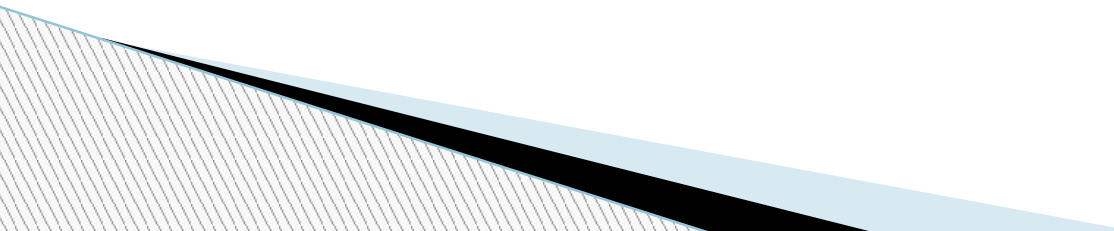


Баллистика и аэродинамика

Недогарок А.А., аспирант СМЗ

Содержание

- Классификация систем управления беспилотными ЛА.
 - Требуемое движение.
 - Задачи навигации, наведения и подходы к их решению.
 - Функциональные и терминальные методы наведения.
 - Способы реализации управляющих функционалов.
- 

Наведение беспилотных ЛА.

Базовые определения

- ▶ *Программа управления* – математические зависимости, определяющие желаемый (требуемый) закон движения ЛА, при котором обеспечивается достижение поставленной цели управления (попадание в заданную точку $[x, y, z]$; выведение ПН на заданную орбиту $[a, e, i, \Omega, \omega, \vartheta]$ и т.д.)
- ▶ *Метод наведения* – стратегия, сформулированная в виде правила, в соответствии с которым осуществляется выработка программ управления движением и разовых команд наведения.
- ▶ *Алгоритм наведения* – метод наведения, выраженный в замкнутой математической форме, пригодной для реализации.

