

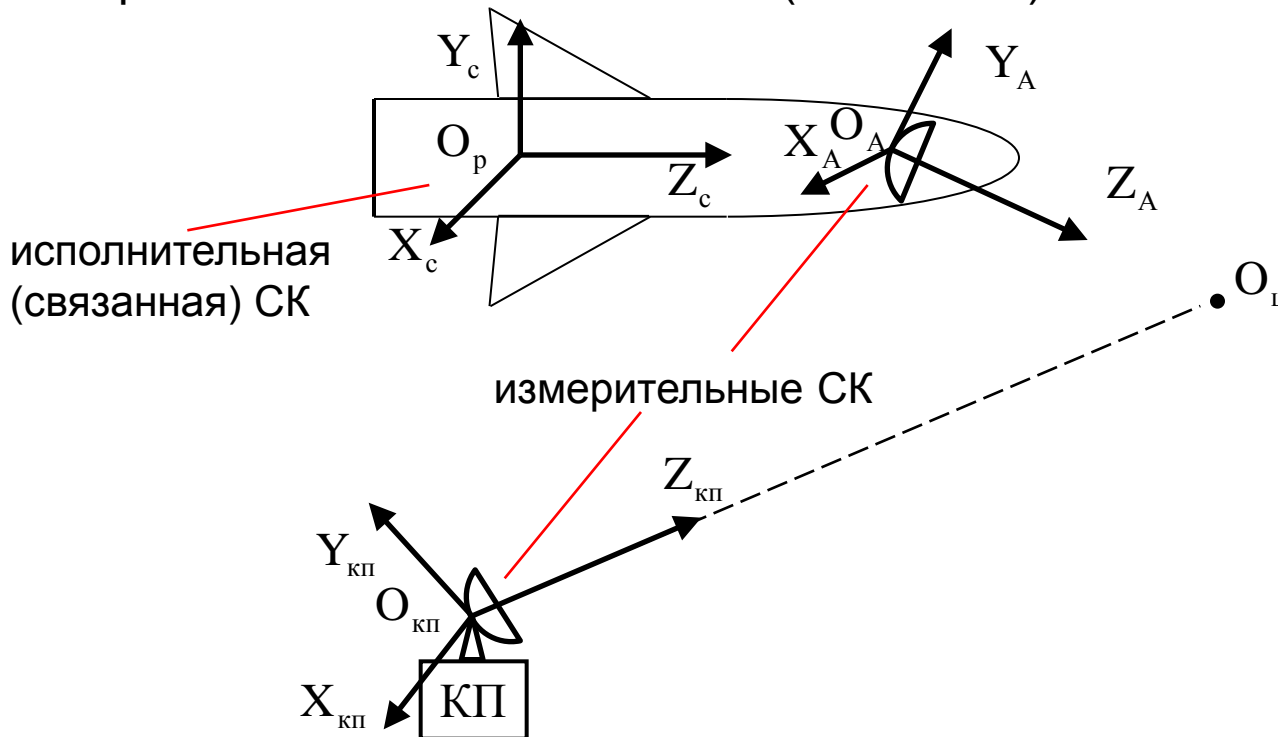
## ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАДИОСИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ

