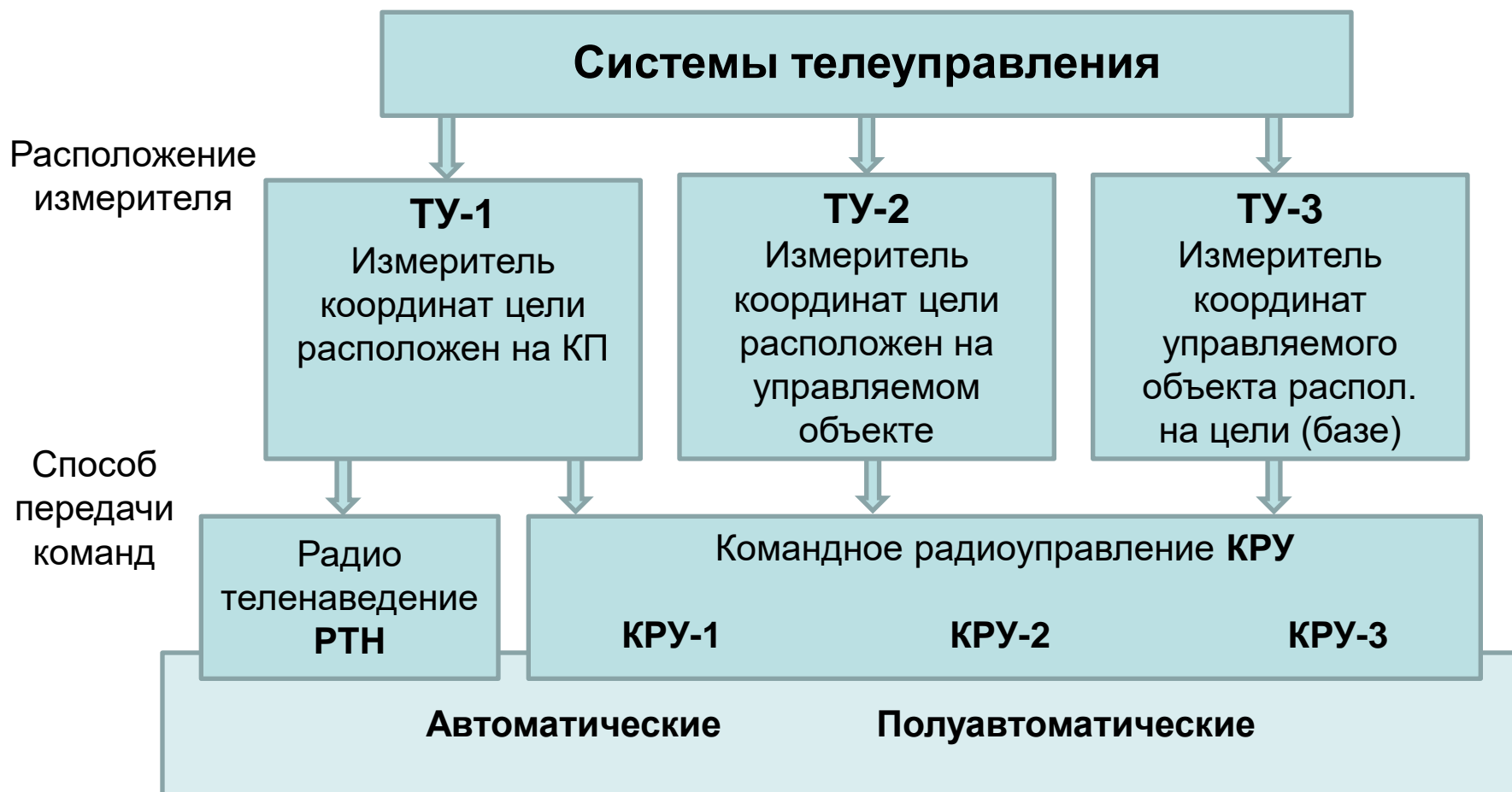


# ОСНОВЫ ТЕОРИИ РАДИОСИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ РАДИОУПРАВЛЕНИЯ

## 9. Системы телеуправления

## 9.1. Общая характеристика систем телеуправления (ТУ)

Основная особенность – участие **командного пункта** в процессе наведения. Системы ТУ имеют несколько разновидностей, зависящих от способа и места измерения параметра рассогласования и способа и места формирования и передачи команд управления.



