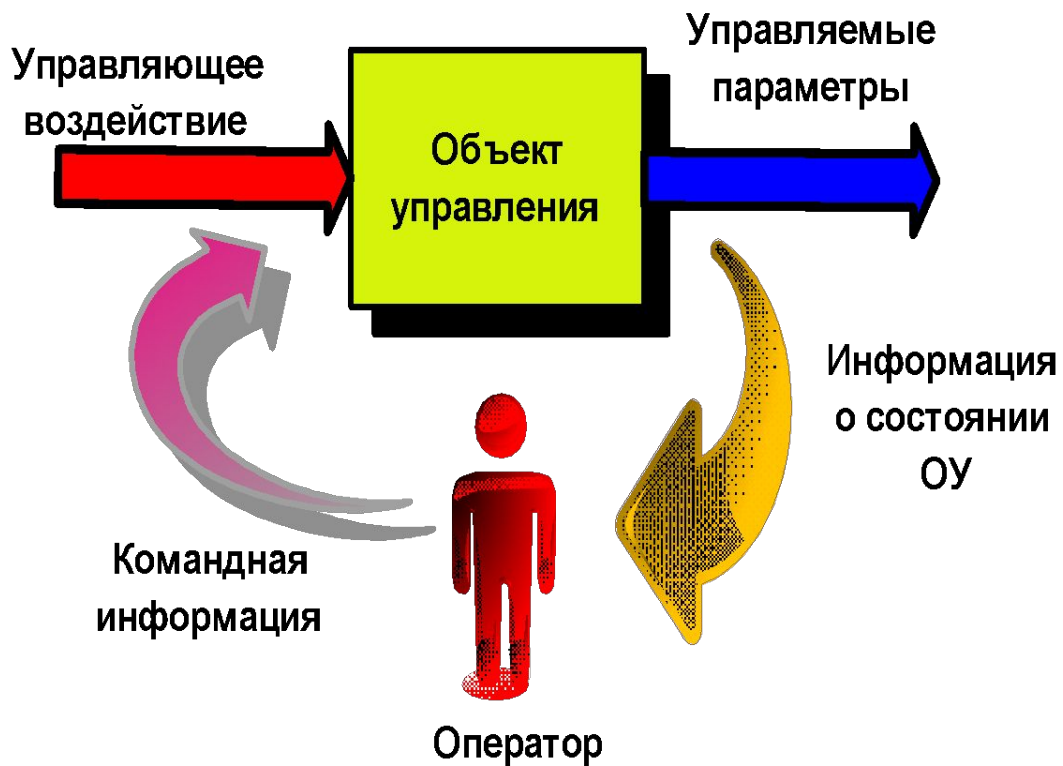
Полная автоматизация - высшая степень, при которой автоматизируются все основные и вспомогательные участки производства, включая систему управления и контроля.

Управление и контроль автоматизируются с помощью компьютеров или специализированных автоматических устройств.

Функции человека при полной автоматизации сводятся к наблюдению за работой оборудования и устранению возникающих неисправностей.



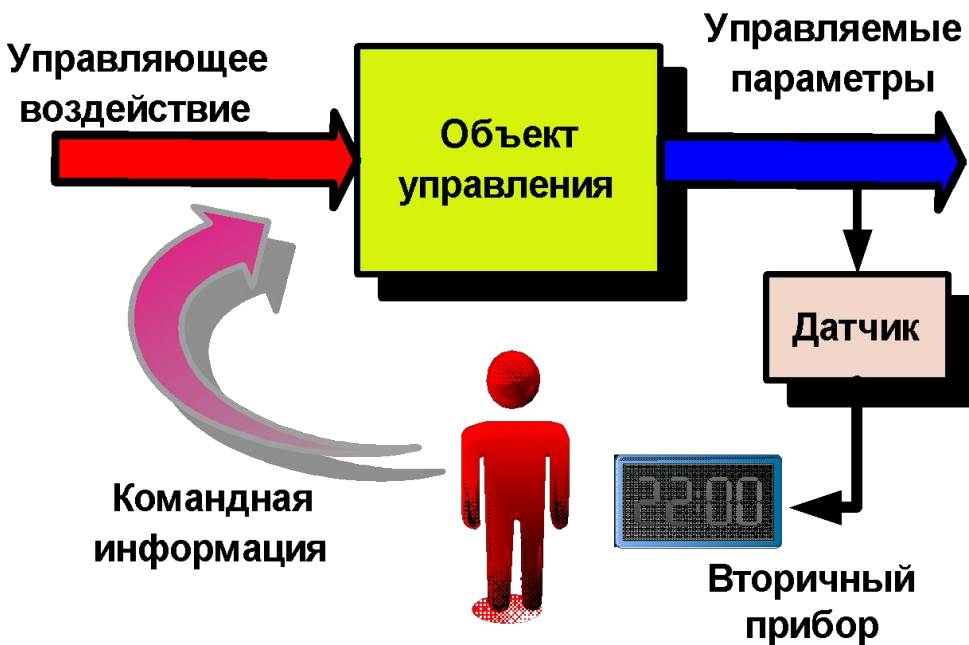
Степень автоматизации определяется, прежде всего, экономической эффективностью и технической целесообразностью в условиях конкретного производства.



Самой простой формой управления является ручное управление. Для оценки значения управляемых параметров человек-оператор пользуется своими органами чувств. Выработка командной информации и определение воздействия на объект управления полностью основываются на правильности восприятия, интуиции и опыте оператора.

Первой функцией управления, могущей быть автоматизированной, является замена субъективного восприятия человека-оператора объективными показаниями приборов, т.е. измерение физических величин.

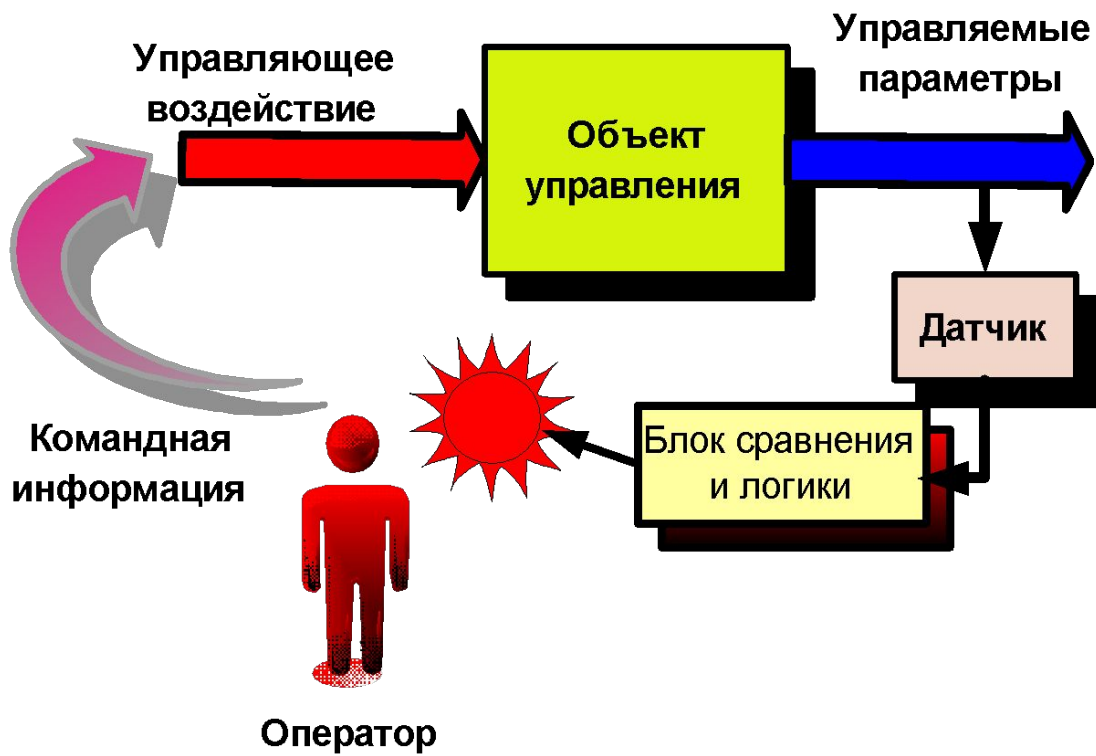
Для этого на выходе ОУ устанавливается **датчик**, который выполняет две функции: **измеряет** некоторую физическую величину и **преобразует** ее в сигнал, удобный для дальнейшей передачи и преобразования. Обычно это электрический сигнал (ток или напряжение). Измеренное значение управляемой величины передается на **вторичный прибор** (ВП), который осуществляет ее индикацию оператору.



Датчик и вторичный прибор называют *системой автоматической индикации*.

Система автоматической индикации заменяет органы чувств человека, обеспечивает быстрые, достаточно точные и объективные измерения.

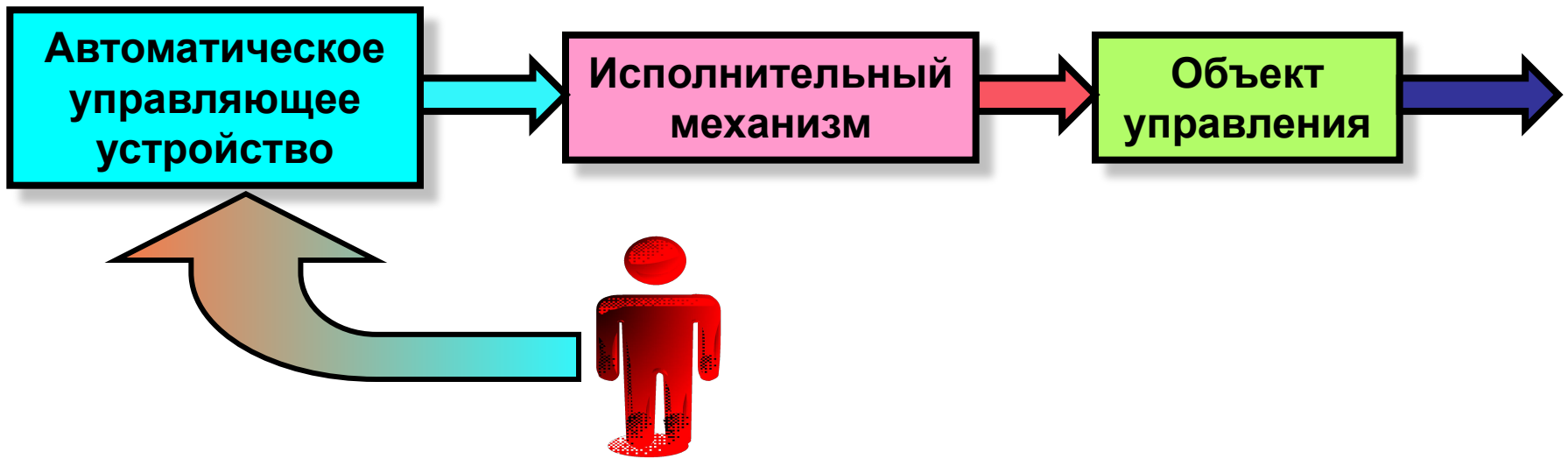
При использовании систем автоматической индикации функции оператора сводятся к определению отклонений параметров технологического процесса от допустимых, выработке величины воздействия на ОУ и реализация этого воздействия.