### 10. Особенности систем телеуправления

## 10.1. Согласование систем координат в системах ТУ

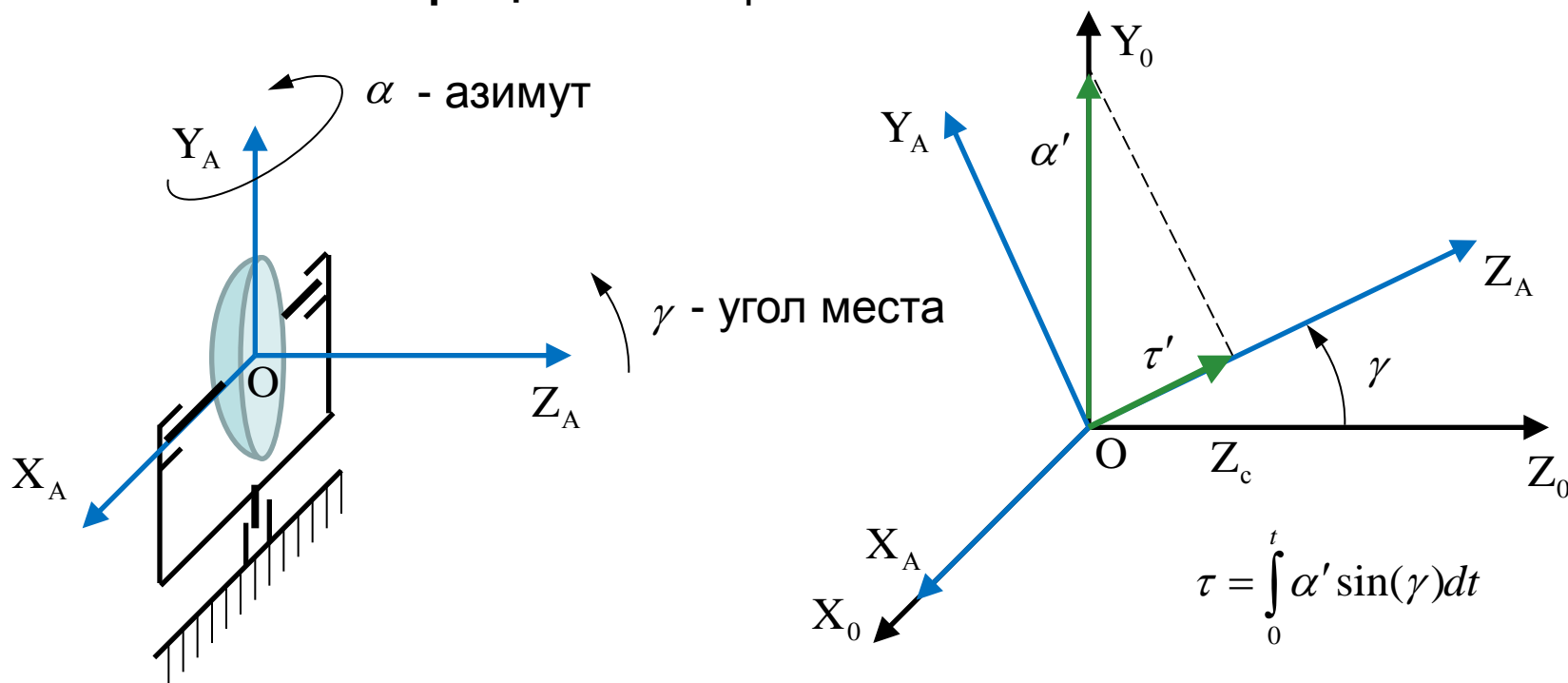
## 1. Основные понятия

В РЭСУ управление объектом выполняется по 2-м каналам в 2-х плоскостях. В идеальном случае **измерение** фазовых координат, **определение рассогласований** и **требуемых управлений**, **формирование** управляющих **воздействий** должно происходить в единой СК. В РЭСУ это условие часто нарушается, особенно остро эта проблема проявляется в системах ТУ-1, ТУ-3. **Скручивание систем координат** – это рассогласование соответствующих осей измерительной и исполнительной (связанной) СК.