### Сравнение систем телеуправления и систем самонаведения

#### 1. По дальности действия

ТУ 1 – дальность действия **больше**, чем у систем СН (АСН, ПАСН),

ТУ 2 – дальность действия **эквивалентна** системам СН (АСН),

ТУ 3 – дальность действия **больше или эквивалентна** системам СН.

#### 2. По точности наведения

ТУ 1 – точность **ниже**, чем у систем СН;

ТУ 2 – **эквивалентна** по точности системам СН (координатор на управляемом объекте).;

ТУ 3 – **эквивалентна или выше** по точности системам СН (координатор на базе).

#### 3. По сложности бортового оборудования

ТУ 1 – бортовое оборудование **проще**, чем у систем СН;

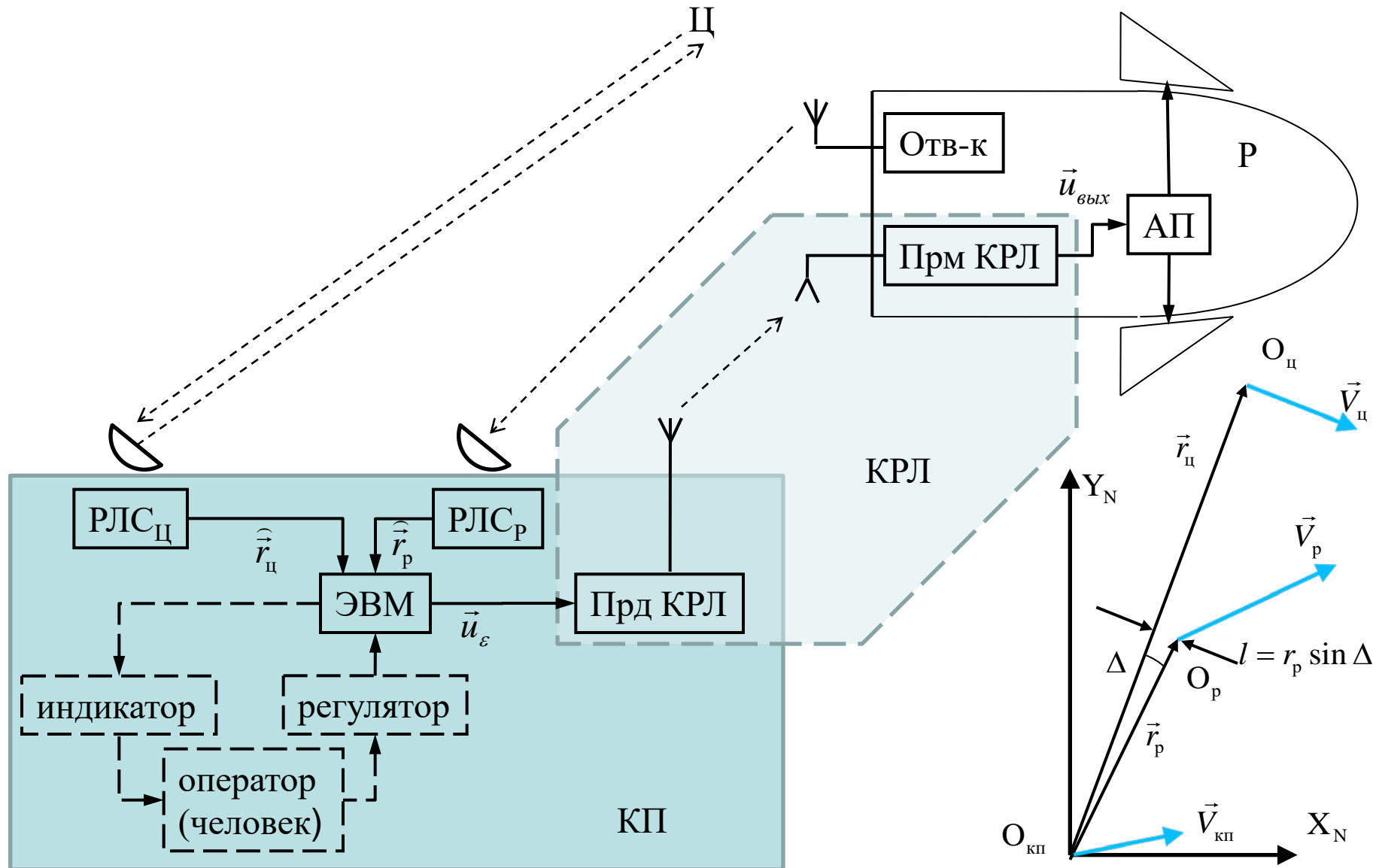
ТУ 2 – бортовое оборудование примерно **эквивалентно** по сложности системам СН;

ТУ 3 – бортовое оборудование **проще**, чем у систем СН (на управляемом объекте расположен приемник команд и радиомаяк).