Более сложные функции выполняют системы автоматического контроля параметров технологического процесса.

В этом случае оператор получает информацию только об **отклонениях технологических параметров** от заданных значений.

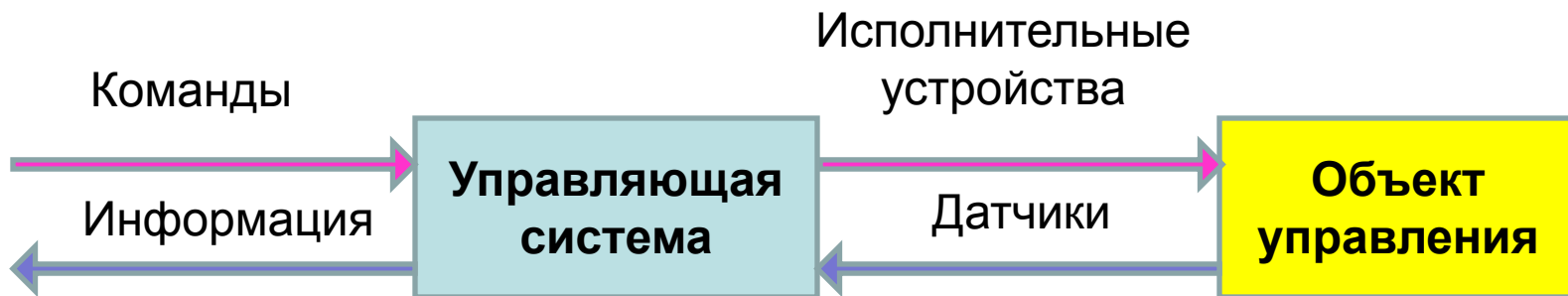
Система автоматического контроля, кроме датчика и вторичного прибора, содержит еще блок сравнения текущих значений параметров с заданными значениями параметров технологического процесса.



Система управления, в которой все операции над информацией выполняются без участия человека, называется **системой автоматического управления (САУ)**. Если часть операций выполняется человеком, то такая система называется **автоматизированной системой управления (АСУ)**. Роль человека - оператора в системе управления зависит от степени автоматизации технологического процесса (частичная, комплексная, полная).

Типы стратегий управления

Человек



Системы управления

Подсистемы
текущего контроля

Подсистемы
последовательного
логического
действия

Подсистемы
автоматического
регулирования

Подсистемы текущего контроля

Эти подсистемы отображают оператору состояние процесса и обращают его внимание на ненормальные условия или ошибки, требующие его особого внимания. Состояние объекта измеряется соответствующими датчиками.

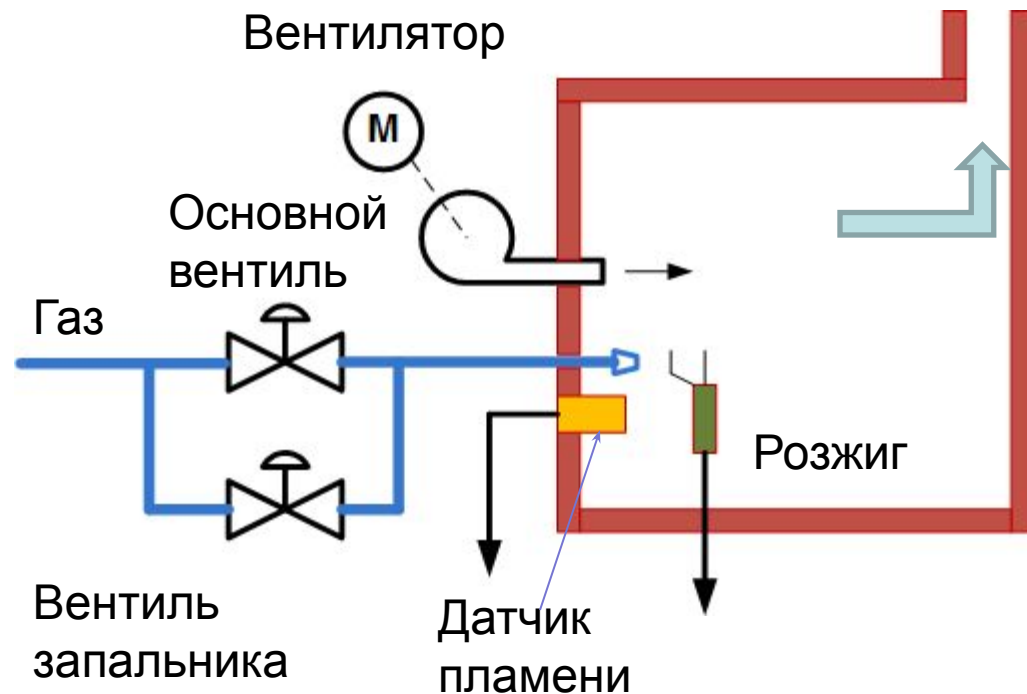
Цифровые датчики измеряют состояния, характеризующиеся дискретными значениями. Типичными примерами являются состояния работа/остановка, вперед/выключено/назад, повреждено/исправно, ожидание/низкая/средняя/высокая, высокий уровень/нормальный/низкий уровень. Аналоговые датчики измеряют состояния, характеризующиеся непрерывным диапазоном значений, такие как температура, давление, расход или уровень жидкости.

Результаты этих измерений представляются оператору с помощью индикаторов (для дискретных сигналов) либо стрелочных приборов или самописцев (для аналоговых сигналов).

Сигналы могут также проверяться на наличие **аварийных ситуаций**. Типичными дискретными аварийными ситуациями являются срабатывание концевого выключателя при достижении механизмом предельного положения или автоматическая остановка электродвигателя при его перегрузке. Типичными аналоговыми аварийными ситуациями могут быть низкий уровень жидкости или высокая температура. Оператор должен быть проинформирован об этом при помощи предупреждающих сигнальных ламп и звуковой сигнализации.

Система текущего контроля часто обеспечивает **регистрацию** потребления энергии и материалов, необходимую для отчетности, и создает **протокол происшествий/аварий** с целью анализа эксплуатации оборудования в историческом плане.

Системы последовательного действия



Дискретная логическая система управления

Проверка отсутствия воздуха и пламени



Включение вентилятора



Двухминутная продувка



Открытие вентиля розжига и включение запальника



При наличии пламени включить основной вентиль



При отсутствии пламени или потока воздуха выключить газ

Раздел 1. Основные понятия и определения автоматики

1.1. Основные определения и терминология
автоматики.

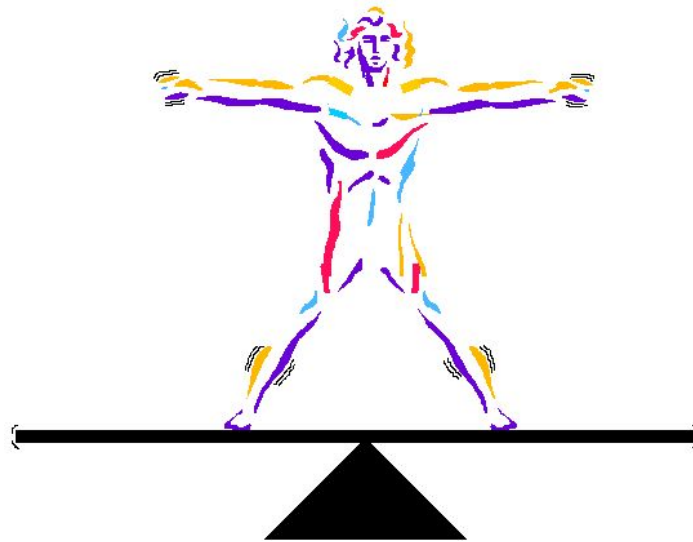
1.2. Понятие управления и объекта управления

1.3. Виды и задачи автоматизации

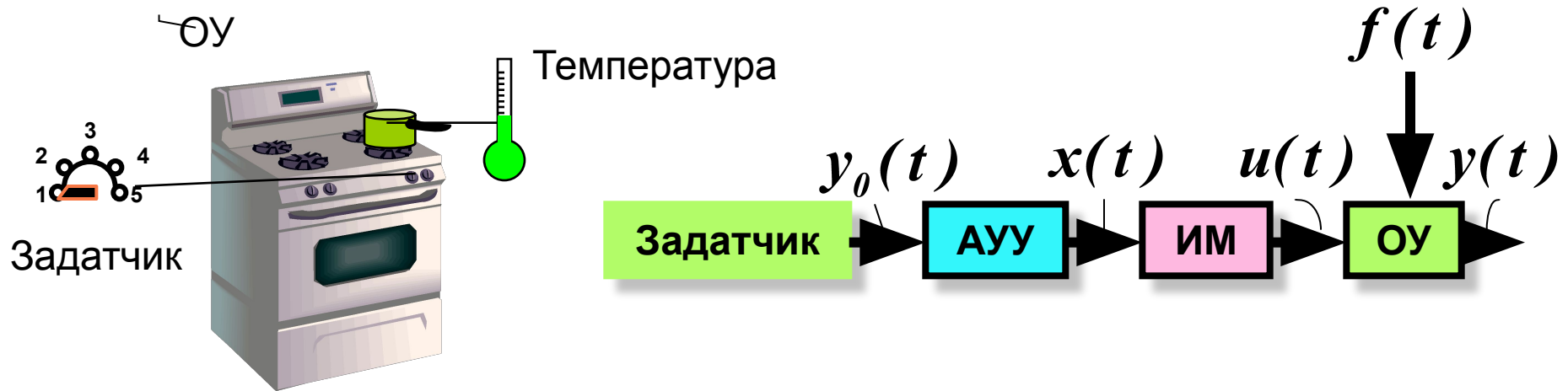
**1.4. Принципы построения систем
автоматического управления**

Существует два принципа построения систем автоматического управления:

- **Разомкнутые системы автоматического управления**
- **Замкнутые системы автоматического управления**



