
Теория автоматического управления

Д.т.н., профессор Юркевич Валерий Дмитриевич

Консультации: 7 корпус, ком.414

<http://ac.cs.nstu.ru/~yurkev/>

<http://ac.cs.nstu.ru/~yurkev>

- Содержание курса
- Список литературы
- Файлы описания лабораторных работ
- Список тем, выносимых на экзамен
- Описание рейтинговой системы (баллы за контр работы, лаб. работы, итоговый экзамен)
- Время консультаций

Литература

1. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Том 1 [учебник для вузов по направлению 220200 "Автоматизация и управление"] М.: Физматлит, 2007.- 310 с.
2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теории систем автоматического управления. –СПб. Изд-во «Профессия», 2004.- 752 с.
3. Французова Г.А., Шпилевая О.Я., Юркевич В.Д. Сборник задач по теории автоматического управления. Часть 1. Новосибирск, 2000, 82 с.
4. Методические указания к лабораторным работам "Исследование свойств динамических систем", № 1816, 681.5 И889, Новосибирск, 1999.

Доп. литература

1. Дорф Р., Вишоп Р. Современные системы управления, Москва, 2002, 832 с.
2. Пантелеев А.В., Бортаковский А. С. Теория управления в примерах и задачах. М.: Высшая математика, 2003. 582с.
3. Певзнер Л.Д. Практикум по теории автоматического управления. М.: Высшая школа , 2006. 589 с.
4. Бесекерский В.А. (ред.). Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. - М.: Наука, 1978.
5. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического управления, Новосибирск, 2004.

Рейтинговая система

Составляющие итоговой оценки:

- Для учебных групп РП:
Лабораторные работы - 40 %
Контрольная работа - 10 %
РГЗ - 10 %
Экзамен - 40 %

- Для учебных групп МР, МВ:
Лабораторные работы - 50 %
Контрольная работа - 10 %
Экзамен - 40 %

- Для учебных групп АБ и АБС:
Лабораторные работы - 60 %
Экзамен - 40 %

Тема 1.

Основные понятия и определения теории автоматического управления

Тема 1: Основные понятия и определения теории автоматического управления⁷

Рассматриваемые вопросы:

- История возникновения теории автоматического управления
- Основные понятия и определения
- Принципы управления
- Классификация систем автоматического управления
- Основные задачи теории автоматического управления

Мотивация возникновения и изучения основ теории управления

История развития систем с обратной связью начинается с античных времен, когда человек стал обрабатывать материалы, изменяя их форму и свойства:

- обработка металла
- изготовление военных доспехов
- водяные часы для измерения времени
- ветряные и водяные мельницы
- механизмы для управления дверями в храмах

Современные промышленные производства имеют сложные системы управления, работа которых является критическим фактором их успешного функционирования.

Влияние развития систем управления⁹ на развитие цивилизации

Возникновение и развитие систем с обратной связью имело огромное значение для развития современного общества.

Например, изобретение регулятора Уатта имело определяющее влияние на темпы промышленной революции в Англии.

Функционирование современных технических систем (самолеты, ракеты, высокоскоростные поезда, CD проигрыватели, ...) невозможно без сложных систем управления.

Обратная связь – способ сохранения 10 состояния равновесия системы

Обратная связь является основным
механизмом (способом) поддержания
состояния равновесия (гомеостазис) в
технических системах,
в живой природе,
в социальных системах

*Гомеостазис - (от греч. *homoios* - подобный и *stasis* - состояние) --стремление и способность системы сохранять равновесное состояние.*

Обратная связь – способ сохранения 11 состояния равновесия системы

Ч. Дарвин – применение принципа обратной связи для анализа эволюции форм жизни в природе.

И. Павлов - применение принципа обратной связи для объяснения механизма формирования условных рефлексов.

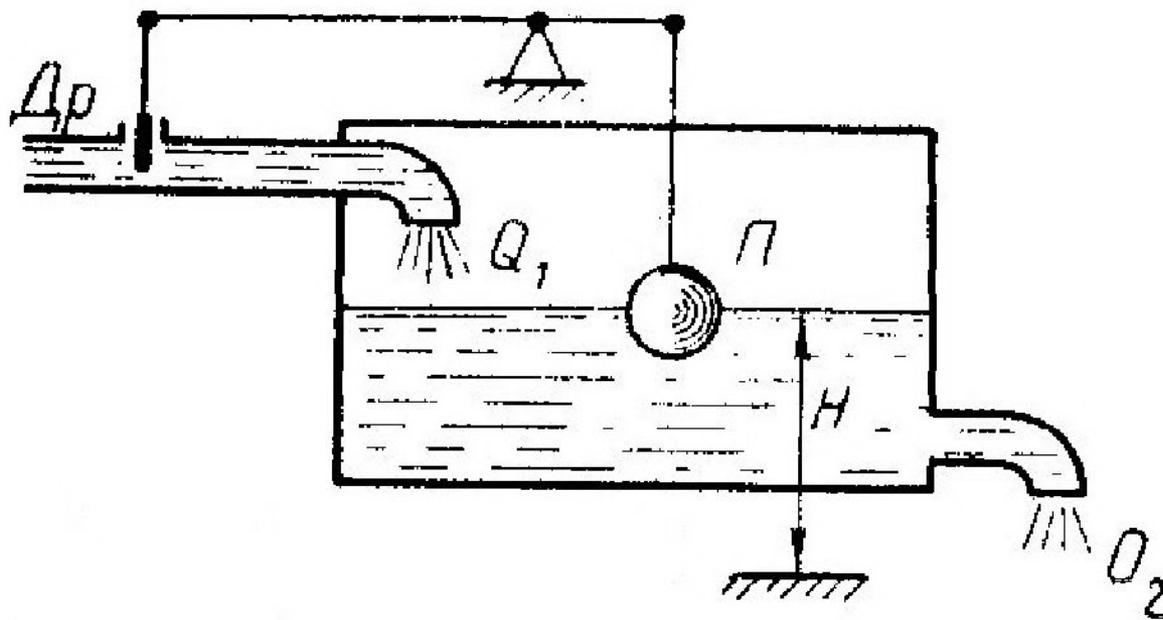
Винер, (Wiener) 1948 - применение принципа обратной связи для объяснения механизма гомеостаза живых организмов.

К.Маркс - применение принципа обратной связи для анализа закономерностей развития капиталистического производства

Обратная связь – способ сохранения 12 состояния равновесия системы

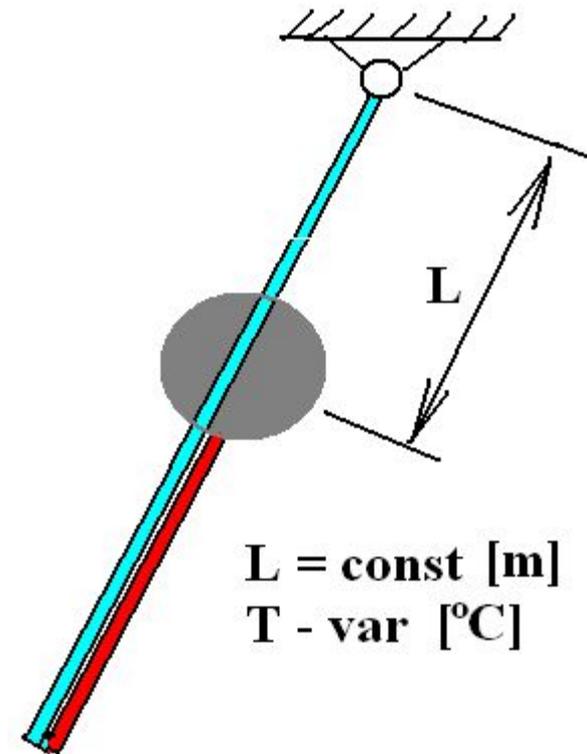
1-2 тысячи лет назад - поплавковый регулятор уровня
воды для водяные часы