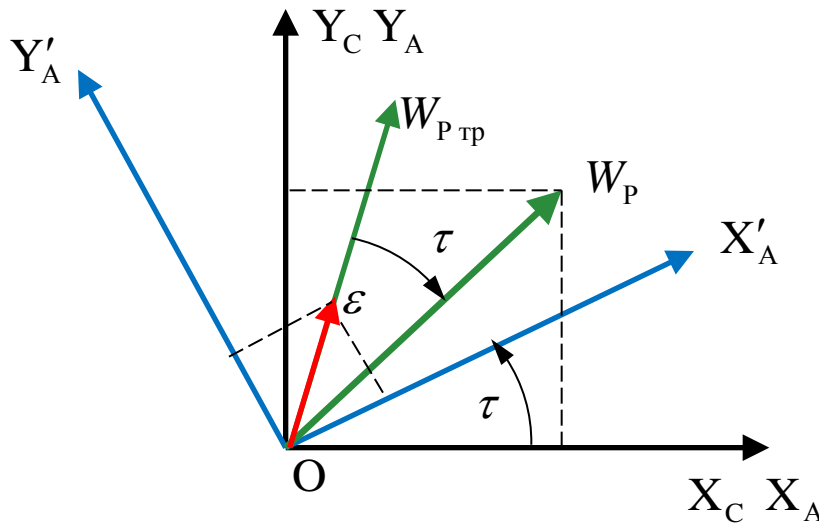


## 2. Причины скручивания СК

1. **Не совпадают** в пространстве **начало** измерительной и исполнительной СК.
2. **Излом (разворот) осей** измерительной и исполнительной СК, вызванный кинематическим методом наведения, расположением и ориентацией объектов в пространстве.
3. **Ошибки работы аппаратуры** системы управления. Например, в системах с лучевым управлением расстройка центральной частоты УСО от частоты сканирования  $\Omega$  вносит фазовую задержку в сигнал ошибки и приводит к скручиванию СК.
4. **Разные законы вращения** измерительной и исполнительной СК.



### 3. Влияние скручивания на систему управления



$$\vec{W}_{P_{\text{тп}}} = k_y \vec{\varepsilon}$$

$$\vec{W}_P = k_y \vec{\varepsilon}_A = k_y K_c(\tau) \vec{\varepsilon} = K_c(\tau) \vec{W}_{P_{\text{тп}}}$$

$$K_c(\tau) = \begin{bmatrix} \cos(\tau) & \sin(\tau) \\ -\sin(\tau) & \cos(\tau) \end{bmatrix} \quad \text{- матрица скручивания СК}$$

#### Последствия скручивания:

- появление перекрёстных связей между каналами управления
- уменьшение устойчивости системы управления
- ухудшение точности

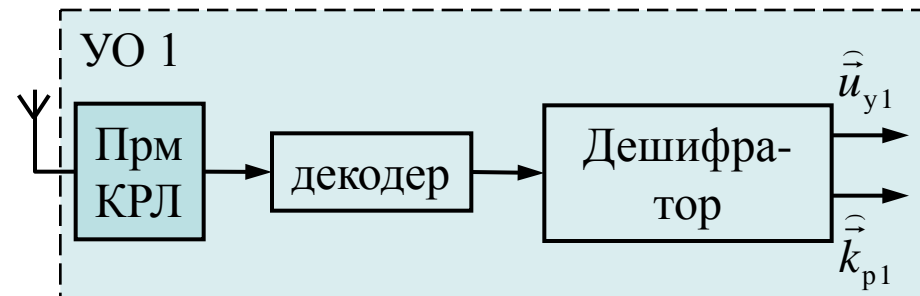
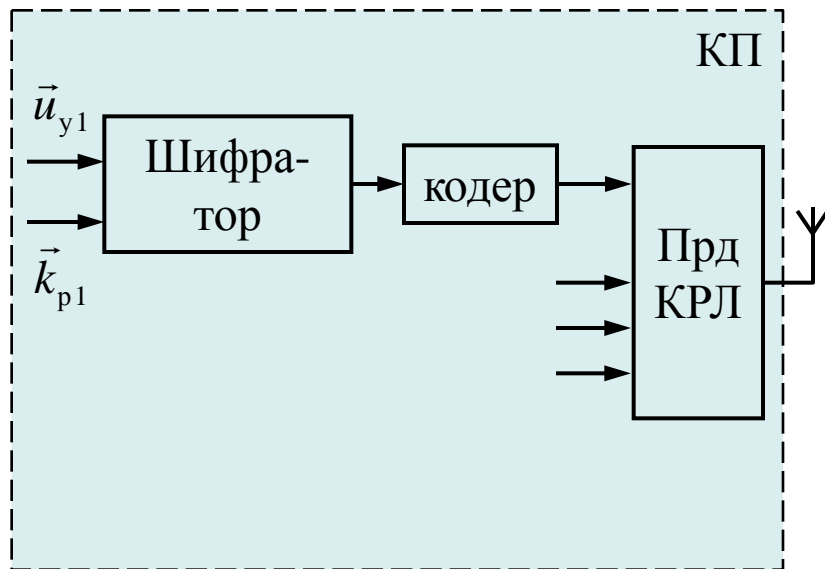
### 4. Способы борьбы со скручиванием СК