Разомкнутая система автоматического управления

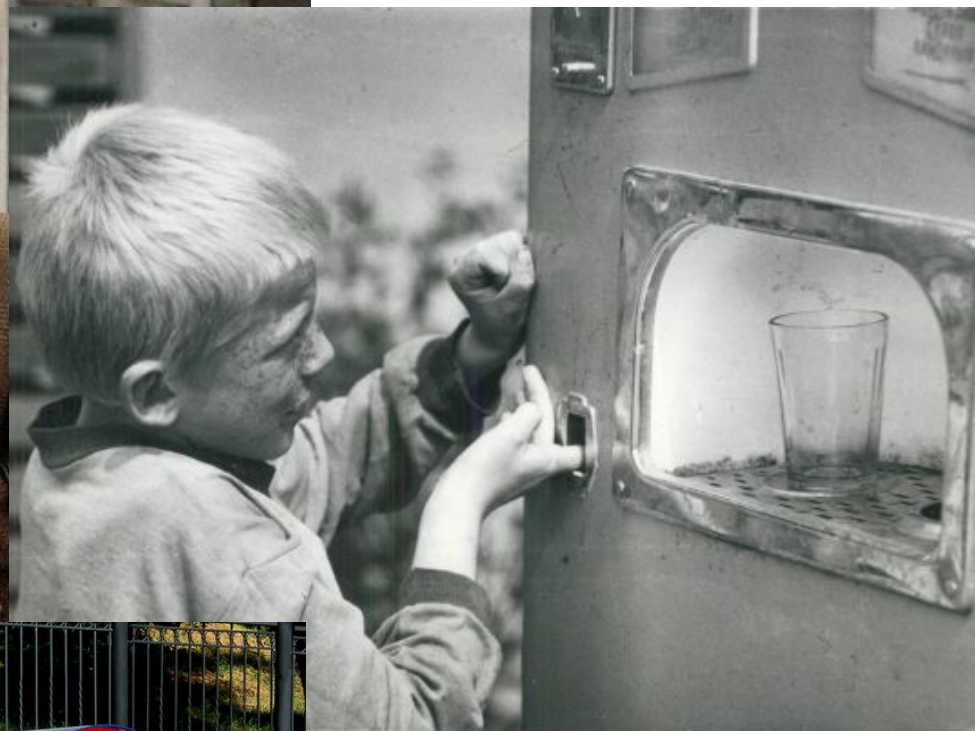


Разомкнутая система автоматического управления представляет собой, по существу, передаточную цепь, в которой задающее воздействие $y_0(t)$ от задатчика, после надлежащей обработки и усиления, передается на объект управления (ОУ).

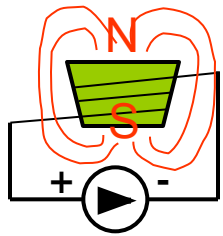
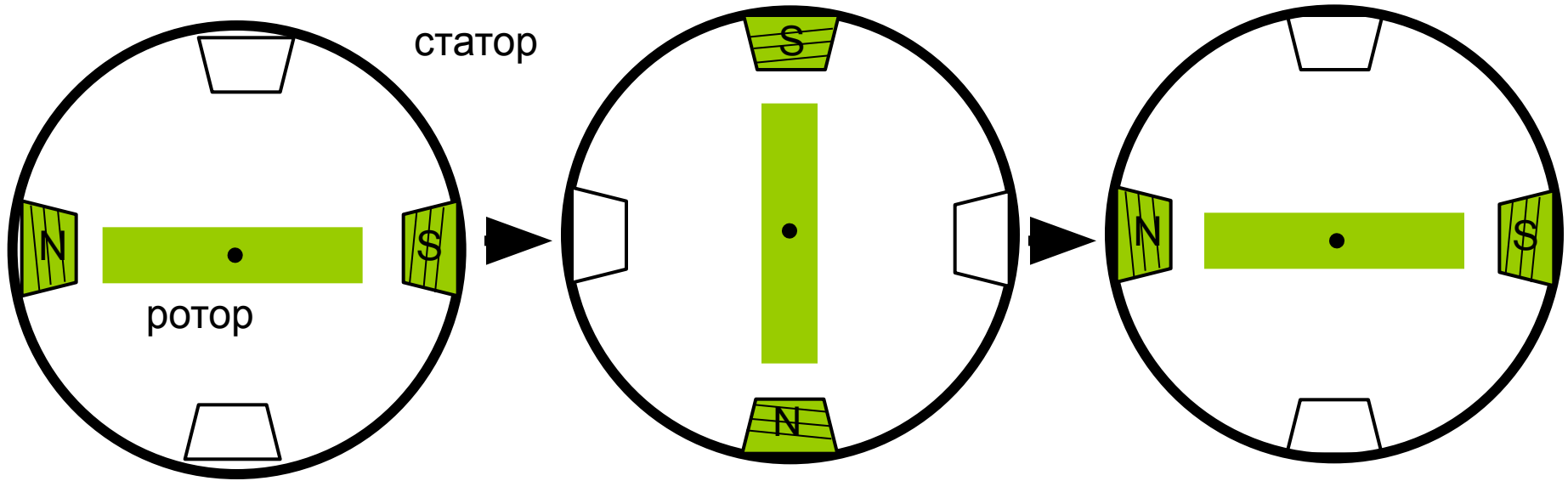
Главное внимание в этих системах уделяется обеспечению определенной последовательности включения и выключения механизмов сигнализации и защите оборудования от аварийных ситуаций.

Автоматические устройства с разомкнутой системой управления обычно выполняют одноразовые или циклические операции по жесткой программе без получения информации о ходе процесса и называются **автоматами**.

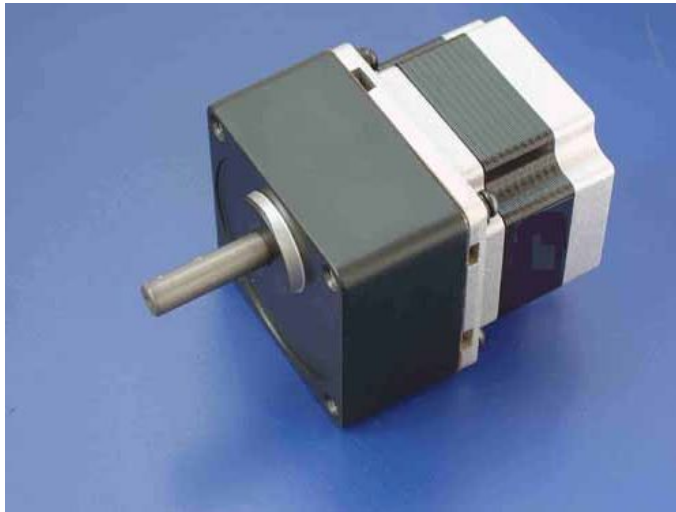
Автомат по продаже газированной воды



Пример разомкнутой системы. Шаговый двигатель



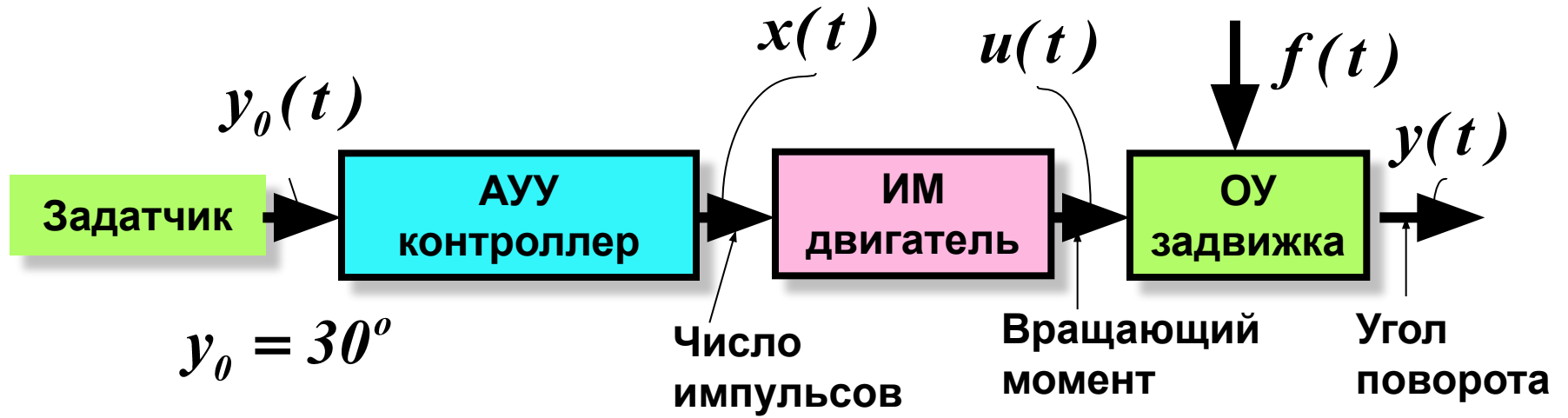
Двигатель



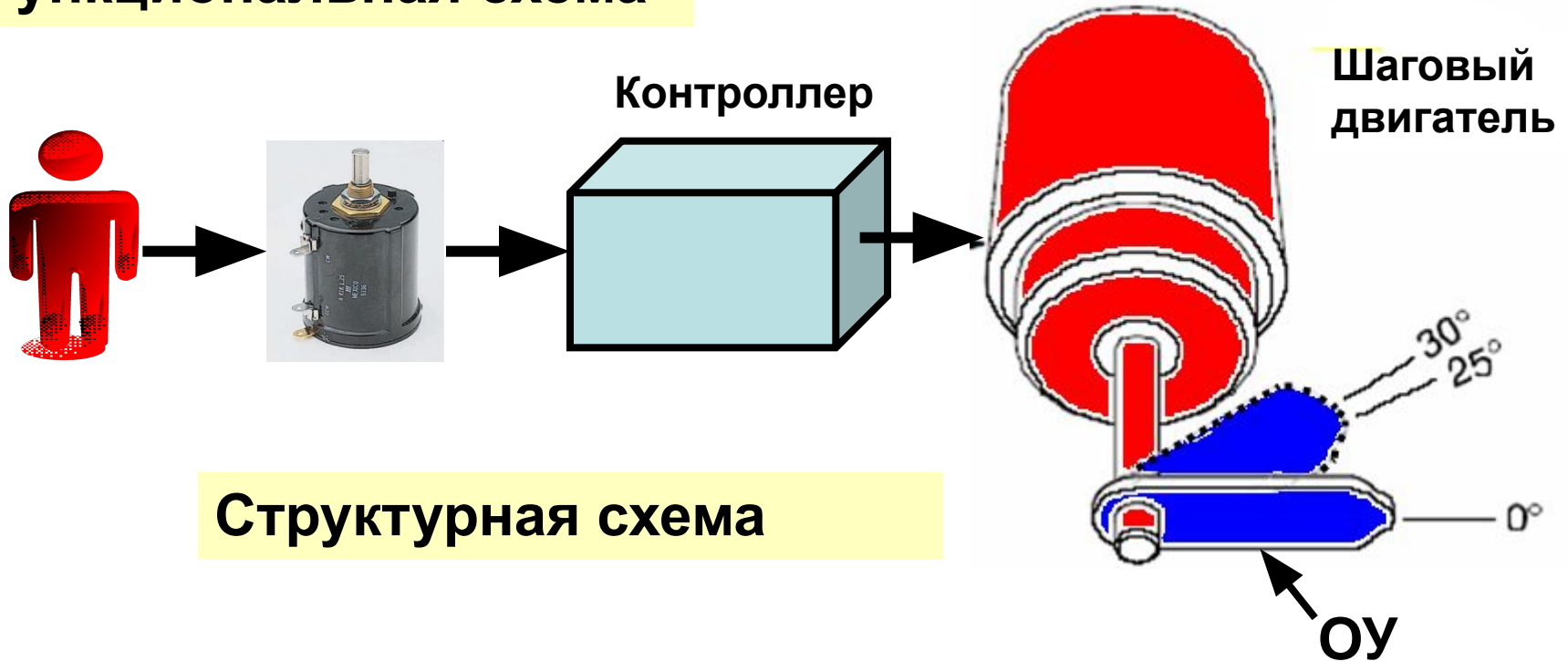
Контроллер



Два представления модели системы автоматического управления



Функциональная схема



Структурная схема

Раздел 1. Основные понятия и определения автоматики

1.1. Основные определения и терминология
автоматики.