И.И.Ползунов, 1765 - автоматический поплавковый
регулятор уровня воды в котле паровой машины

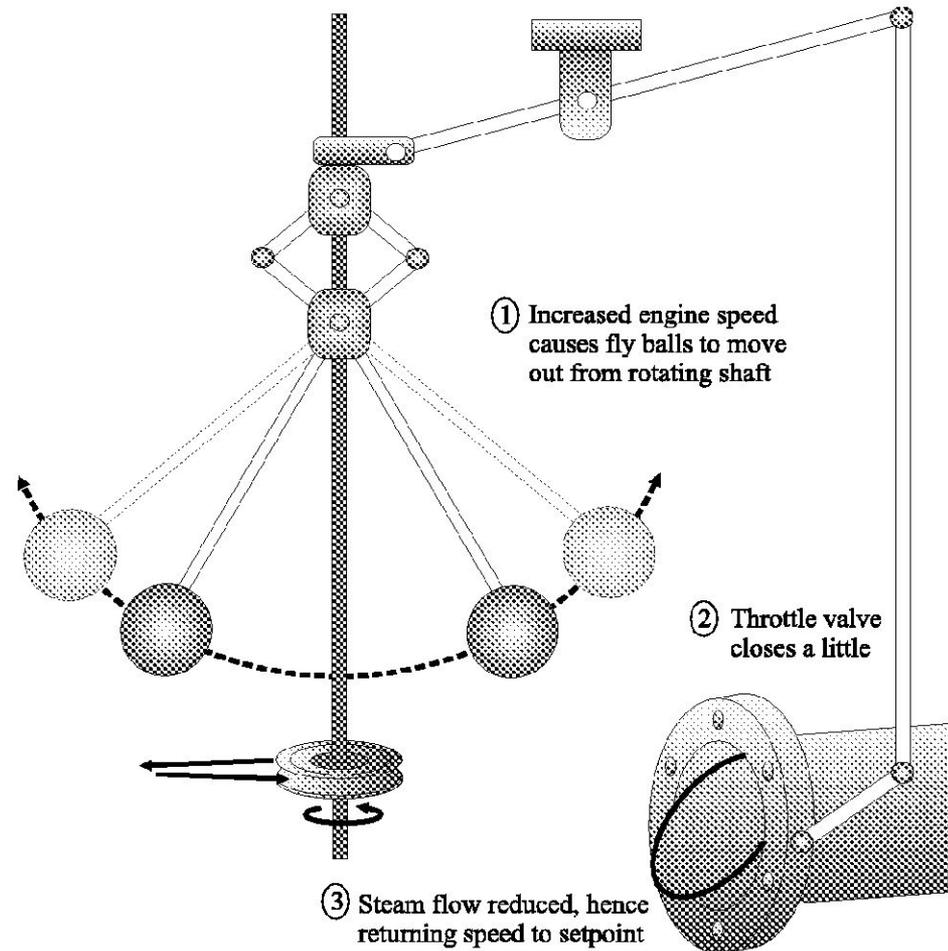


Обратная связь – способ сохранения 13 состояния равновесия системы

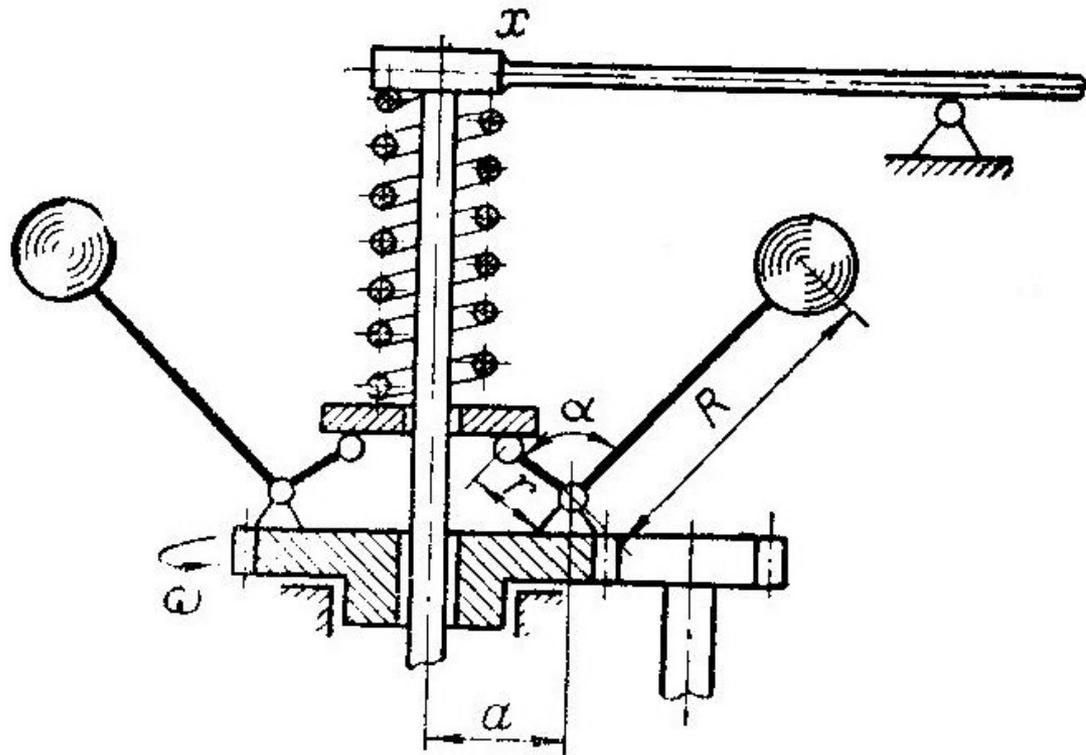
Гюйгенс, 1657 -
маятниковый регулятор
хода часов с
**температурной
компенсацией** длины
маятника на основе
применения металлов с
различным
коэффициентом
температурного
расширения



Центробежный регулятор Уатта (J. Watt, 1783)