Классификация методов наведения ЛА

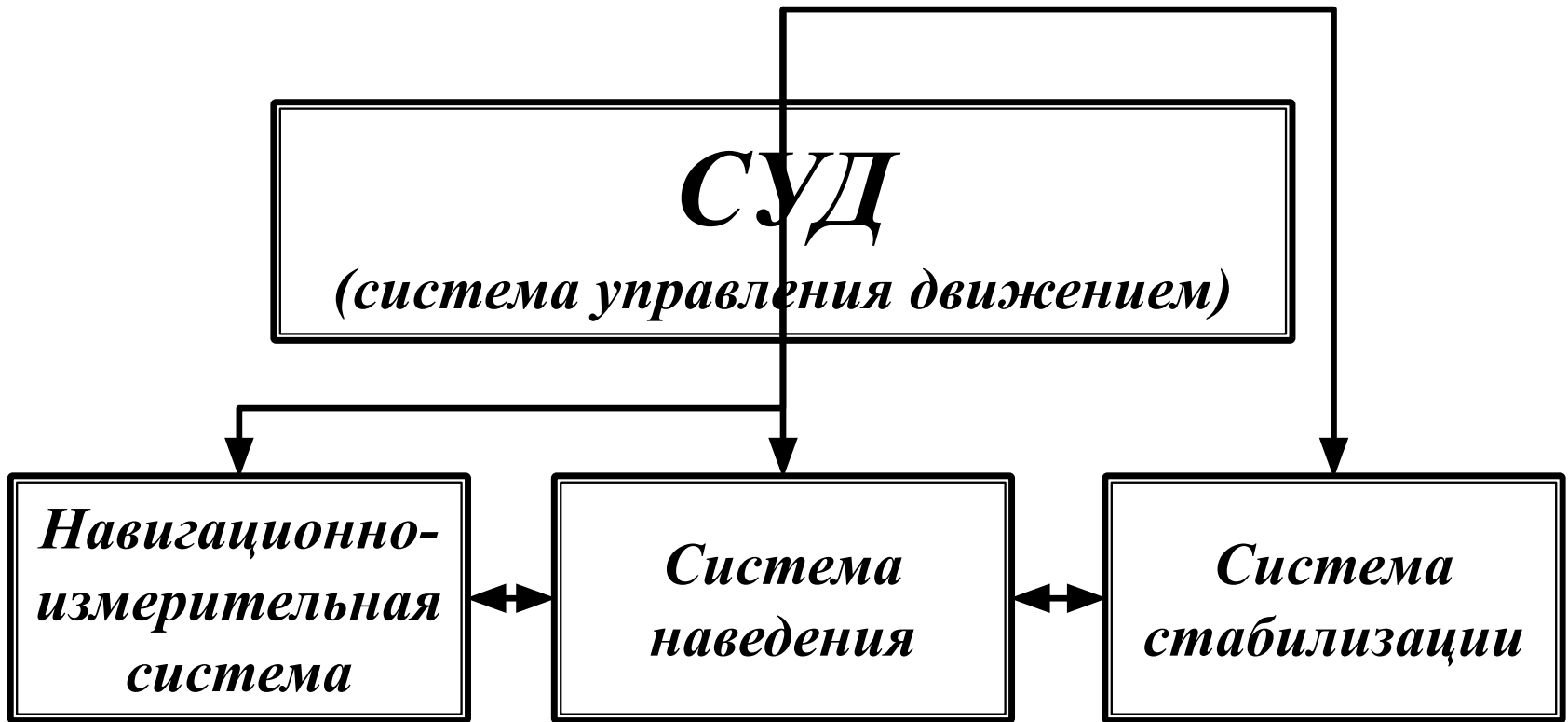
▣ *Предварительное программирование .*

- Программа управления для номинальных (невозмущённых) условий формируется до запуска, и в процессе полёта не изменяется. Обратная связь в формировании управления не участвует.
- Программы разомкнутого управления, «жёсткие программы», выражаются в виде функций текущего времени полёта: $\theta = \theta(t)$

▶ *Текущее программирование.* Программа управления формируется в полёте в зависимости от вектора текущего состояния ЛА по принципу обратной связи.

- «Гибкие», «свободные» или параметрические программы. Независимой переменной является вектор параметров ракеты: $\theta = \theta(x, y, z, V_x, V_y, V_z)$

Система управления движением (на примере БР)



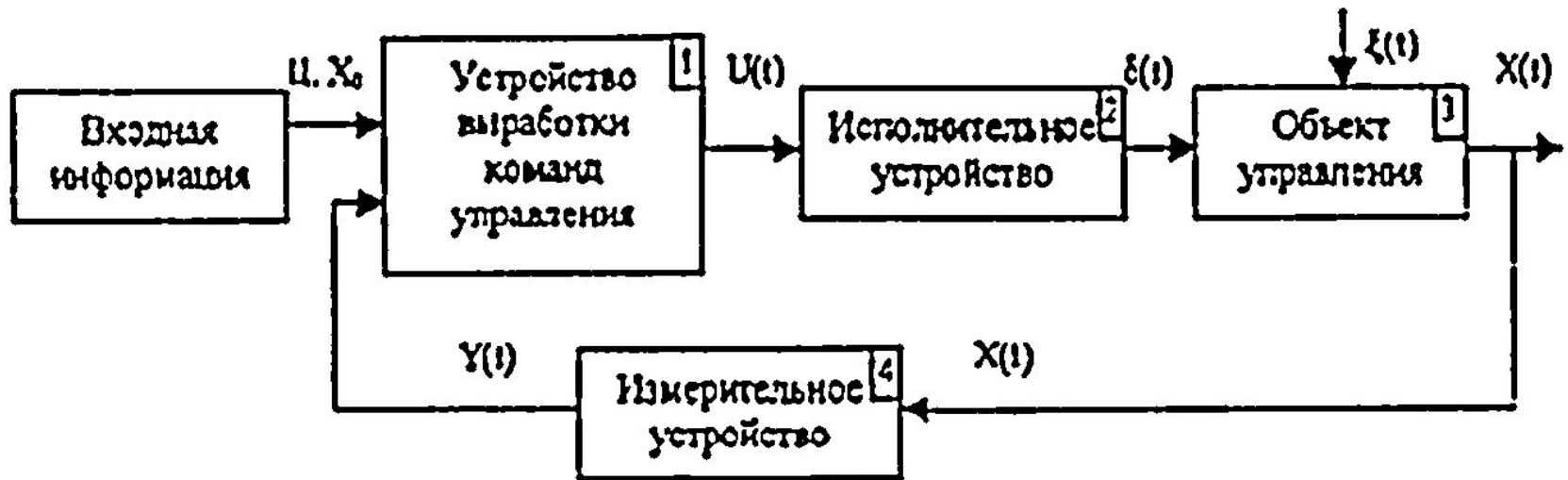
Система управления движением (на примере БР)