1.2. Понятие управления и объекта управления

1.3. Виды и задачи автоматизации

1.4. Принципы построения систем автоматического
управления

1.5. Понятие обратной связи

Понятие обратной связи

Обратная связь в кибернетике, теории управления, электронике — **это процесс, приводящий к тому, что результат функционирования какой-либо системы влияет на параметры, от которых зависит функционирование этой системы.**

Другими словами, **на вход системы подаётся сигнал, пропорциональный её выходному сигналу** (или, в общем случае, являющийся функцией этого сигнала). Часто это делается преднамеренно, чтобы повлиять на динамику функционирования системы.

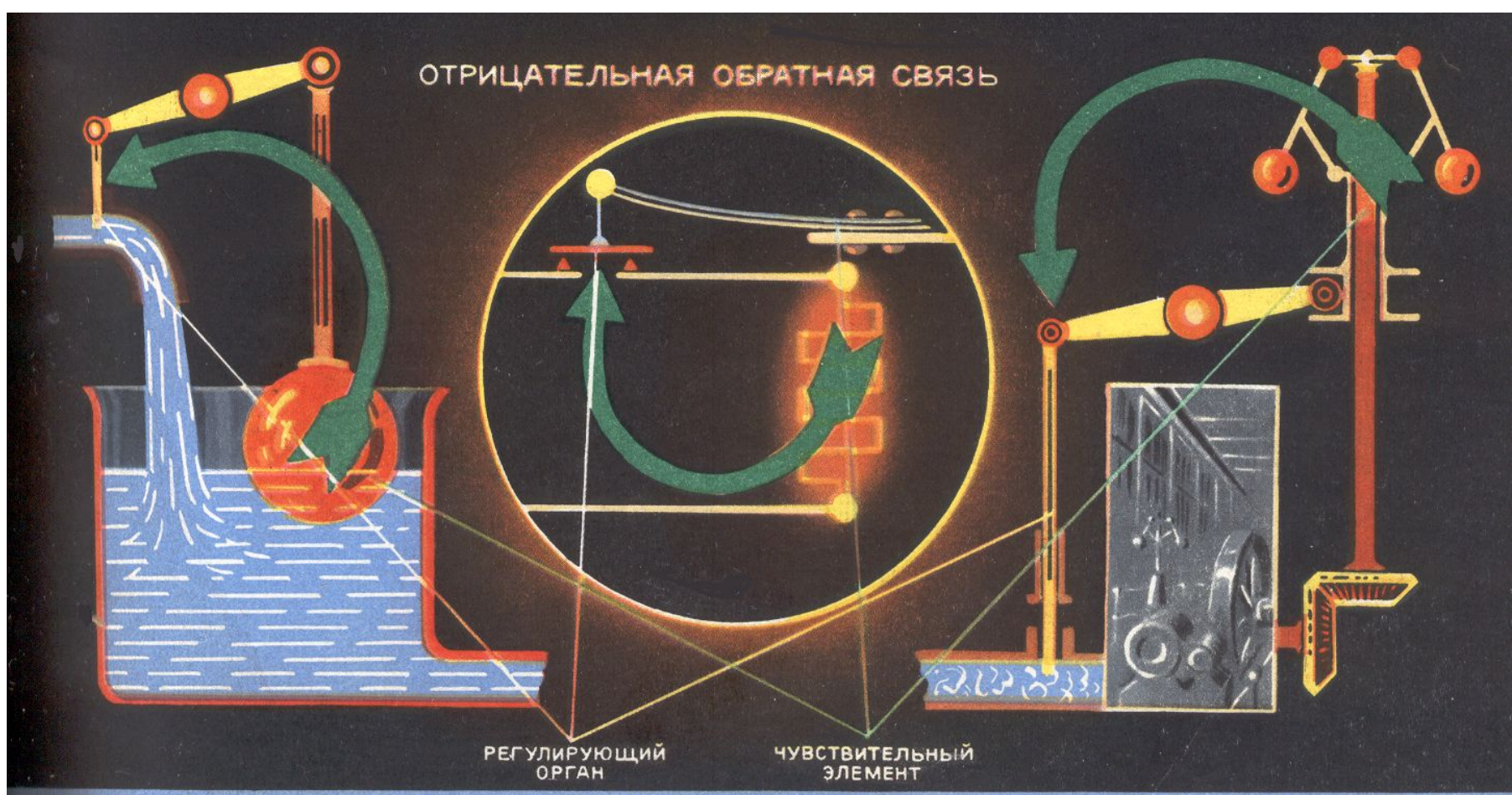
Обратные связи наблюдаются или применяются в самых различных областях, включая электронику, экономику, биологию и т. п.

Обратные связи являются основным механизмом поддержания **гомеостаза** различных систем.

Обратная связь

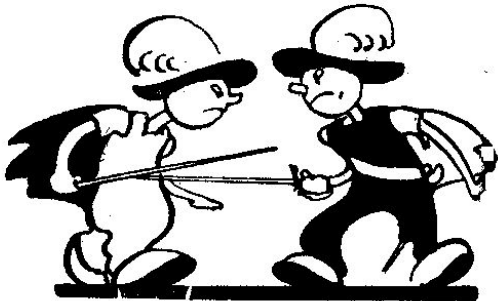
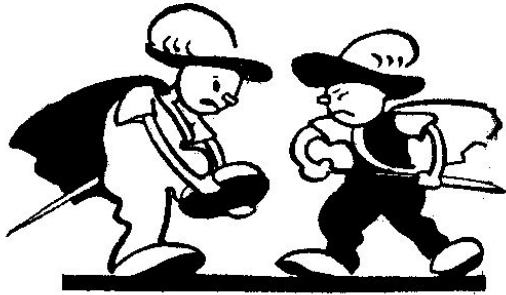


Различают
положительную и
отрицательную обратную
связь



Обратная связь, при которой управляющее воздействие направлено на уменьшение отклонения регулируемой величины от заданного значения, называется **отрицательной обратной связью**. Она работает так, чтобы противодействовать причине, вызвавшей отклонение. Именно отрицательная обратная связь позволяет осуществить регулирование работы системы. Система управления с обратной связью называется замкнутой, потому что, она как бы замыкает выход (регулируемый параметр) с входом (заданием).

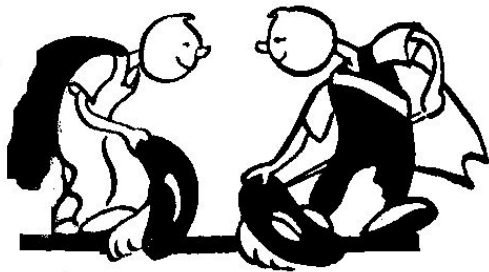
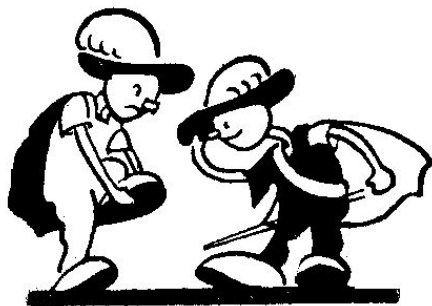
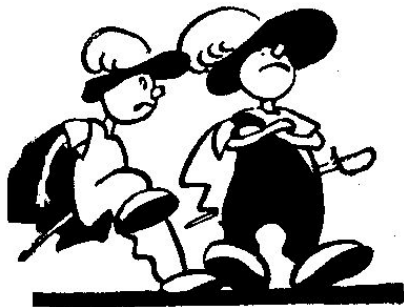
Положительная обратная связь



Положительная обратная связь — тип обратной связи, при котором изменение выходного сигнала системы приводит к такому изменению входного сигнала, которое способствует дальнейшему отклонению выходного сигнала от первоначального значения.

Положительная обратная связь ускоряет реакцию системы на изменение входного сигнала, поэтому её используют в определённых ситуациях, когда требуется быстрая реакция в ответ на изменение внешних параметров. В то же время положительная обратная связь приводит к неустойчивости и возникновению качественно новых систем, называемых генераторы (производители).

Отрицательная обратная связь



Отрицательная обратная связь — тип обратной связи, при котором входной сигнал системы изменяется таким образом, чтобы противодействовать изменению выходного сигнала.

Отрицательная обратная связь делает систему более устойчивой к случайному изменению параметров и обеспечивает ее равновесие.