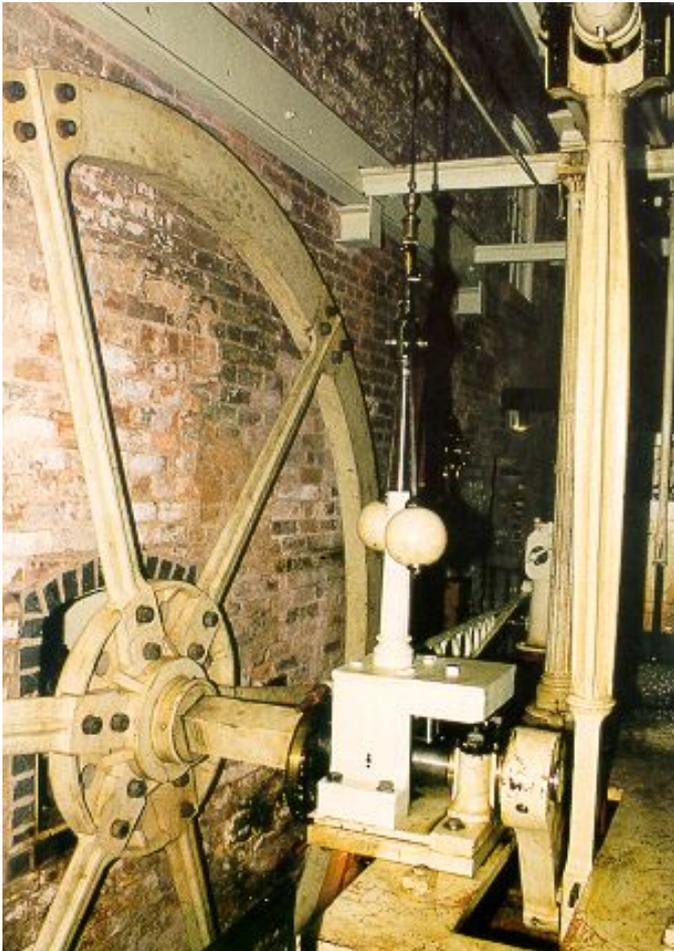


Центробежное устройство для измерения скорости вращения вала



Регуляторы хода водяных мукомольных мельниц с центробежными маятниковыми элементами применялись начиная со средних веков

Центробежный регулятор Уатта (J. Watt, 1783)

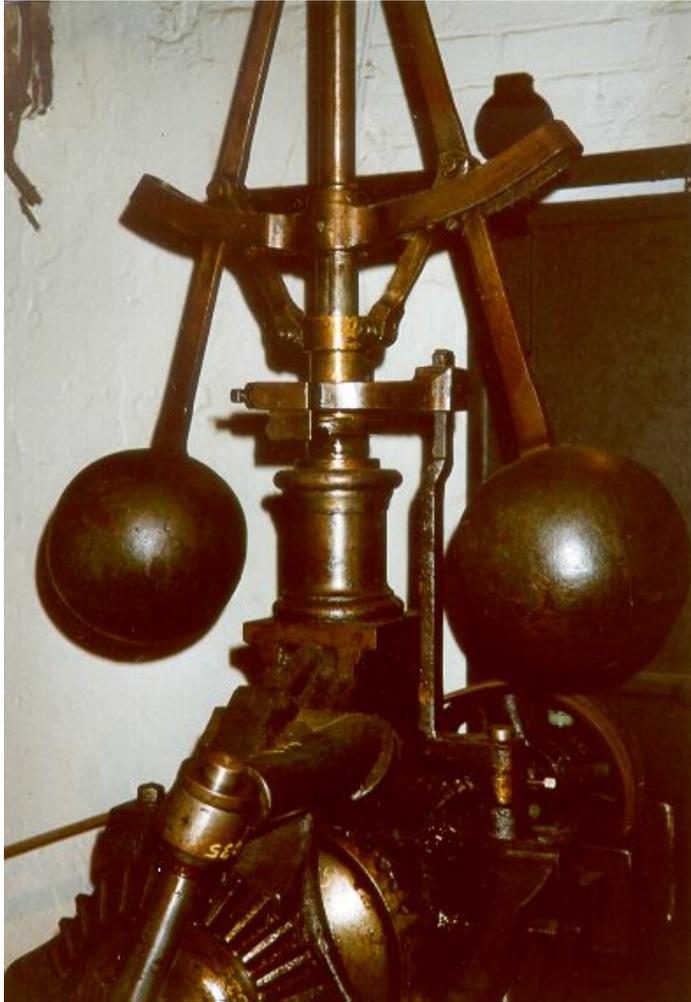


Фотография центробежного регулятора Уатта для паровой машины на текстильной фабрике около Манчестера в Англии.

Манчестер был центром промышленной Революции 17-го века.

Данная текстильная фабрика существует и в настоящее время

Центробежный регулятор Уатта (J. Watt, 1783)



Данный центробежный регулятор использовался на текстильной фабрике в Манчестере.

Регулятор использовался для управления скоростью водяного колеса путем перекрытия заслонкой потока воды.

Колесо вращается потоком воды из реки.

Применения математического анализа¹⁸ для анализа свойств систем с обратной связью

**Д.К.Максвелл (J.C. Maxwell), 1866, статья
«О регуляторах»**

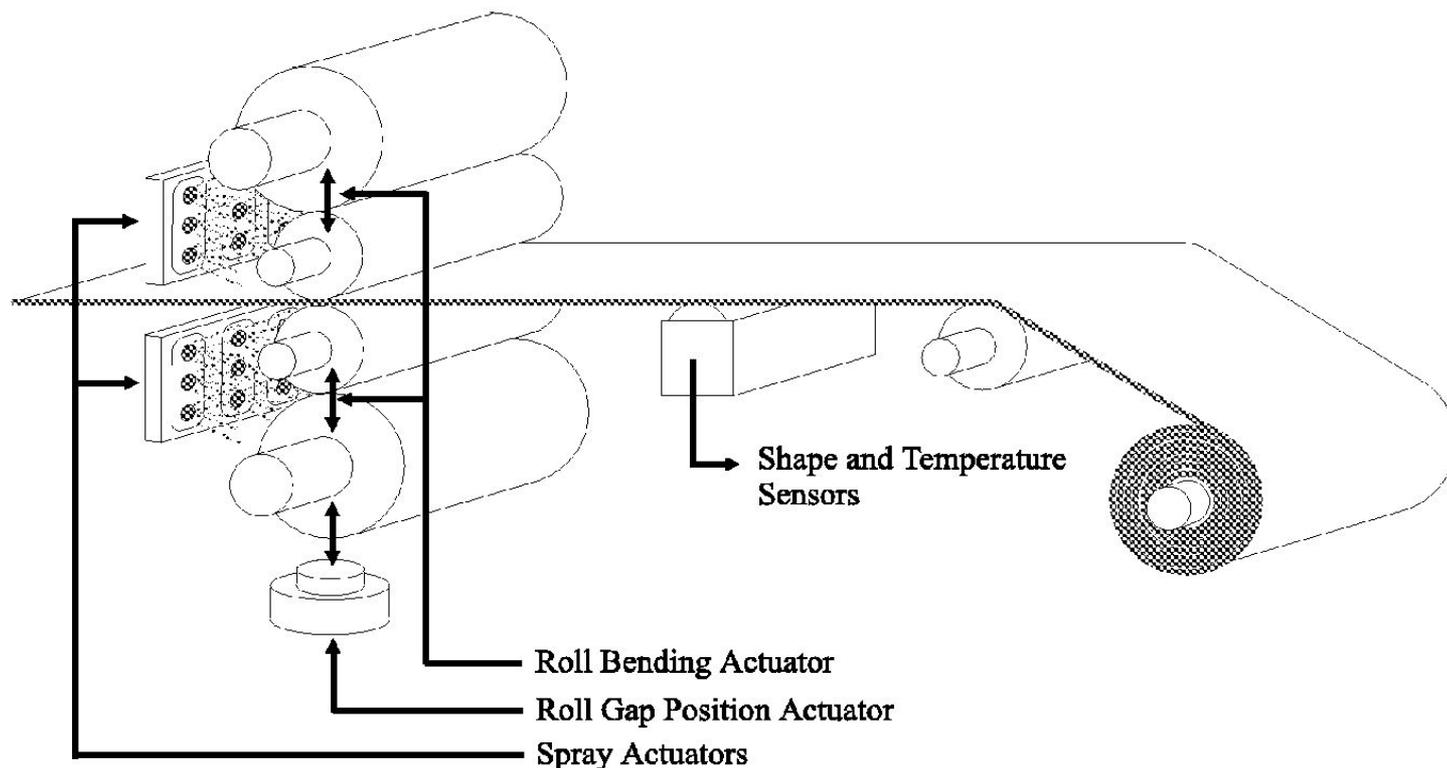
**И.А.Вышнеградский , 1876, статья «Об
общей теории регуляторов»**