1. Измерение вращений СК, оценка угла скручивания и введение сигналов компенсации в команды управления.
2. Выбор систем управления с одинаковыми законами вращения СК.
3. Настройка аппаратуры.

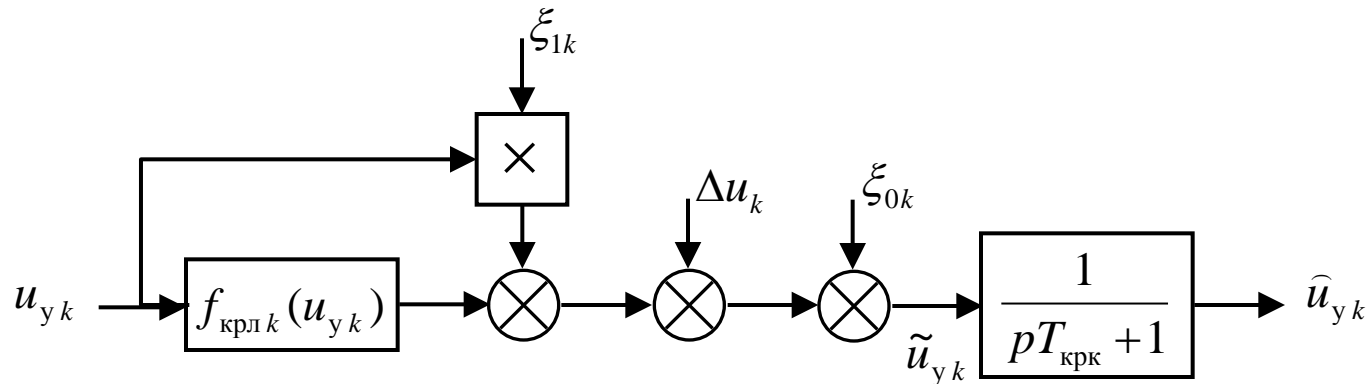
## 10.2. Особенности построения командных радиолиний КРЛ

## 1. Основные понятия

Командная радиолиния (КРЛ) – это многоканальная СПИ, которая должна обеспечивать для каждого УО передачу двух НЧ сигналов (команд управления в 2-х плоскостях) и набор разовых команд (режимы работы, сигналы целеуказания и т.д.) при этом необходимо обеспечить высокие помехоустойчивость, помехозащищенность, скрытность.



## 10.3. Структурная схема КРЛ



$$\tilde{u}_{yk} = f_{крл k}(u_{yk}) + \xi_k,$$

$$\xi_k = \xi_{0k} + \xi_{1k} u_{yk} + \Delta u_k$$

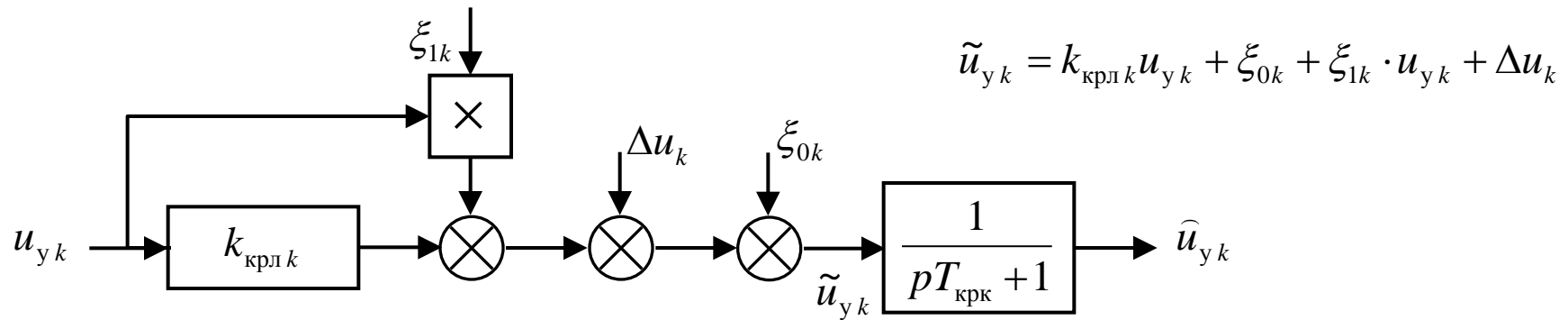
$u_{yk}$  - команда управления  $k$ -го канала,