Автоматическое регулирование

Бесконтактный
реверсивный
пускатель



Электрический
исполнительный механизм



Объект управления



Регулятор



**Поддержание
параметра на
заданном уровне**

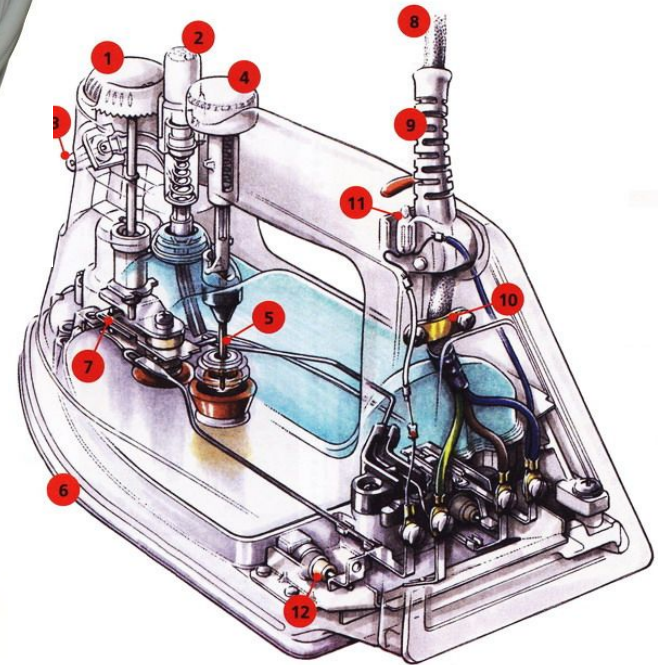
Датчик

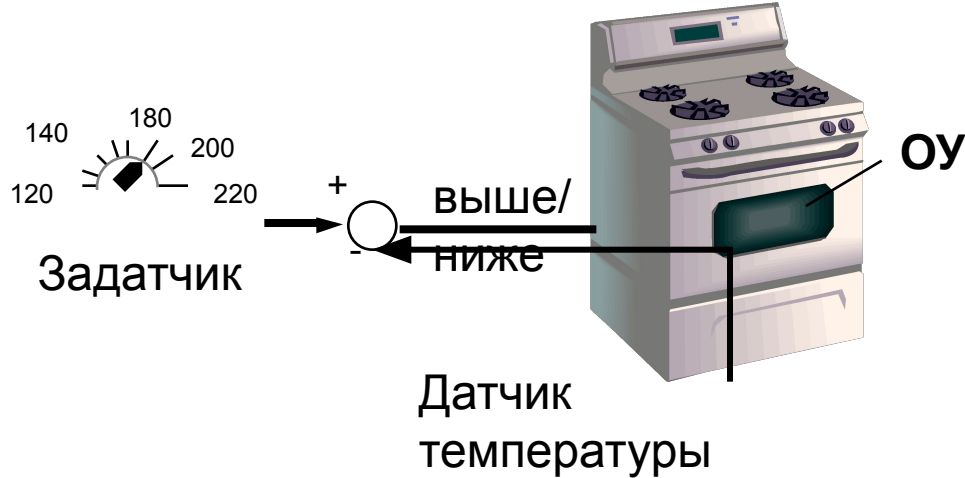


Задатчик



Автоматическое регулирование



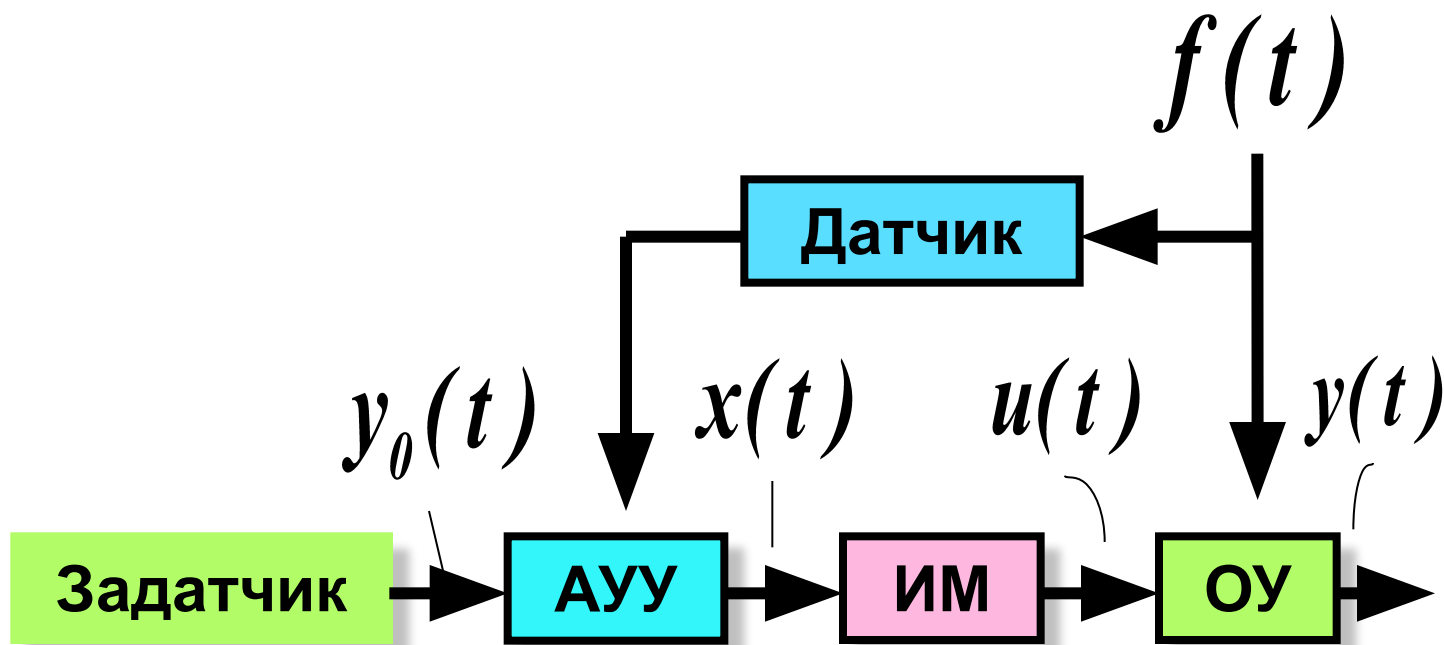


Замкнутые системы - объект управления (ОУ) связан с управляющим устройством (АУУ) дополнительной цепью обратной связи, по которой происходит обмен информацией между выходными и входными величинами.

Принципы построения замкнутых систем:

- 1. Принцип управления по возмущению (компенсация возмущения).**
- 2. Принцип управления по отклонению (отрицательная обратная связь).**
- 3. Смешанные системы.**

Принцип управления по возмущению

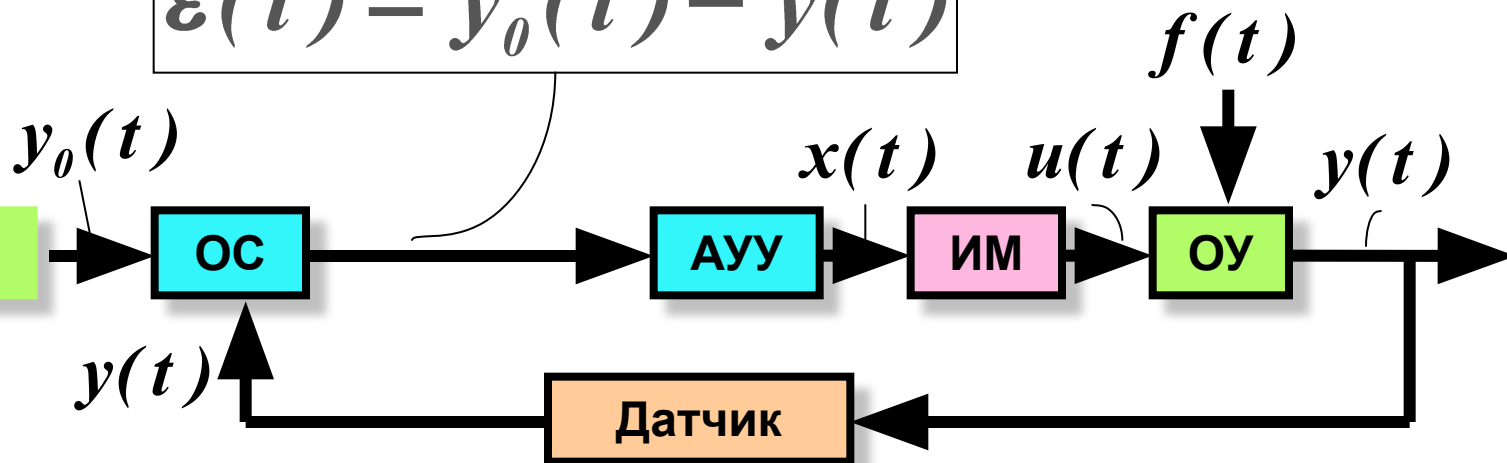


Основан на том, что в САУ вводится **датчик**, с помощью которого измеряется **возмущающее воздействие** и его значение передается на вход АУУ.

Подобные системы хорошо функционируют только в том случае, когда число возмущений сравнительно **невелико**, и они легко поддаются измерению. В противном случае они не дают нужного эффекта.