**И.А.Вышнеградский , 1877, статья «О
регуляторах прямого действия»**

**V. Volterra, 1931 - математический анализ
гомеостазиса двух популяций рыб в
замкнутом пруду**

Система управление толщиной ленты на прокатном стане¹⁹ на прокатном стане

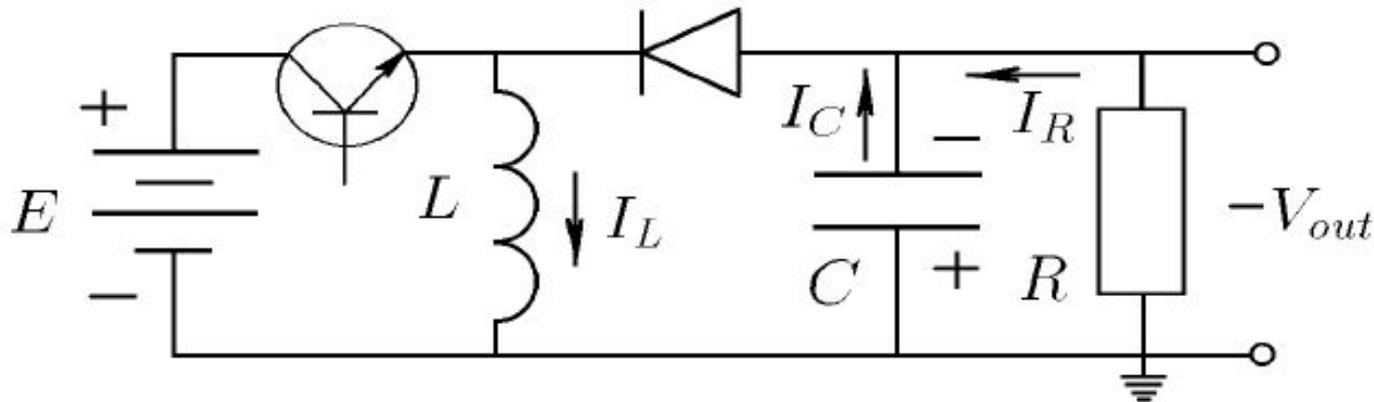
Особенностью процесса является использование нескольких исполнительных механизмов (многоканальная система управления)



Космическая орбитальная станция



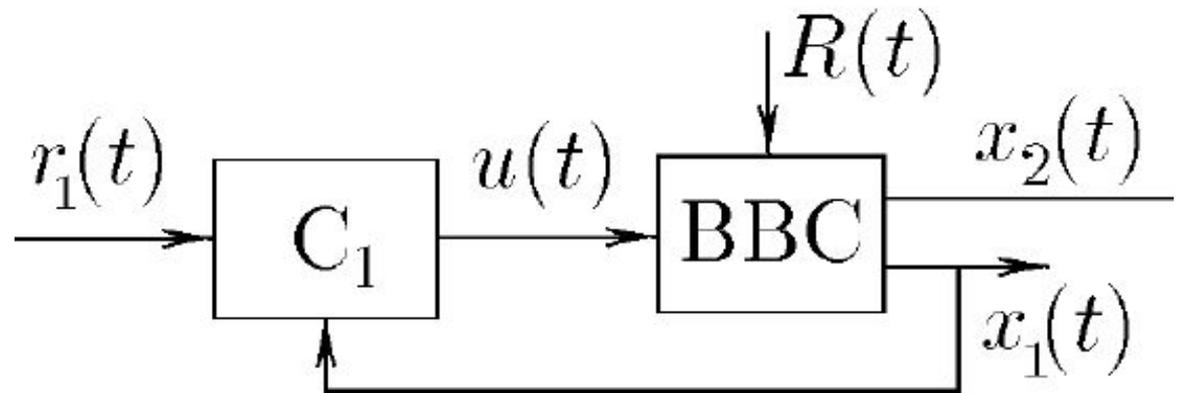
Повышающе-понижающий преобразователь²¹ напряжения как объект управления



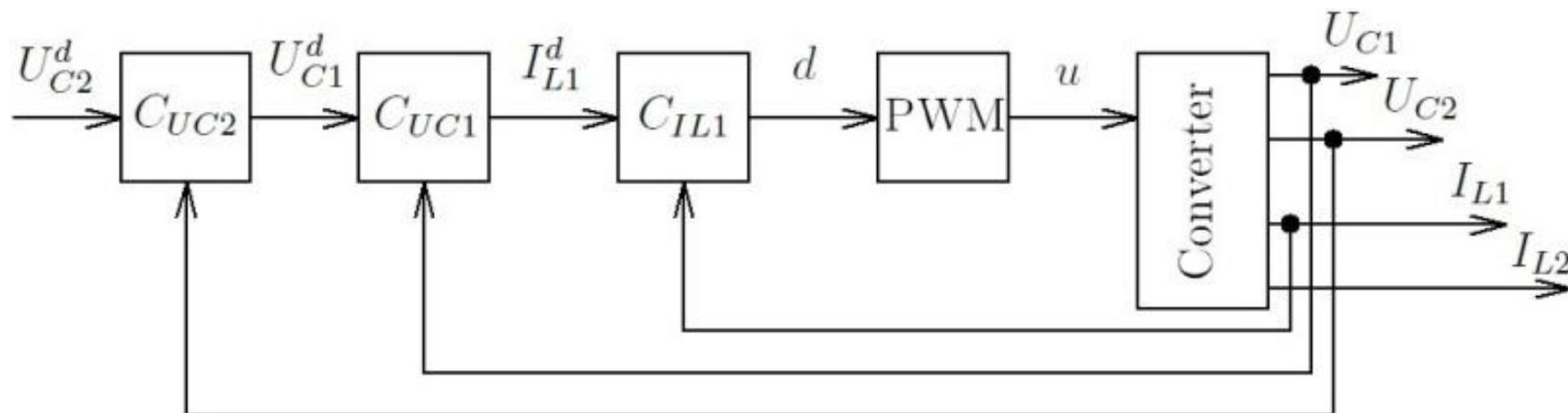
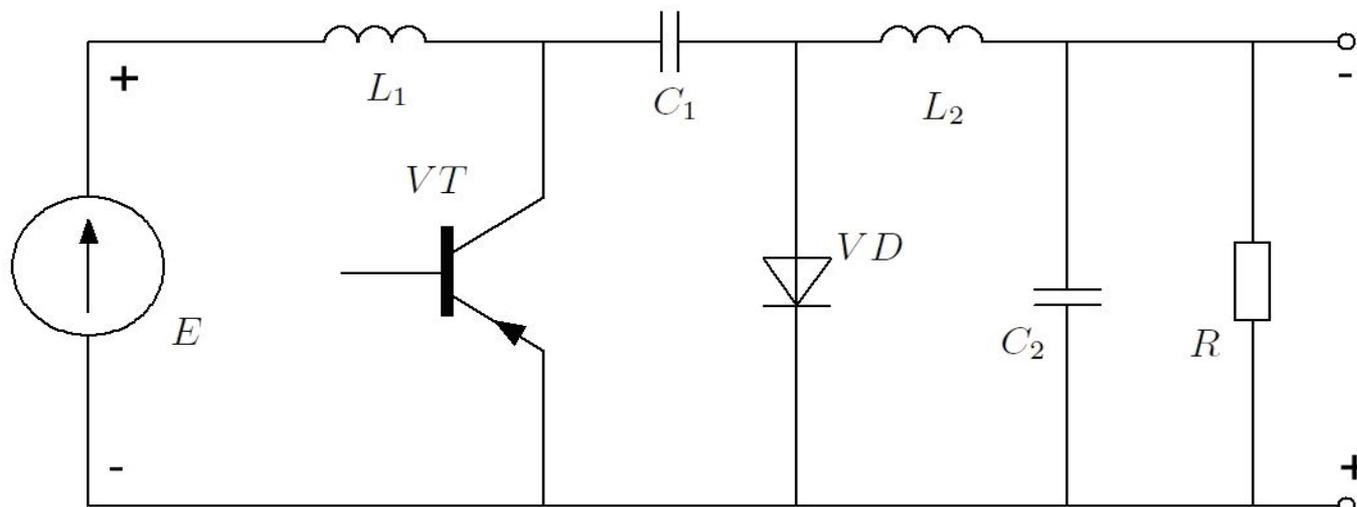
$$x_1 = I_L$$