$\xi_{0k}$  - аддитивный белый шум с нулевым м.о. (результат собственных шумов и помех малой интенсивности),

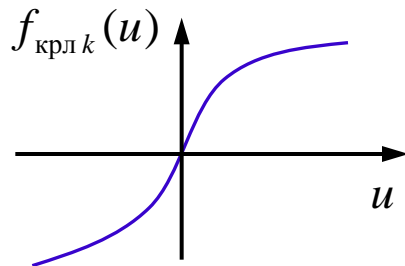
$\xi_{1k}$  - белый шум с нулевым м.о., порождающий мультипликативную составляющую, зависящую от команды (результат помех большой интенсивности),

$\Delta u_k$  - смещение принятой команды (результат помех большой интенсивности),

$f_{крл k}(u_{yk})$  - амплитудная характеристика канала.

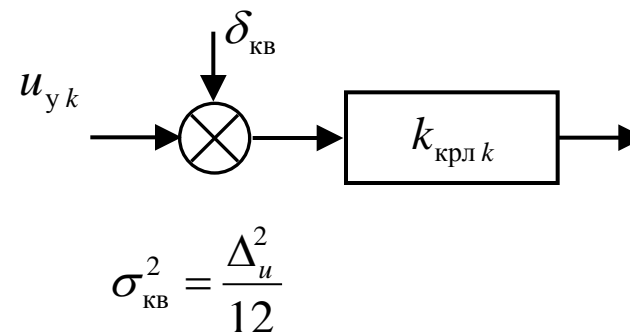
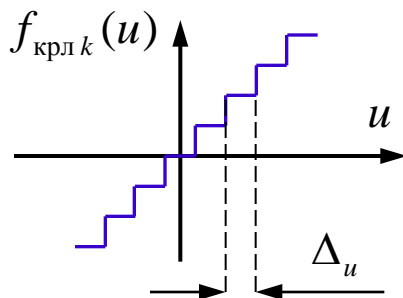


Амплитудная характеристика аналоговых КРЛ



$$k_{крл k} = \left. \frac{df_{крл k}(u)}{du} \right|_{u=0}$$

Амплитудная характеристика цифровых КРЛ





### 11. Комбинированные системы управления

**Цель комбинирования систем** – объединение преимуществ разных систем и компенсации их недостатков.

#### **Способы комбинирования систем**

1. **Последовательное** комбинирование
2. **Параллельное** комбинирование систем (**комплексирование**).

#### **Последовательное комбинирование:**

- Начальный участок полета: АУ, ИН;
- Средний участок полета: ТУ-1, ПАСН;
- Конечный участок полета: ТУ-2, АСН.

Например: ИН – ТУ-1 – АСН.

Обеспечивается большая дальность пуска, свойственная системам ИН и ТУ-1 и высокая точность свойственная системам АСН.

**Комплексирование** – одновременное использование систем, основанных на разных типах измерителей, для объединения преимуществ разных систем и компенсации их недостатков.



### 11.1 Особенности реализации систем последовательного комбинированного управления

1. Сопряжение с траекторией наведения на разных этапах полета (на разных этапах могут использоваться разные кинематические методы наведения).