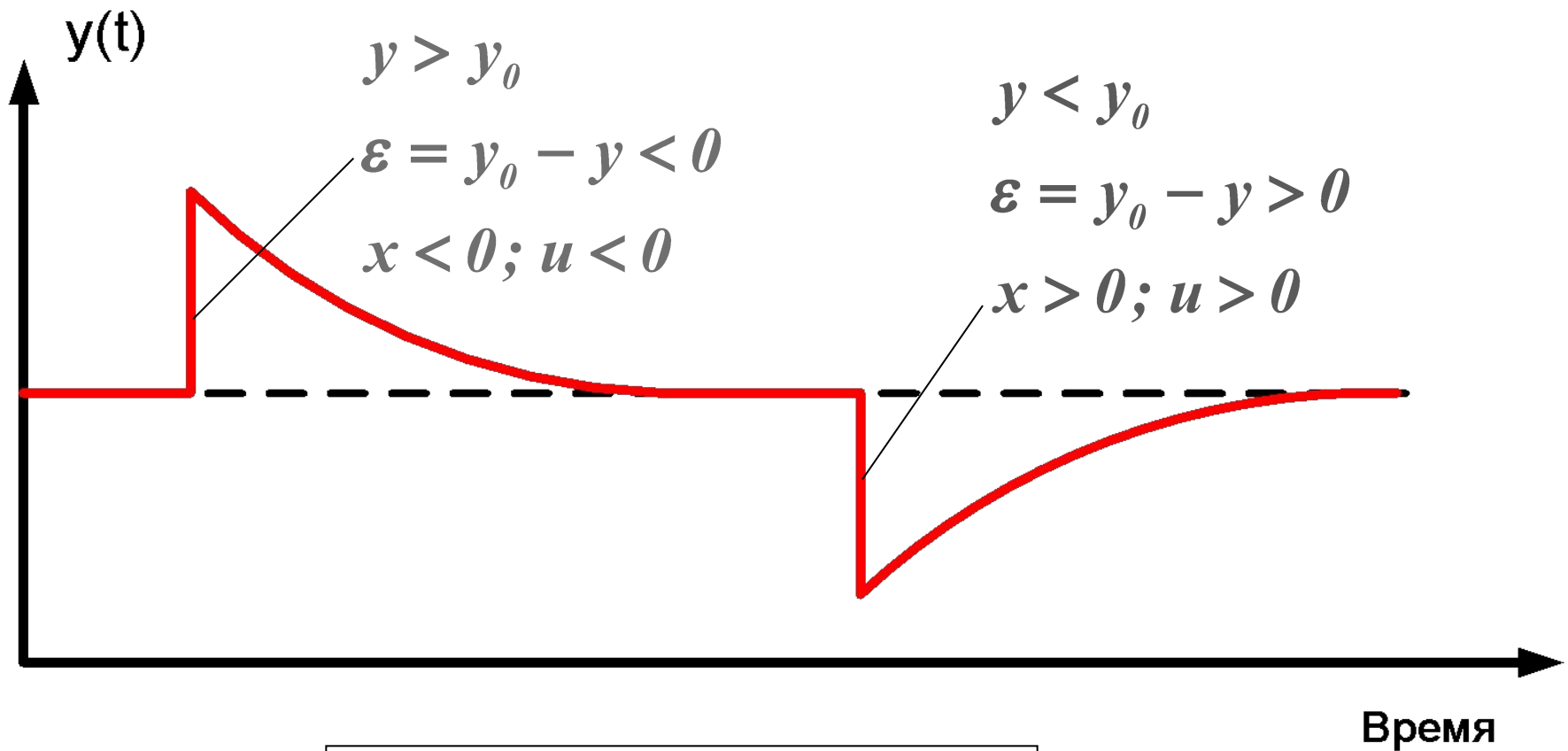
Принцип управления по отклонению

$$\varepsilon(t) = y_0(t) - y(t)$$

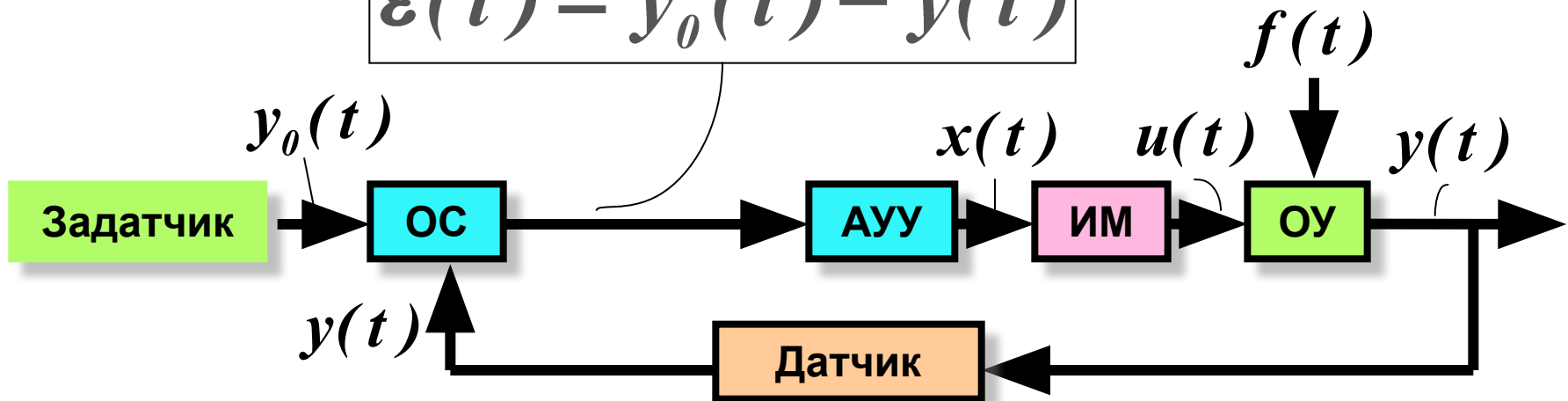


На выходе системы устанавливается **датчик**, который передает по цепи **обратной связи** значение управляемой величины $y(t)$ на специальное устройство - **орган сравнения (ОС)** или сумматор, где оно сравнивается с задающей величиной $y_0(t)$, и на вход управляющего устройства поступает **разность двух сигналов** $\varepsilon = y_0(t) - y(t)$.

Следовательно, управляющий сигнал $u(t)$ формируется под воздействием изменений самой управляемой величины.



$$\varepsilon(t) = y_0(t) - y(t)$$

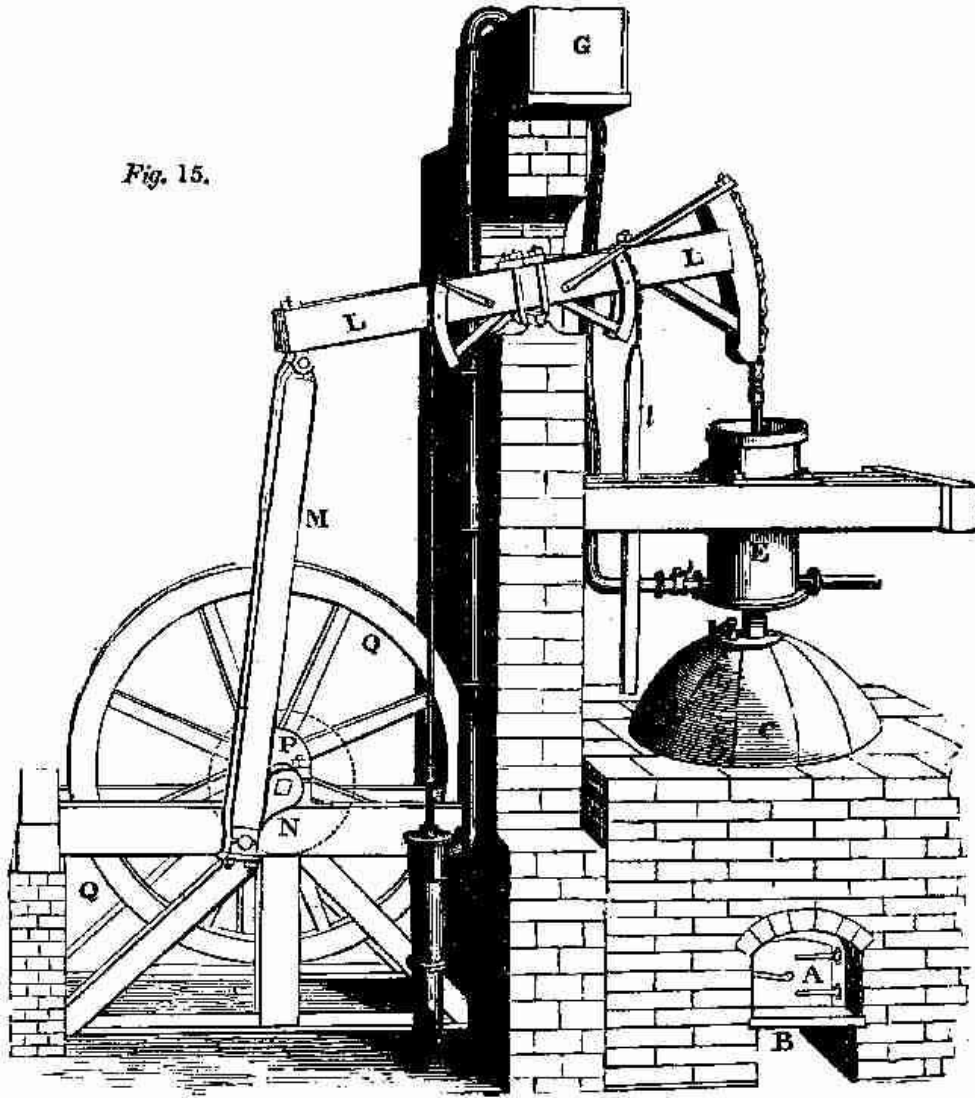




Здесь, в графстве Корнуэл (Англия), в 1780 году была установлена первая в мире паровая машина, которая приводила в действие шахтный насосы. На этой машине был установлен первый в мире автоматический регулятор.

Первая в мире паровая машина

Fig. 15.



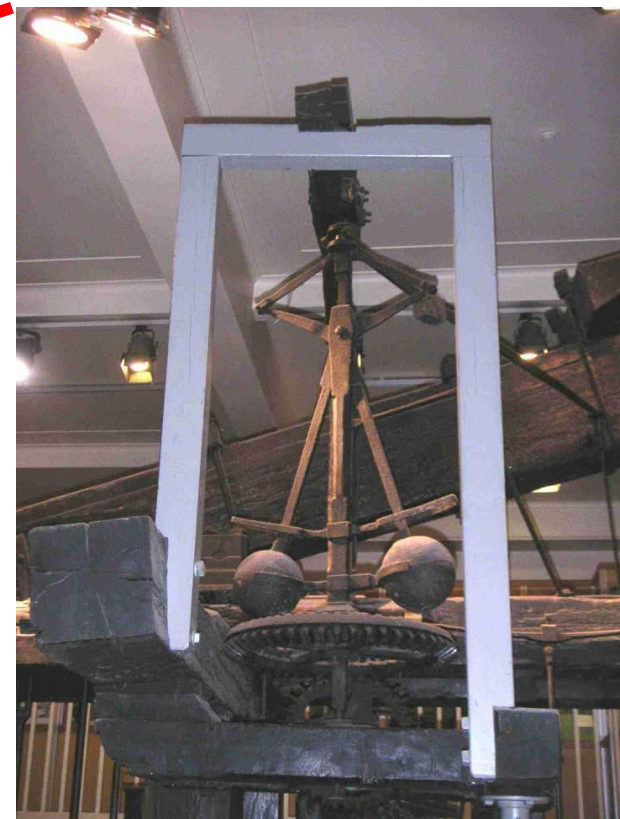
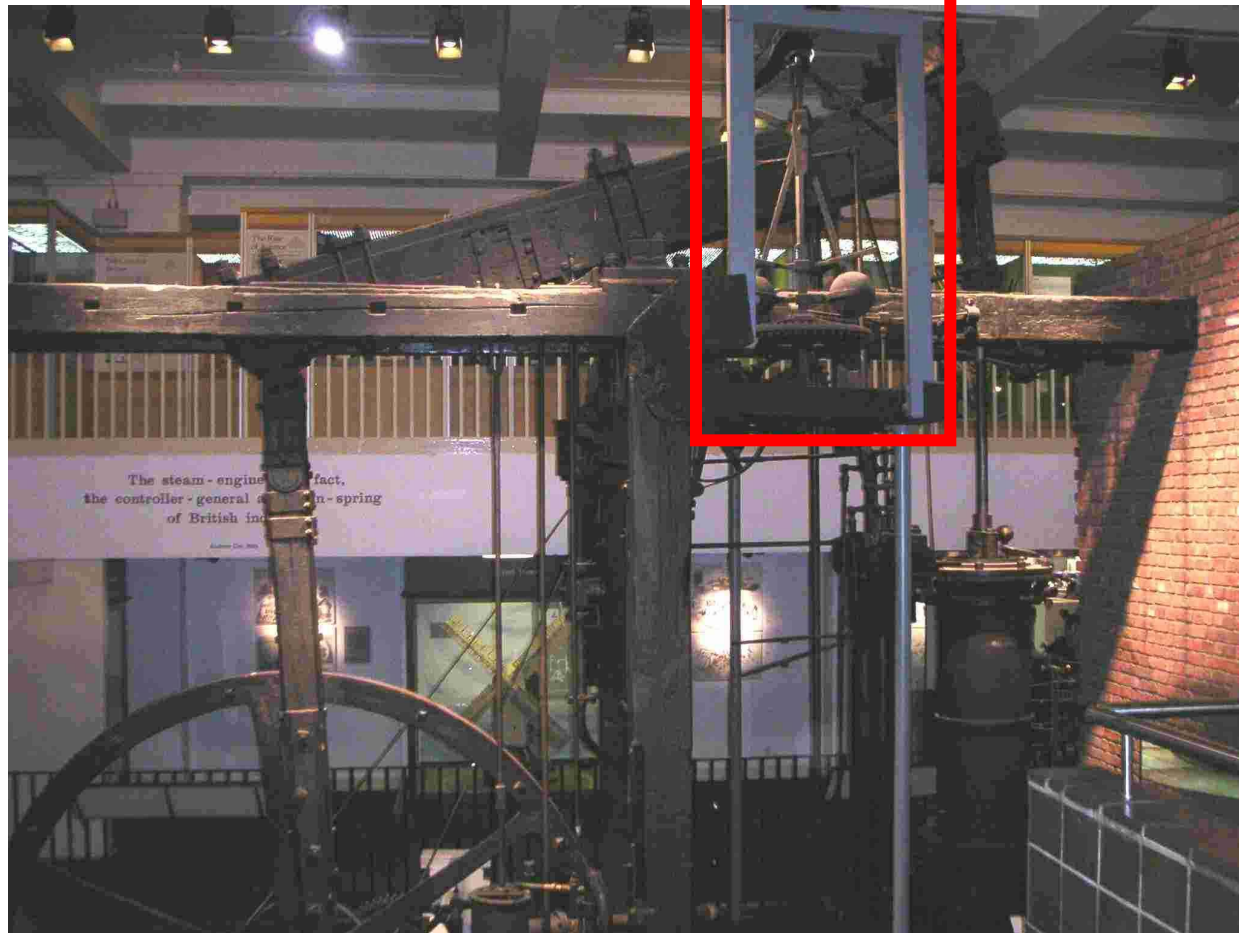
ATMOSPHERIC ENGINE WITH CRANK AND FLY-WHEEL, 1780.

