1) Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы. Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение, программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование. Классификация систем управления.

**Цели и принципы управления, динамические системы**

***САУ*** *– это такая система, в которой управляющие функции выполняются автоматически, т.е. без участия чело­века.*

***АСУ*** *(автоматизированная система управления) - это система, в которой часть управляющих функций выполняется автоматическими управляющими устройствами, а часть функций (наиболее важных и сложных) выполняется человеком.*

**Управление —** процесс целенаправленного поведения системы посредством информационных воздействий, вырабатываемых человеком (группой людей) или устройством.

**Задача управления** – измерять протекающие в объекте управления процессы путем воздействия на него соответствующими командами, таким образом, чтобы была достигнута поставленная цель.

**Системой автоматизированного управления** называется система, представляющая собой совокупность объектов управления и управляющего устройства, обеспечивающего процесс управления, т.е. целенаправленное воздействие, приводящее к желаемому изменению управляемых переменных.

Фундаментальные принципы управления:

1. Принцип разомкнутого управления
2. Принцип компенсации (управление по возмущению, компенсация возмущений)
3. Принцип обратной связи

**Динамическая система** – любой объект или процесс, для которого однозначно определено понятие состояния, как совокупности некоторых величин в некоторый момент времени, и задан закон, описывающий эволюцию начального состояния с течением времени.

**Динамической системой** (ДС) будем называть систему, функционирование которой во времени описывается с помощью дифференциальных (в случае непрерывного времени) или разностных (в случае дискретного времени) уравнений или их систем.

**Внешние возмущения**, являющиеся источниками информации об управляющем воздействии на систему, будем называть **входным сигналом** (входными переменными, входами) и обозначать y1(t), y2(t), ..., yn(t). Величины, характеризующие результаты управления, будем называть выходным сигналом (выходными переменными, выходами) и обозначать x1(t), x2(t), ..., xm(t).

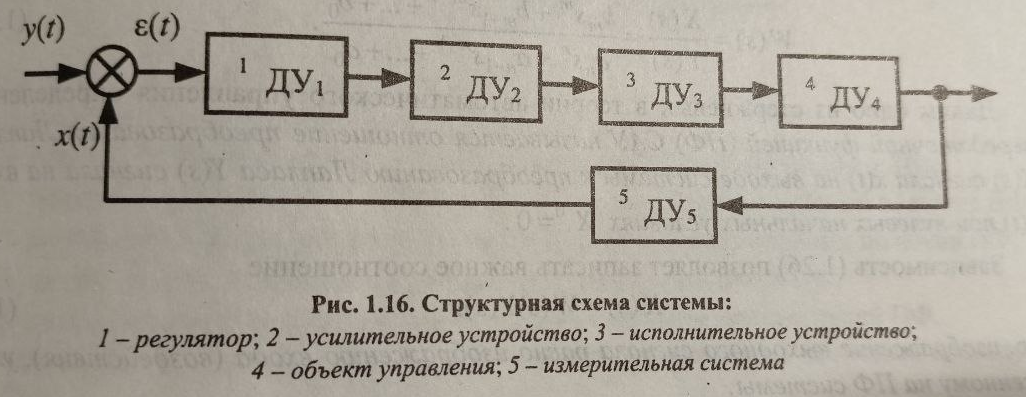
**Математическое описание объектов управления:**

**Пространство состояний** — в [теории управления](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) один из основных методов описания поведения динамической системы. Движение системы в пространстве состояний отражает изменение ее **состояний**.

В пространстве состояний создаётся модель [динамической системы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0), включающая набор переменных входа, выхода и [состояния](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D1%8F), связанных между собой [дифференциальными уравнениями](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%84%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) первого порядка, которые записываются в [матричной](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D0%B0_(%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) форме. В отличие от описания в виде [передаточной функции](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) и других методов частотной области, пространство состояний позволяет работать не только с линейными системами и нулевыми начальными условиями.

**Передаточная функция** – отношение преобразования Лапласа X(s) сигнала x(t) на выходе системы к преобразованию Лапласа Y(s) сигнала на входе y(t) при нулевых условиях X^0=0

**Структурная схема** – схема системы, в которой указаны математические модели ее элементов (например, в форме дифференциальных уравнений).



**Основные задачи теории управления:**

Имеется 4 основные задачи управления: стабилизация; программное управление; слежение; оптимальное управление.

**Стабилизация системы** – это поддержание ее выходных показателей вблизи заданных значений.

**Программное управление** – это поддержание выходных показателей вблизи заданных значений, зависящих от времени заданным образом.

**Слежение** – это обеспечение как можно более точного соответствия между состоянием или поведением объекта управления и состоянием или поведением какого-либо другого объекта, которым управлять невозможно.