- ▣ **Навигационно-измерительная система** предназначена для получения информации о движении объекта управления, достаточной для успешного функционирования СУД (инерциальные навигационные системы);
- ▣ **Система наведения** предназначена для формирования программ управления движением центра масс объекта управления на АУТ, выработки разовых команд (разделение ступеней, отсечка тяги, отделение целевой нагрузки и пр.);
- ▣ **Система стабилизации** предназначена для отработки программ управления движением объекта управления и обеспечения устойчивого полёта.

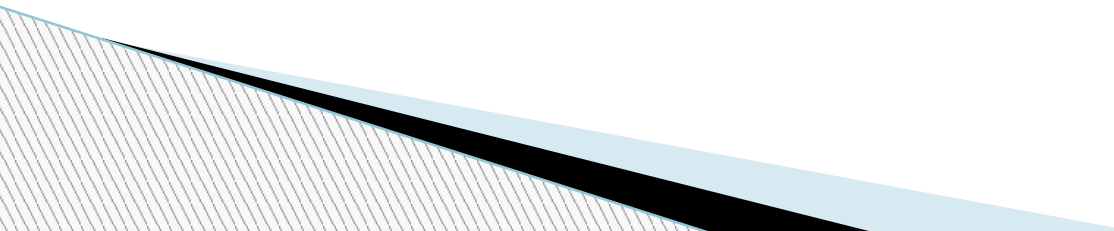
Функциональное наведение (на примере БР)

- Существует однозначная связь между точкой попадания и вектором состояния в начале ПУТ (НУ ПУТ)
- Если мы зафиксируем
- Поверхность конечных условий (ПКУ) содержит точки, удовлетворяющие конечным условиям