Изобретатель-
Томас Ньюкомен.

Основное
назначение –
привод насоса,
вентилятора,
дробилки.

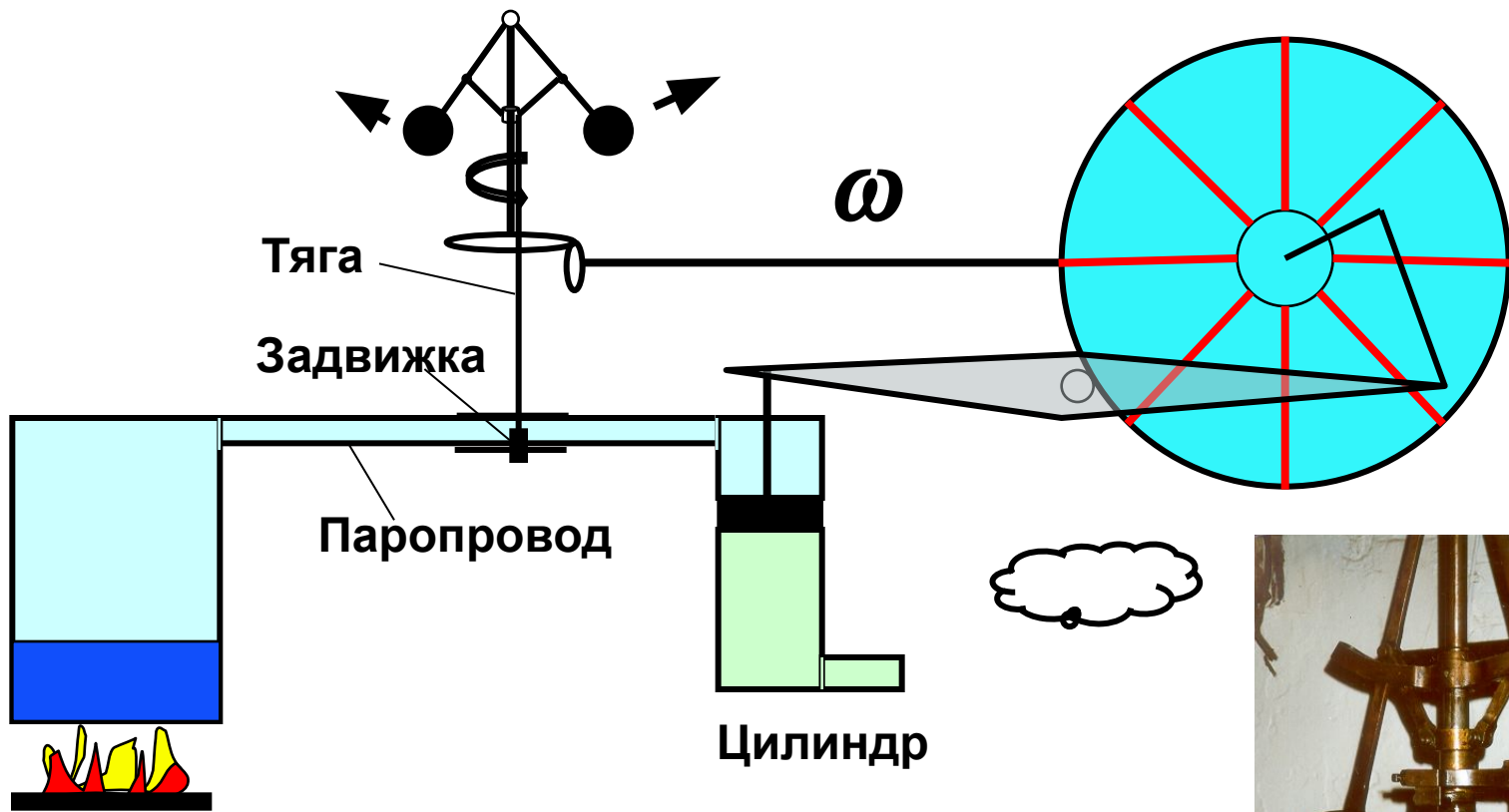
Основная проблема
– поддержание
постоянной
частоты вращения
рабочего колеса.

Центробежный регулятор Уайта (1791 г.)



Принцип действия центробежного регулятора

$$\varphi = f(\omega^2)$$

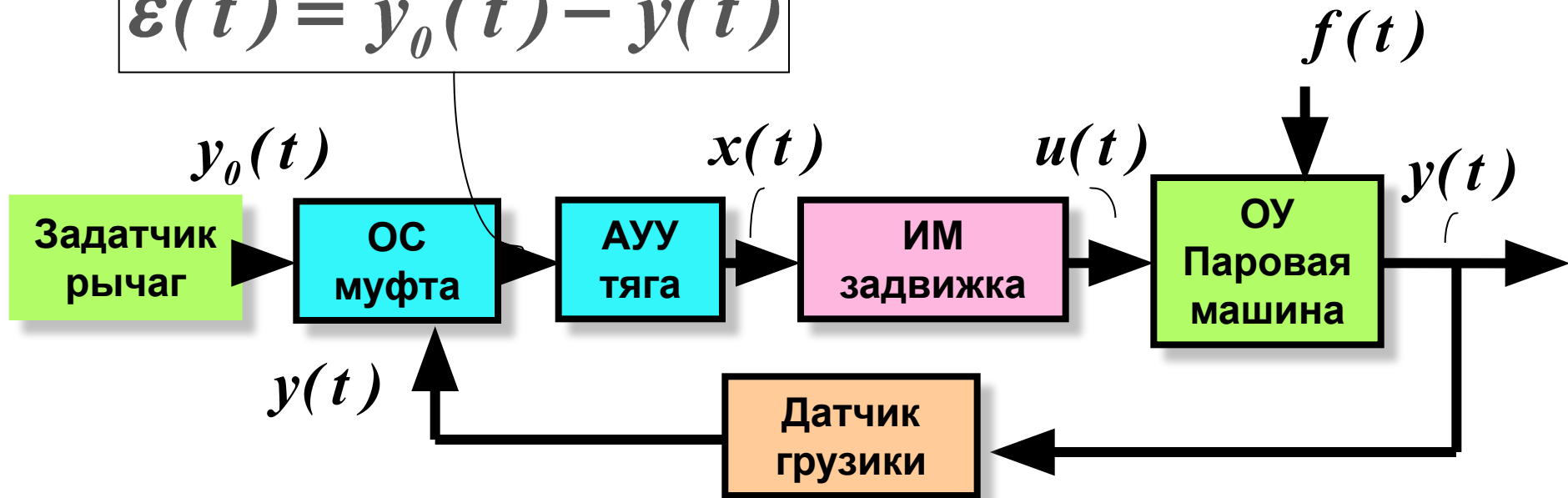


Раздел 1. Основные понятия и определения автоматики

- 1.1. Основные определения и терминология автоматике.
- 1.2. Понятие управления и объекта управления
- 1.3. Виды и задачи автоматизации
- 1.4. Принципы построения систем автоматического управления
- 1.5. Понятие обратной связи
- 1.6. Функциональная схема и основные функциональные элементы системы автоматического управления**

Функциональная схема регулятора

$$\varepsilon(t) = y_0(t) - y(t)$$



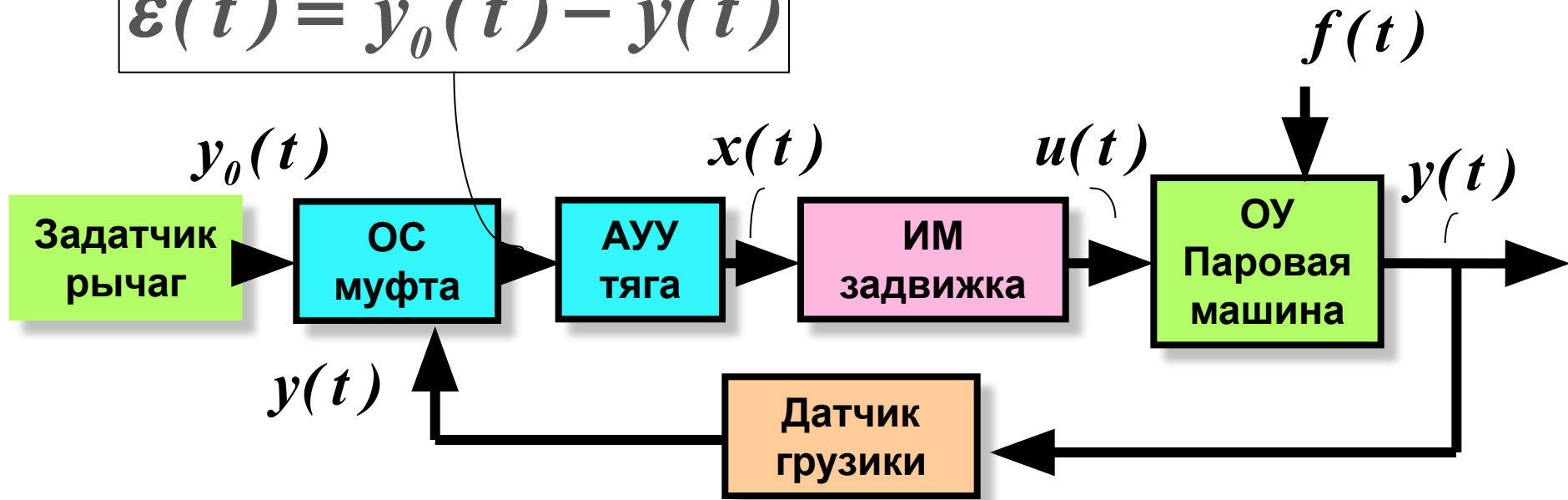
Каждый **функциональный элемент** выполняет элементарную **функцию**, которая заключается в получении, преобразовании и передачи информации в виде сигналов определенной природы.

Для удобства анализа работы автоматического устройства функциональные элементы представляются устройствами однонаправленного действия, то есть передающими сигнал в одном направлении: от входа на выход. Этим свойством обладает преимущественное большинство реальных элементов автоматики.