$$x_2 = V_C = V_{out}$$

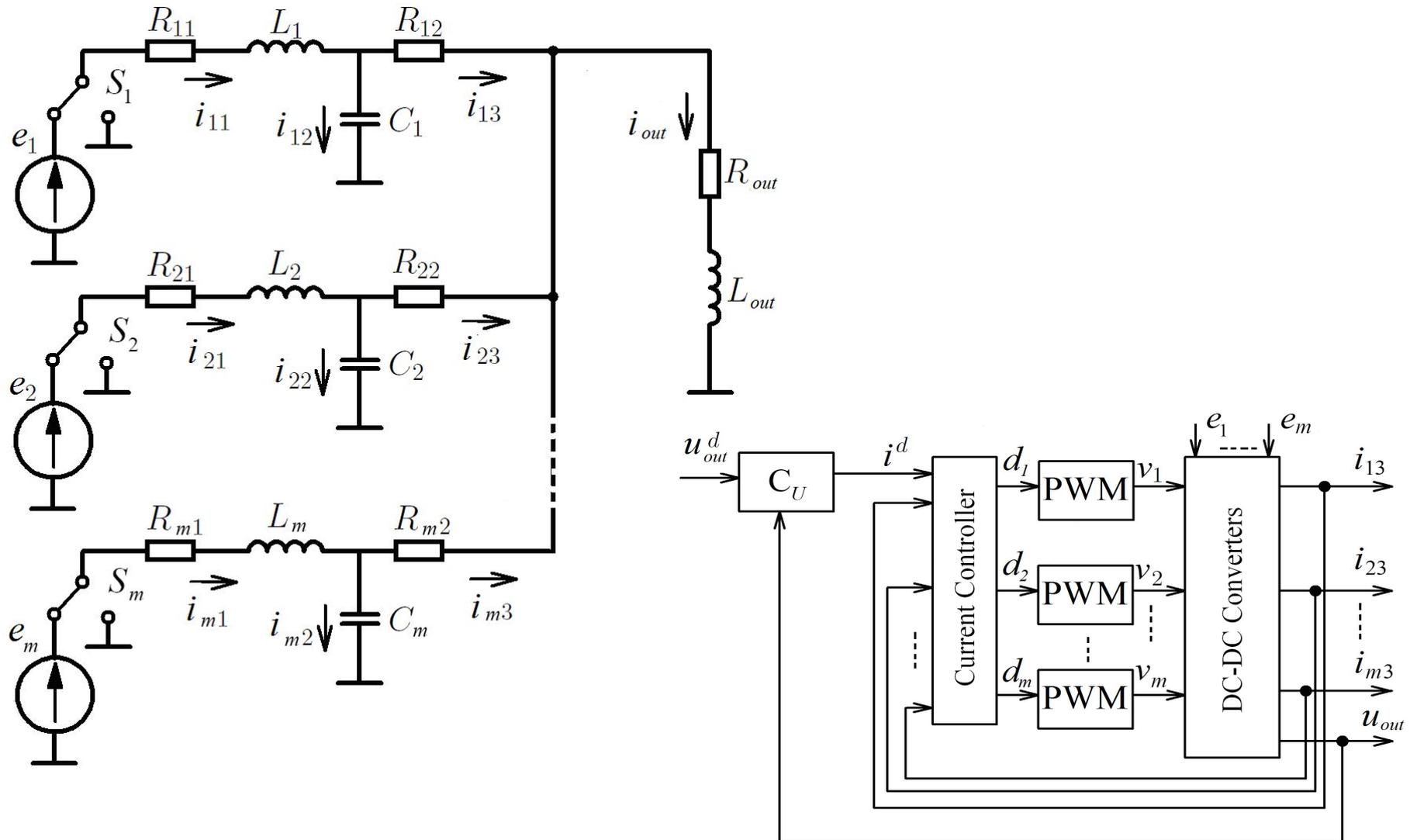
$$\lim_{t \rightarrow \infty} V_C(t) = V_C^d$$



Преобразователь Кука как объект управления



DC-DC преобразователи с общей нагрузкой



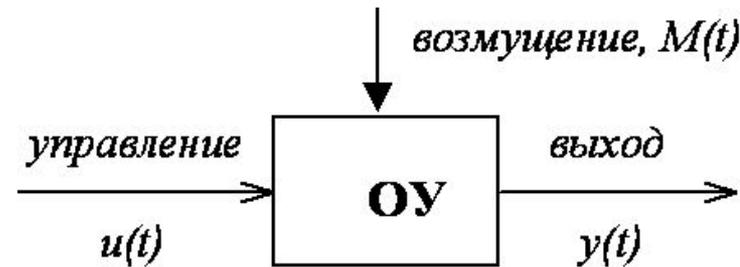
Основные понятия теории автоматического управления

24

- Управление
- Автоматическое управление (регулирование)
- Объект управления (ОУ)
- Внешние воздействия
 - Управляющие воздействия (управление)
 - Возмущающие воздействия (возмущение)
- Цель управления
- Устройство управления (УУ), регулятор

Объект управления

- **Объект управления** - техническое устройство или физический процесс, на поведение которого можно оказать какое-либо влияние.