Пример:

а). Метод погони:  $\beta = 0$

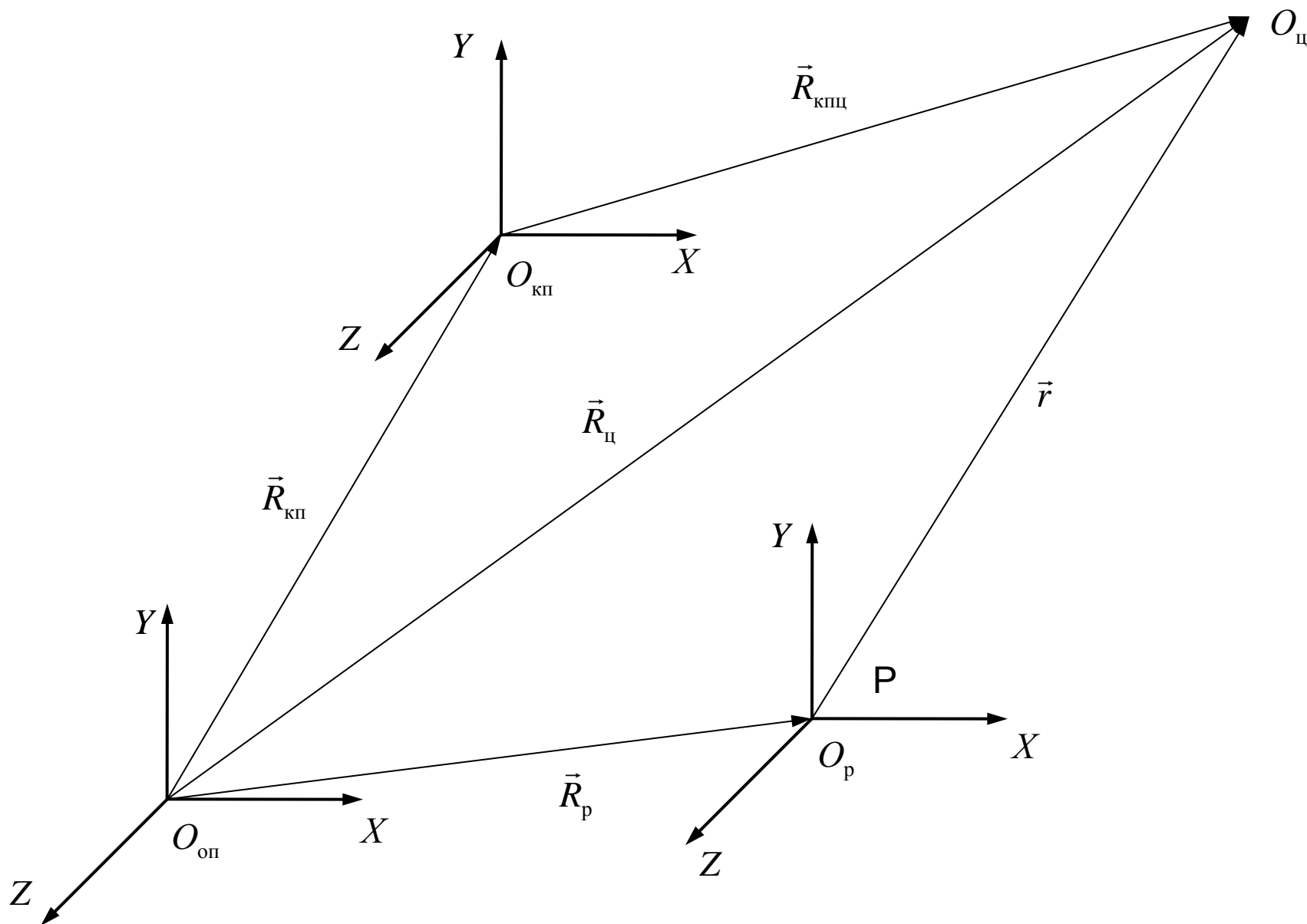
б). Метод трехточек:  $\sin \beta = \frac{r_p}{r_{\text{ц}}} \frac{V_{\text{ц}}}{V_p} \sin \alpha$