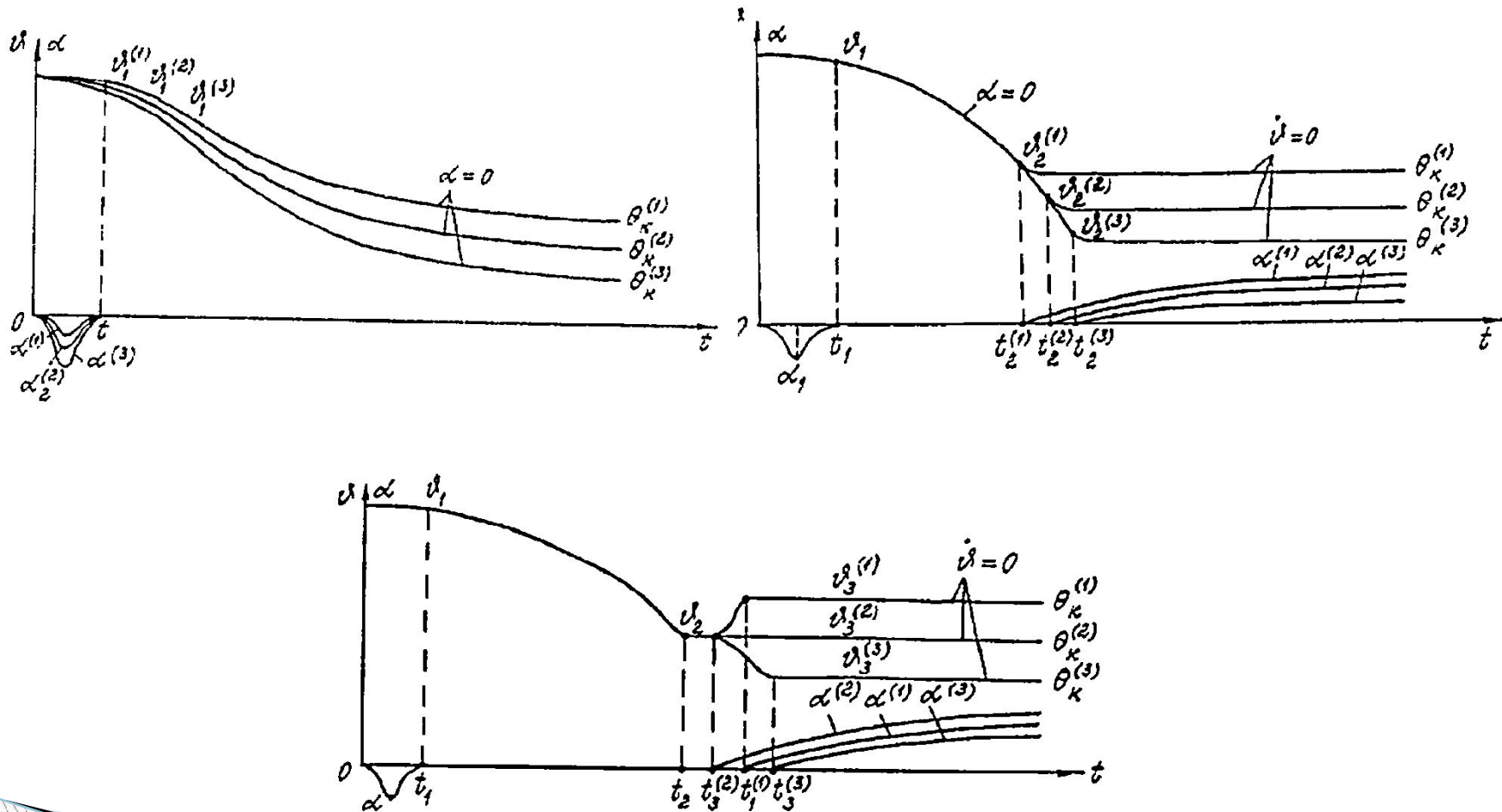
Системы управления с обратной связью



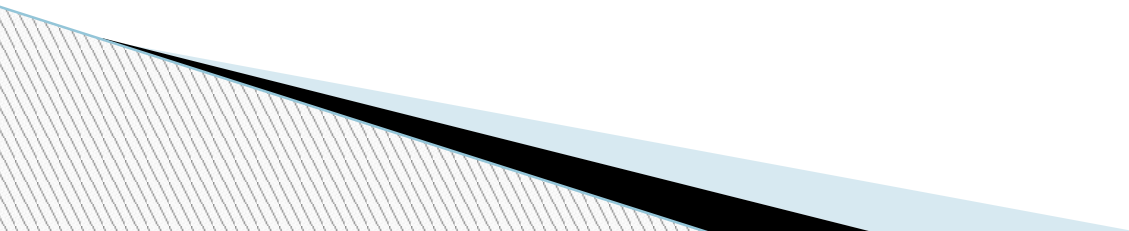
Декомпозиция и упрощение задачи управления

- Разделение движения на продольное и боковое
 - Разделение управления по принципу «Наведение - стабилизация»
 - Наведение подразумевает выработку требуемого движения
 - Стабилизация включает отработку программ управления и обеспечение устойчивости движения для следования требуемому движению
- 

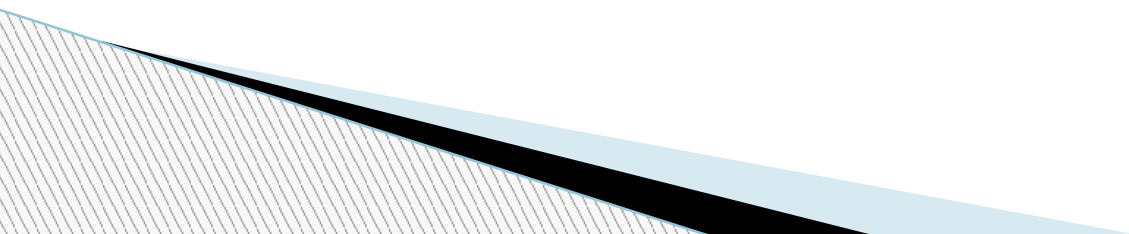
Пример программы «жесткого» наведения



Задачи навигации, наведения и подходы к их решению.



Функциональные и терминальные методы наведения.



Способы реализации управляющих функционалов.