Схема системы автоматического управления, представленная функциональными элементами и связями между ними, называется **функциональной схемой** системы.

Основные функциональные элементы

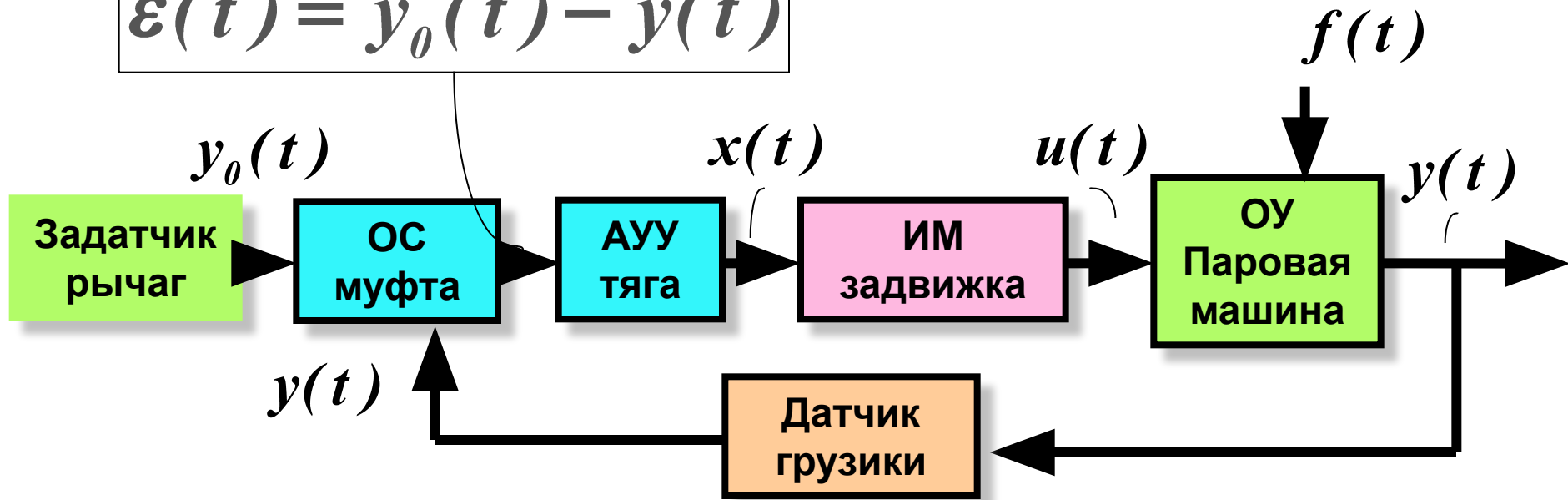
$$\varepsilon(t) = y_0(t) - y(t)$$



Датчик - измеряет фактическое значение управляемой величины и преобразует его в более удобный вид представления

Основные функциональные элементы

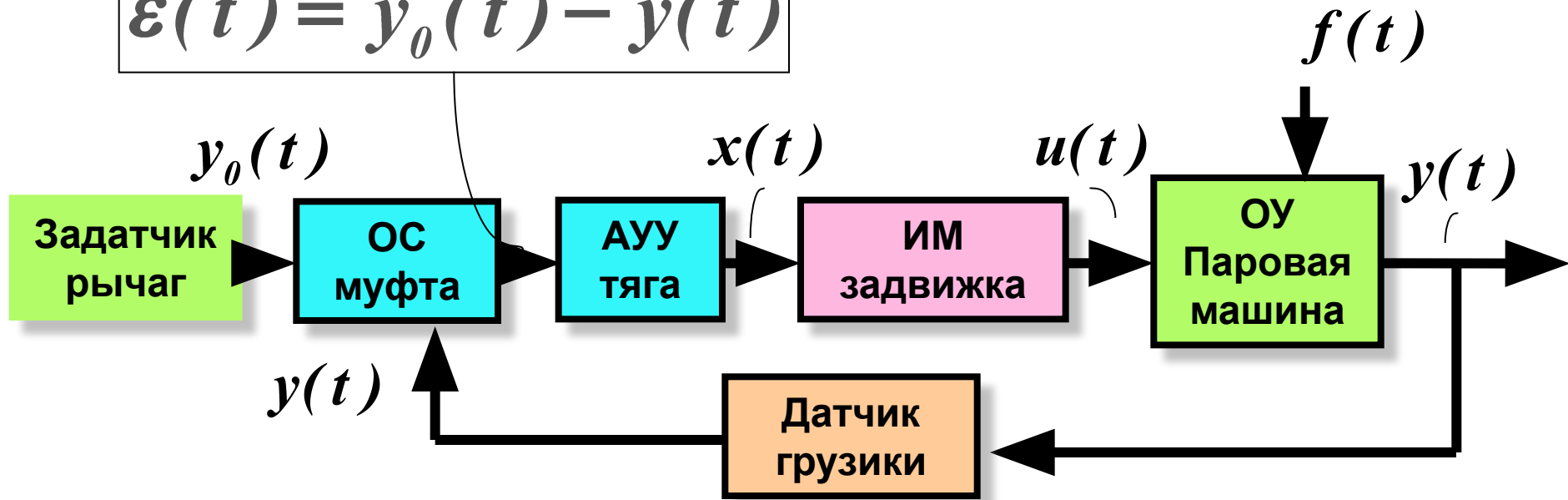
$$\varepsilon(t) = y_0(t) - y(t)$$



Задающий элемент, который вырабатывает заданное значение управляемой величины y_0 и тем самым задает алгоритм функционирования системы

Основные функциональные элементы

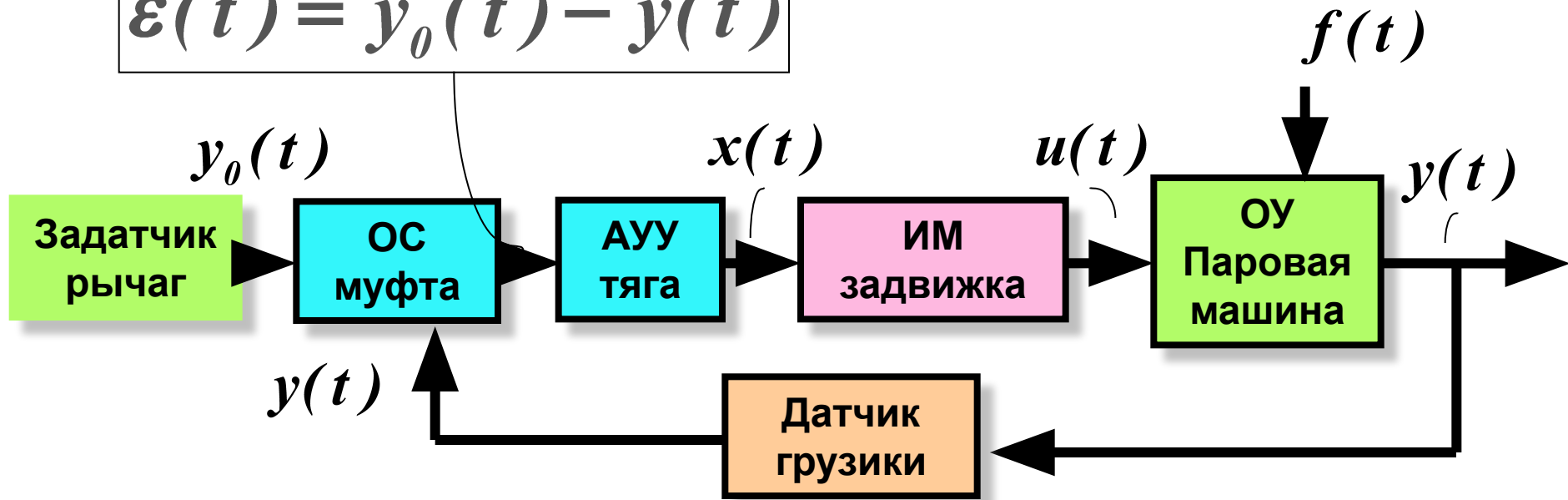
$$\varepsilon(t) = y_0(t) - y(t)$$



Орган сравнения, который сопоставляет задающее воздействие y_0 и реальное значение управляемой величины

Основные функциональные элементы

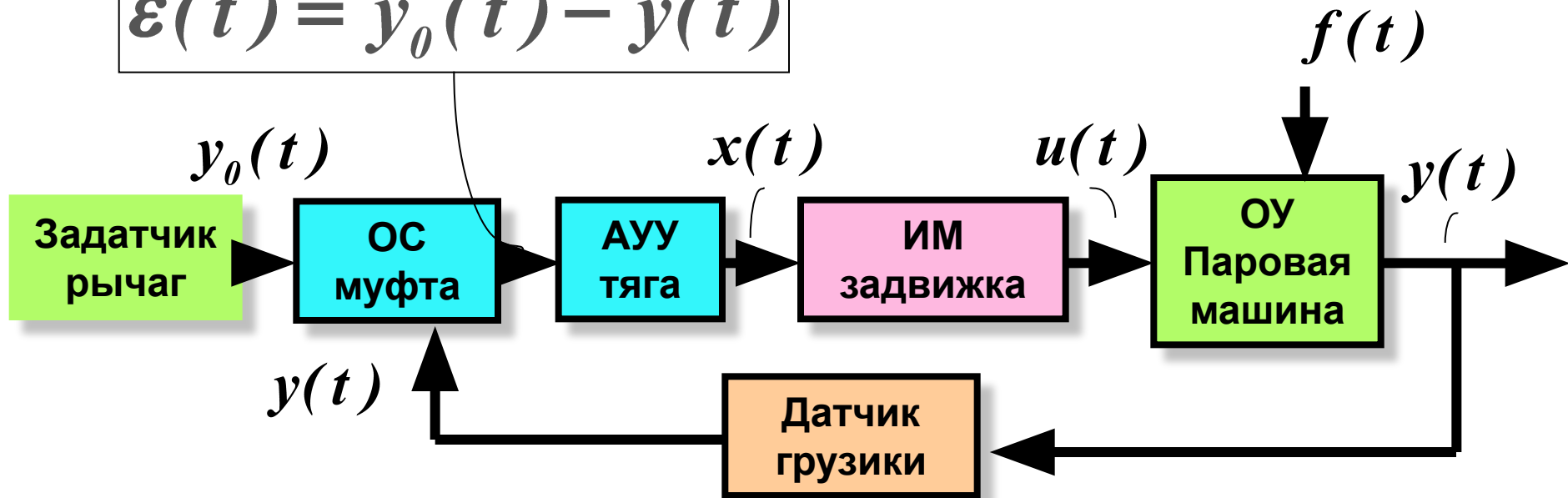
$$\varepsilon(t) = y_0(t) - y(t)$$



Автоматическое управляющее устройство (регулятор), которое формирует, согласно принятому закону управления (регулирования) управляющий сигнал

Основные функциональные элементы

$$\varepsilon(t) = y_0(t) - y(t)$$



Исполнительный механизм, который преобразует управляющее воздействие в изменение состояния объекта управления