**Оптимальное управление** – при нем нужно наилучшим образом выполнить задачу, стоящую перед объектом при заданных условиях и ограничениях. Для осуществления процесса управления нужно наличие 3-х элемент**:**

* управляемый объект (система, над которой производится управление);
* орган управления (система, на вход которой поступает сигналы о состоянии управляемого объекта и среды, а на выходе сигнал о необходимости управления);
* исполнительный орган (система, на вход которой поступает сигнал о необходимости управления, а на выходе вырабатывается управленческое воздействие на объект).

**Экстремальное регулирование** – в ряде процессов показатель качества можно представить в виде функции, управление можно считать оптимальным, если оно обеспечивает поддержание этого показателя в **точке максимума**.

**Классификация систем управления**

**Линейными** называют класс систем, описываемый линейными операторными уравнениями (например, линейными дифференциальными уравнениями или их системами), в противном случае система входит в класс нелинейных систем.

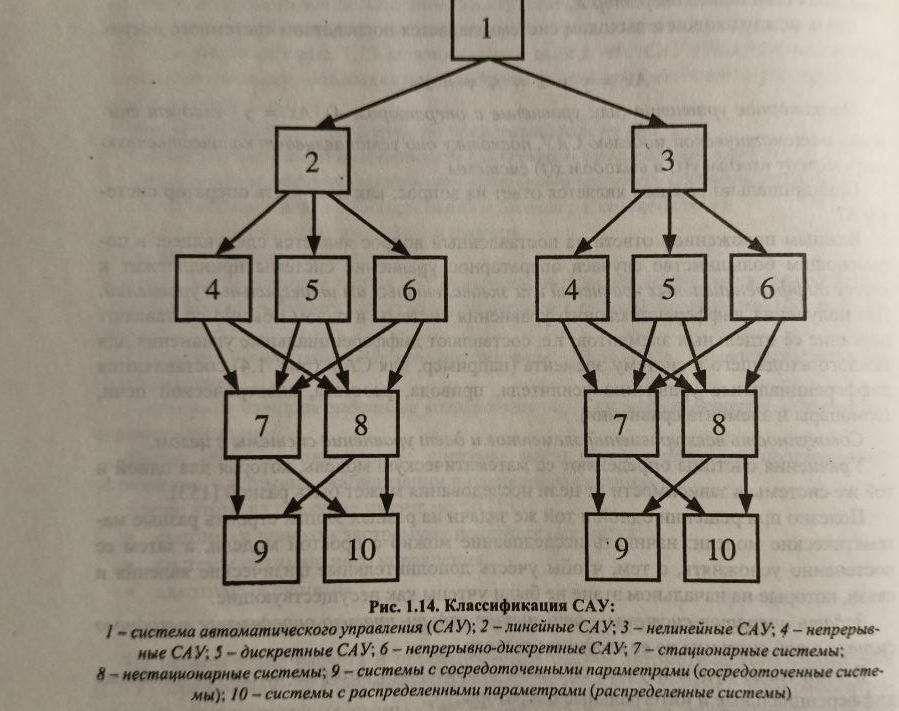
**Дискретные системы** – описываются разностными уравнениями или системами разностных уравнений.

**Стационарные системы** – описываются дифференциальными уравнениями или системами уравнений с постоянными коэффициентами.

**Нестационарные системы** – описываются дифференциальными уравнениями или системами уравнений с переменными коэффициентами.

**Сосредоточенные системы** – описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями.

**Распределенные системы** – описываются дифференциальными уравнениями в частных производных.



2) Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы. Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и их взаимосвязь, частотные характеристики. Типовые динамические звенья и их характеристики

**Структуры систем управления**

**Структура системы** – расчленение ее на группы элементов с указанием связей между ними, неизменное на все время рассмотрения и дающее представление о системе в целом.

Структура системы может быть охарактеризована по имеющимся в ней типам связей.

Системы управления разделяются на **замкнутые** и **разомкнутые**.

В **разомкнутой системе** управляющее воздействие вырабатывается на основе информации о величине возмущающих воздействий, характеристиках объекта и цели управления. В таких системах управляющее устройство не получает информации о результатах управления. Такое управление называют **жестким**. В разомкнутой системе реализуется принцип **управления по возмущению**.

***Система управления по возмущению*** – это такая система, в которой для уменьшения отклонения управляющей величины от заданной измеряется управляющее воздействие, обрабатывается по определенному алгоритму и накладывается на прежний управляющий сигнал. В системах управления по возмущению управляющее воздействие зависит от возмущающего и задающего воздейст­вий: причем в большинстве случаев оператор *Ау* может быть разделен на две независящие друг от друга составляющие.

Важным **достоинством** разомкнутых систем является их простота, и они широко используются для решения относительно простых задач управления. Основным **недостатком** разомкнутых систем является то, что в них необходимо измерять и компенсировать отдельно влияние каждого возмущающего воздействия.