в). Метод параллельного сближения:  $\sin \beta = \frac{V_{\text{ц}}}{V_p} \sin \alpha$

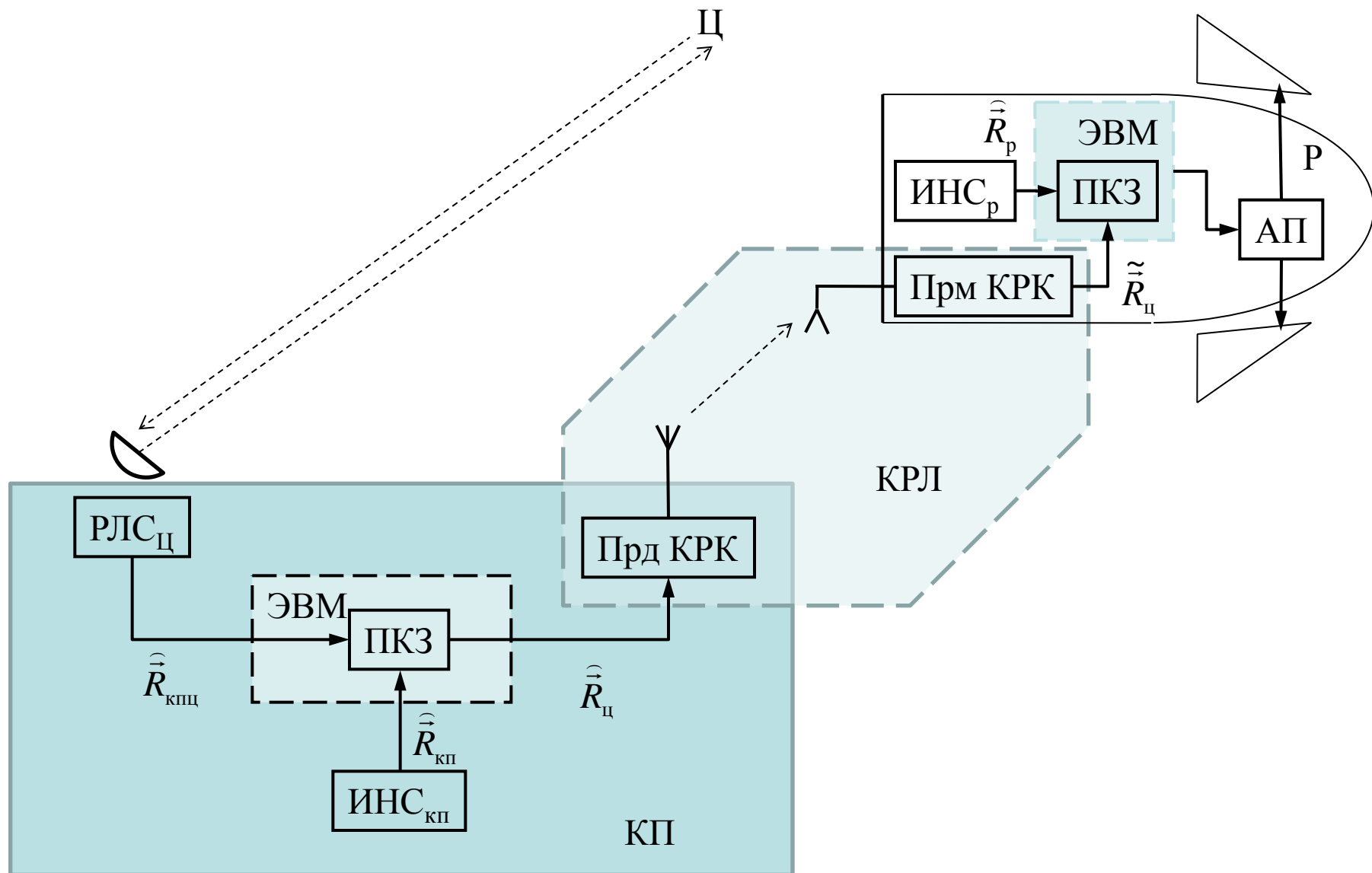
Возможно скачкообразное изменение угла упреждения при переключении этапов наведения – дополнительное динамическое возмущение.