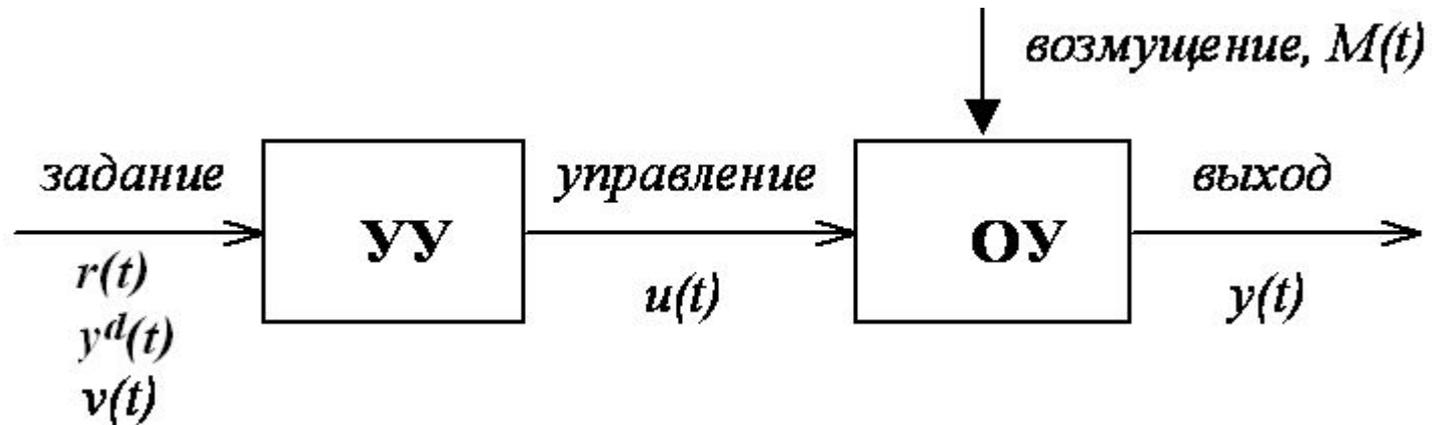
- **Управление** - воздействие на объект управления с целью изменения его поведения нужным образом.
- **Автоматическое управление (регулирование)** – обеспечение заданного состояния регулируемых переменных (выхода) автоматически с помощью технического устройства (регулятора).

Основные принципы управления

- Принцип разомкнутого управления
- Принцип компенсации
(управление по возмущению)
- Принцип обратной связи
(управление по отклонению)

Основные принципы управления

- Принцип разомкнутого управления

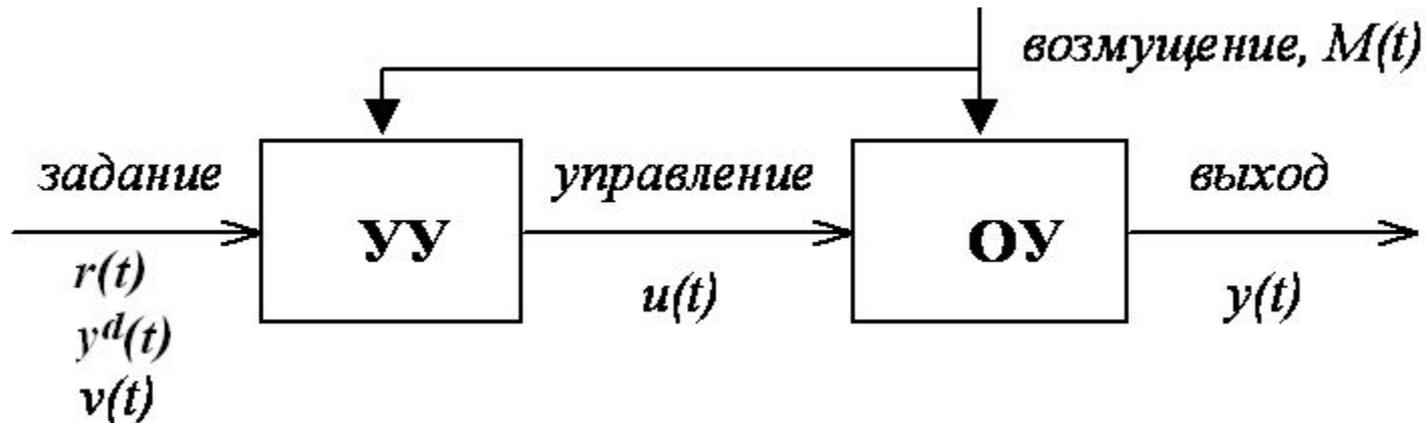


Недостатки:

1. Необходима полная информация о модели ОУ
2. Невозможно устранить влияние возмущений

Основные принципы управления

- Принцип компенсации
(управление по возмущению)

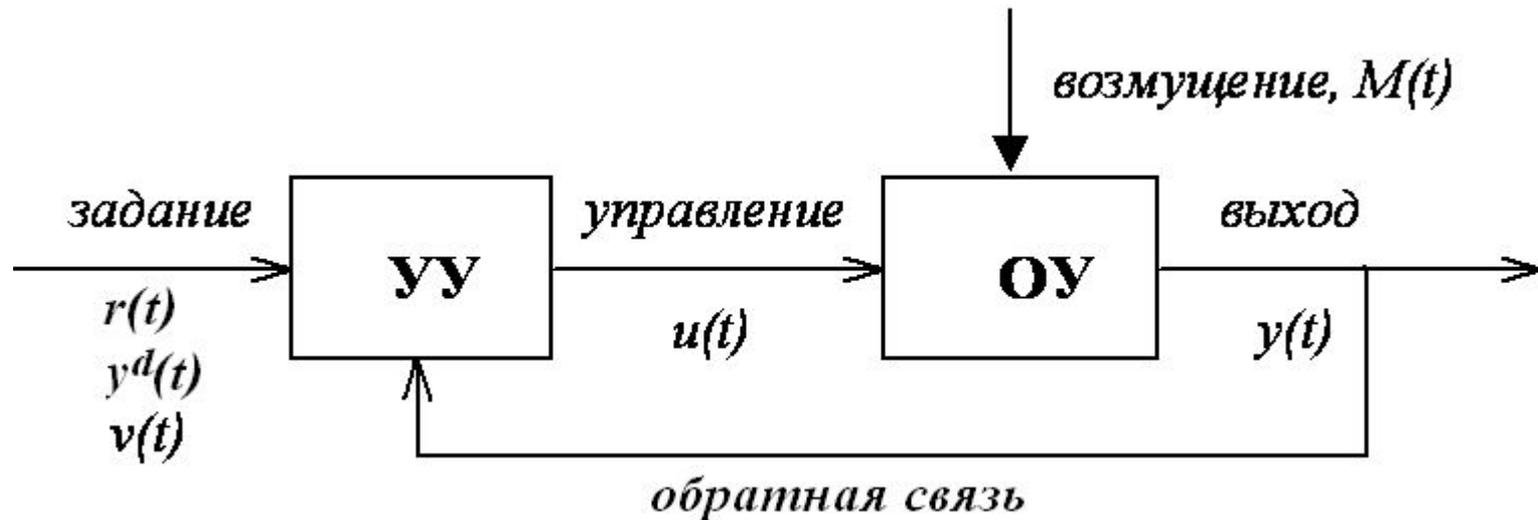


Недостатки:

1. Необходима полная информация о модели ОУ
2. Требуется измерение возмущающих воздействий