В **замкнутой системе** управляющее воздействие вырабатывается на основе информации о характеристиках объекта, цели и **результатах** управления. В таких системах осуществлен замкнутый цикл передачи воздействий, т.е. значение управляемой величины на выходе объекта влияет на значение управляющей величины на входе объекта, т.е. эта система с обратной связью. **Обратной связью** называется подача сигнала с выхода какого-нибудь устройства на его вход. **Отрицательная обратная связь** противодействует тенденциям изменения выходного параметра, т.е. направлена на сохранение, стабилизацию требуемого значения параметра. **Положительная обратная связь** сохраняет и усиливает тенденции происходящих в системе изменений того или иного выходного параметра.

В **замкнутой системе управления** для формирования управляющего воздействия используется **отклонение** текущего значения управляемой величины от требуемого значения.

**недостатки**:

-для управления по отклонению необходимо наличие отклонения, т.е., прежде чем ликвидировать отклонение, необходимо, чтобы оно сформировалось;

- в замкнутых системах возможно **возникновение колебаний**.

Поэтому для повышения точности систем управления применяются **комбинированные** системы управления, построенные на использовании сочетания обоих основных принципов управления – по **возмущению** и **отклонению**.

Системы **комбинированного управления** представляют собой один из наиболее совершенных типов. Они находят широкое применение в тех случаях, когда предъявляются высокие требования к точности управления. Для применения комбинированного управления необходимо иметь возможность измерять основные возмущающие воздействия.

**Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и их взаимосвязь, частотные характеристики**

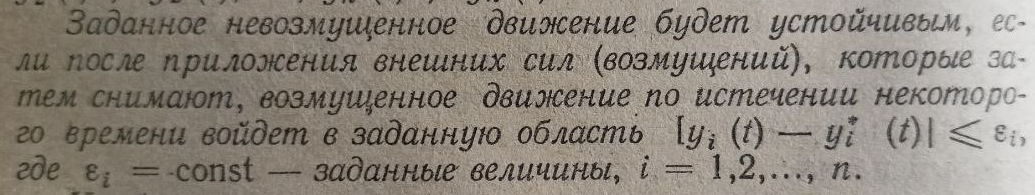
**Статические характеристики** определяют статику системы, т.е. ее поведение в установившемся режиме. **Статической характеристикой** называется отношение выходной величины к входной величине в установившемся режиме. **Статические характеристики** позволяют: определить коэффициент усиления системы; степень ее нелинейности; величину статизма; произвести согласование рабочих точек системы.

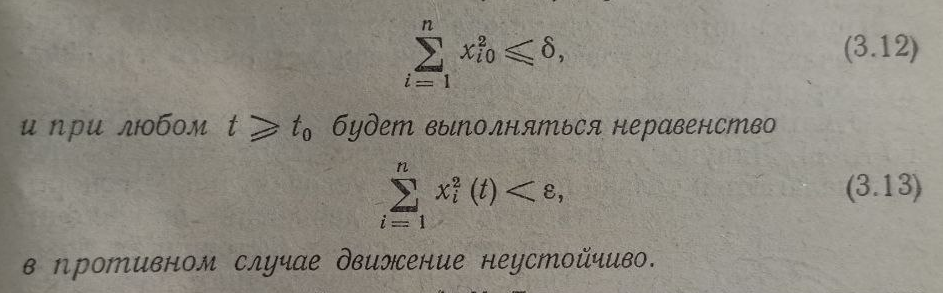
**Динамические характеристики** определяют динамику системы, т.е. ее поведение в неустановившемся (переходном) режиме. При этом используют следующие основные динамические характеристики: передаточная функция, временные характеристики, частотные характеристики.

**Типовые динамические звенья и их характеристики**

3) Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости.

**Понятие об устойчивости систем управления.**

 **Устойчивость по Ляпунову** – невозмущенное движение называют устойчивым по отношению к переменным xi, если при всяком произвольно заданном положительном числе ε, как бы мало оно ни было, можно выбрать другое такое положительное число δ(ε), что при всяких возмущениях xi0, удовлетворяющих условию:



4) Методы синтеза обратной связи. Элементы теории стабилизации. Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Дуальность управляемости и наблюдаемости. Канонические формы. Линейная стабилизация. Стабилизация по состоянию, по выходу. Наблюдатели состояния. Дифференциаторы.

5) Управление при действии возмущений. Различные типы возмущений: операторные, координатные. Инвариантные системы. Следящие системы.

6) Управление в условиях неопределенности. Позитивные динамические системы: основные определения и свойства, стабилизация позитивных систем при неопределенности.

7) Элементы теории реализации динамических систем. Основные виды нелинейностей в системах управления. Методы исследования поведения нелинейных систем. Управление системами с последействием.

8) Классификация оптимальных систем. Задачи оптимизации. Принцип максимума Понтрягина. Динамическое программирование.

Вопрос 22

9) Эвристические методы стабилизации: нейросети, размытые множества, интеллектуальное управление.