2. Унификации блоков системы, используемых на разных этапах.
3. При использовании АСН на завершающем этапе – обеспечение захвата цели в процессе полета (согласование точности ЦУ, области захвата или зоны поиска цели за отведенное время).

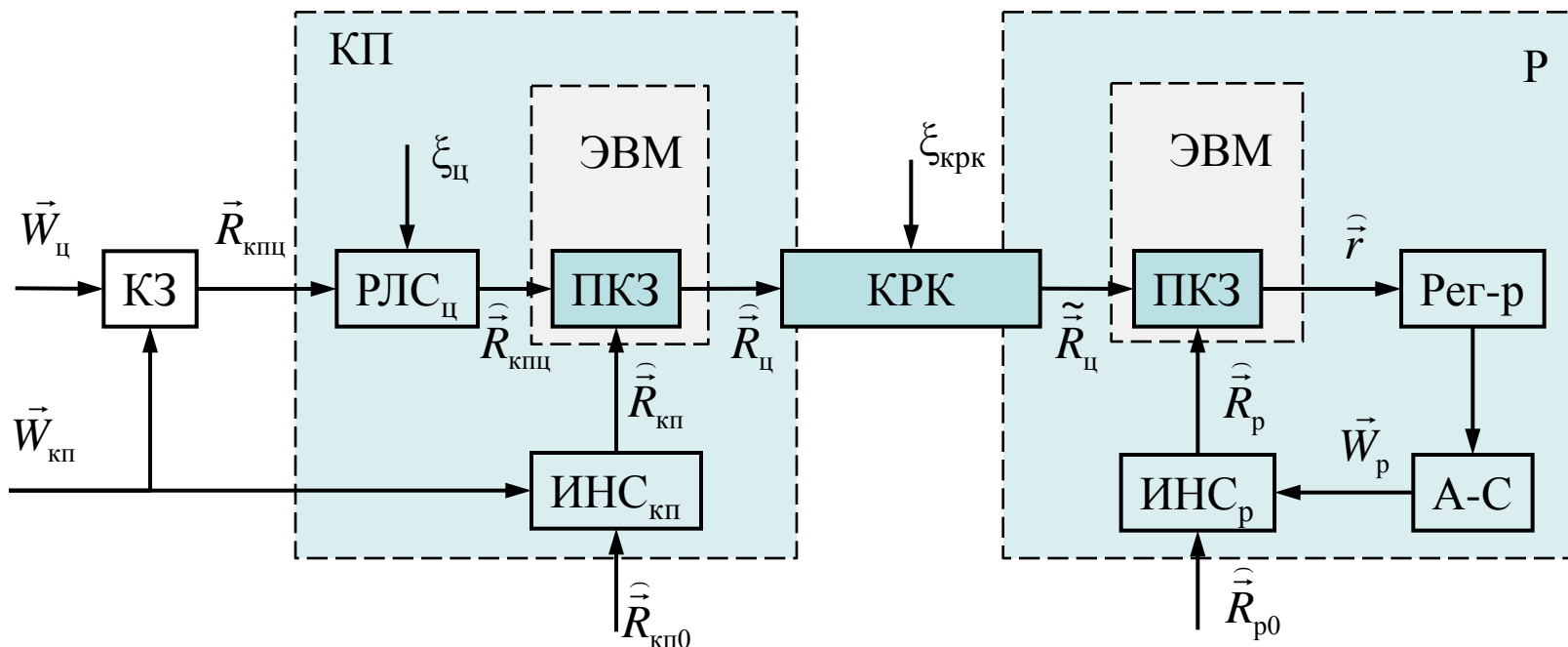
## 11.2 Системы командно-инерциального наведения КИН



## Система командно-инерциального наведения



## Функциональная схема системы КИН



ПКЗ – псевдокинематическое звено;

КРК – канал радиокоррекции;

ИНС – инерциальная навигационная система.



# Спасибо за внимание!