Основные принципы управления

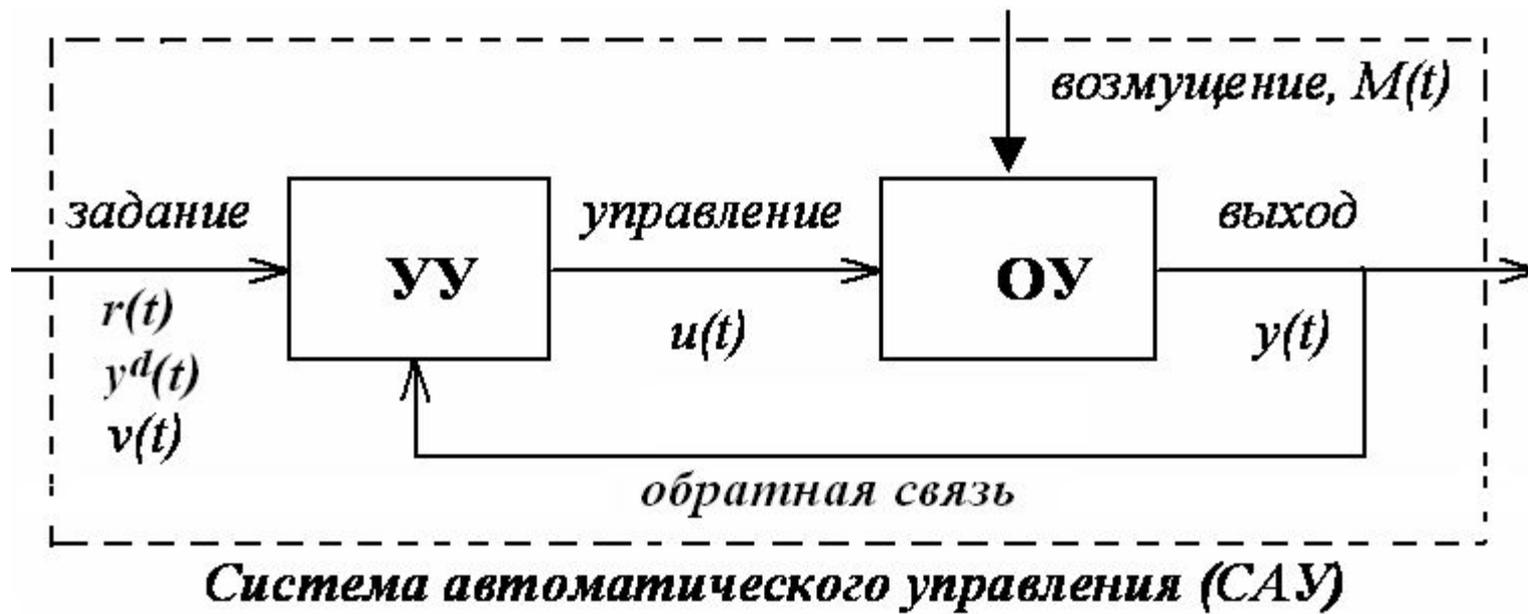
- Принцип обратной связи
(управление по отклонению)



Достоинства:

1. Управление при неполной информации о модели ОУ
2. Не требуется измерение возмущающих воздействий

Система автоматического управления



Классификация САУ (1)

- **По виду сигналов**
 - Непрерывные системы
 - Дискретные системы
 - Релейные системы
- **По характеру процессов**
 - Нелинейные системы
 - Линейные системы
- **По объему требуемой информации**
 - Адаптивные системы
 - Неадаптивные системы

Классификация САУ (2)

- **По цели управления**
 - Системы стабилизации
 - Регулирование по заданной программе
 - Следящие системы
 - Оптимальные системы управления
- **По характеру процессов в объекте управления**
 - Системы с сосредоточенными параметрами (конечномерные системы)
 - Системы с распределенными параметрами (бесконечномерные системы)

Классификация САУ (3)

- По виду используемой в регуляторе энергии для управления
 - Электрические
 - Механические
 - Пневматические
 - Гидравлические
 - Комбинированные

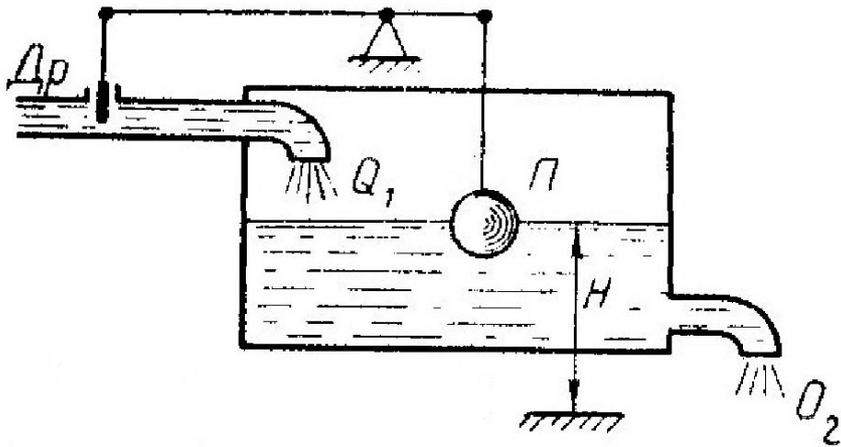
*Наиболее распространенные регуляторы:
электрогидравлические регуляторы и
электронепневматические регуляторы*

Классификация САУ (4)

- **По наличию дополнительного источника энергии в регуляторе**
 - Системы с регулятором прямого действия (*измерительное устройство непосредственно действует на регулирующий элемент в САУ*)
 - Системы с регулятором непрямого действия (*сигнал с измерительного устройства поступает на усилитель мощности, который затем подается на исполнительный двигатель регулирующего элемента в САУ*)

Схема регулирования уровня воды в котле

1. Регулятор прямого действия



2. Регулятор непрямого действия

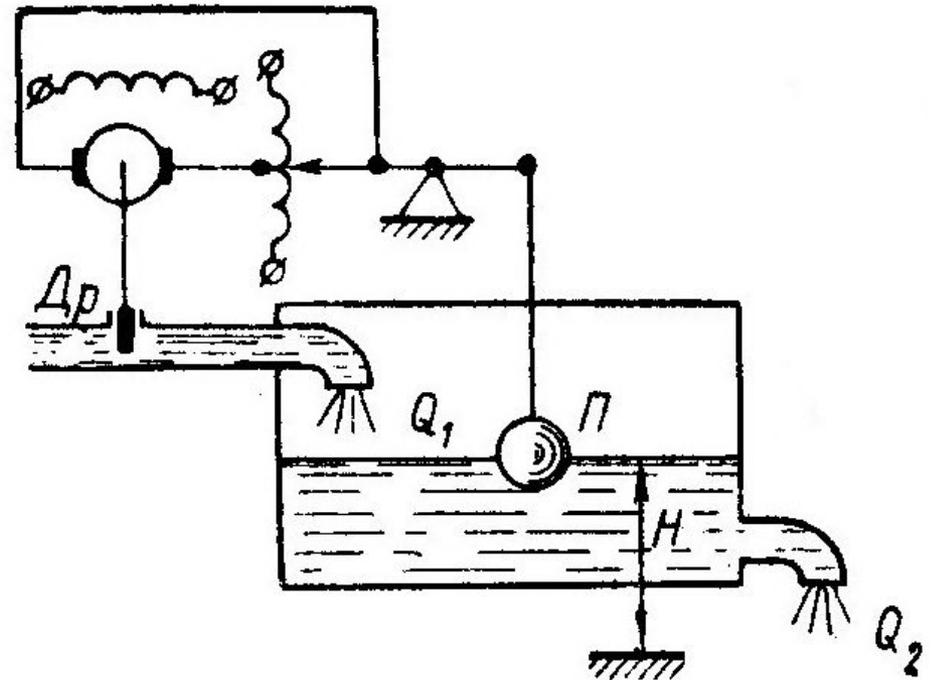
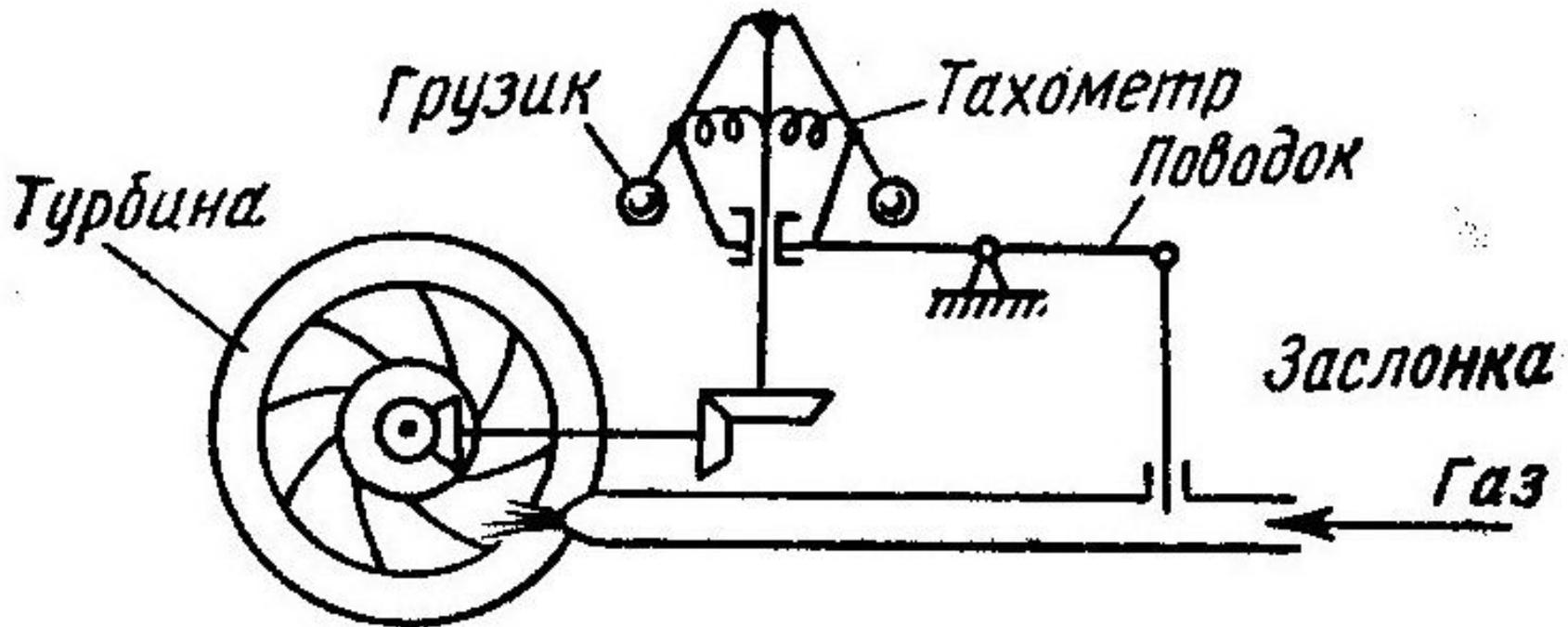
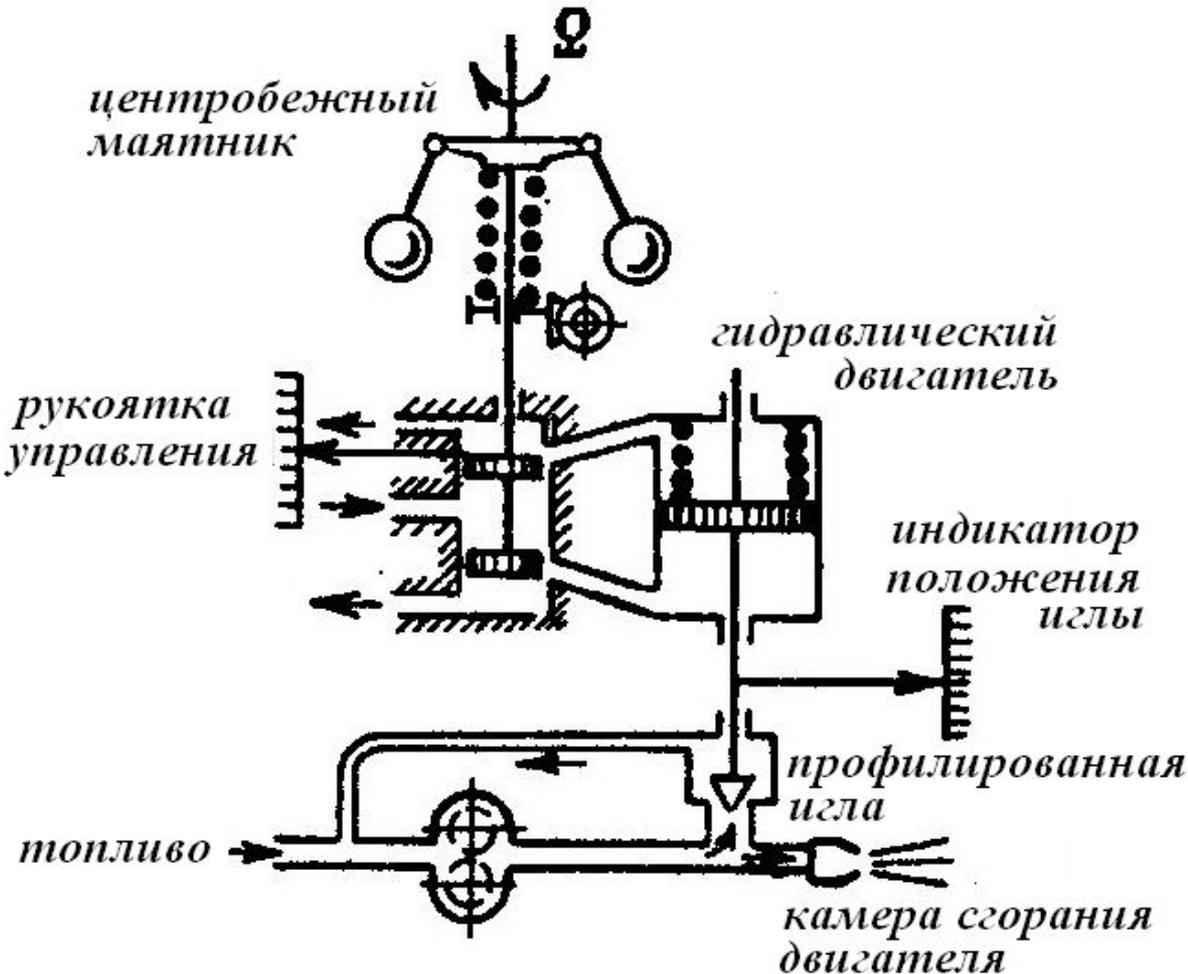


Схема регулятора прямого действия скоростью вращения газовой турбины

(измерительное устройство непосредственно действует на регулирующий элемент в САУ)



37 Схема регулятора непрямого действия скоростью вращения турбины ТРД



Сигнал с измерительного устройства поступает на гидравлический усилитель, который перемещает регулирующий элемент (игла перепуска топлива)

Основные задачи теории автоматического управления

- Изучение математических моделей объектов управления
- Изучение методов анализа свойств процессов в системах управления
- Изучение методов проектирования устройств управления (регуляторов), обеспечивающих заданное поведение объекта управления

Тема 2.

Динамические характеристики линейных систем