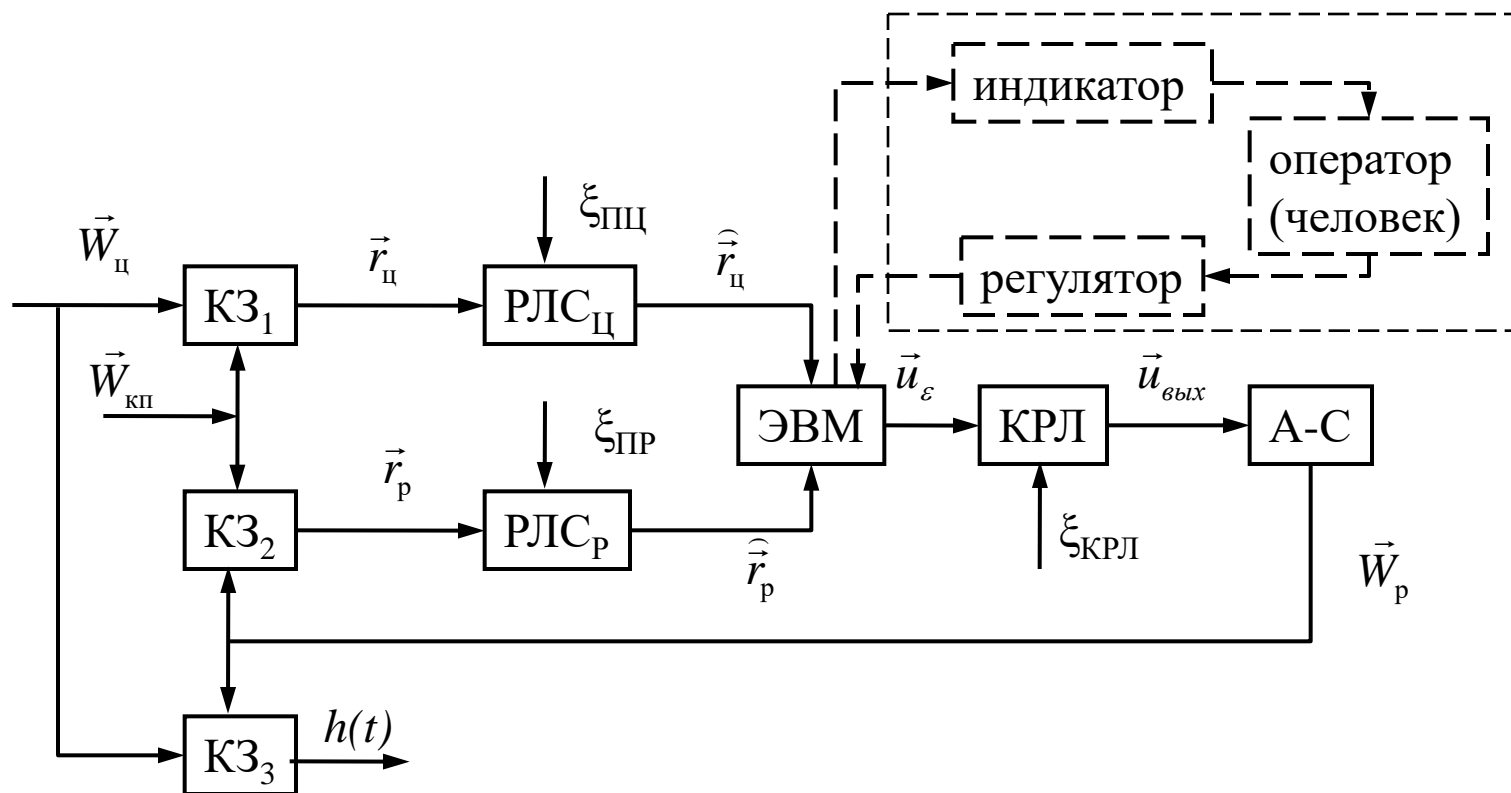
#### 4. Гибкость управления, адаптация к различным ситуациям

ТУ всегда выигрывает за счет использования ресурсов КП.

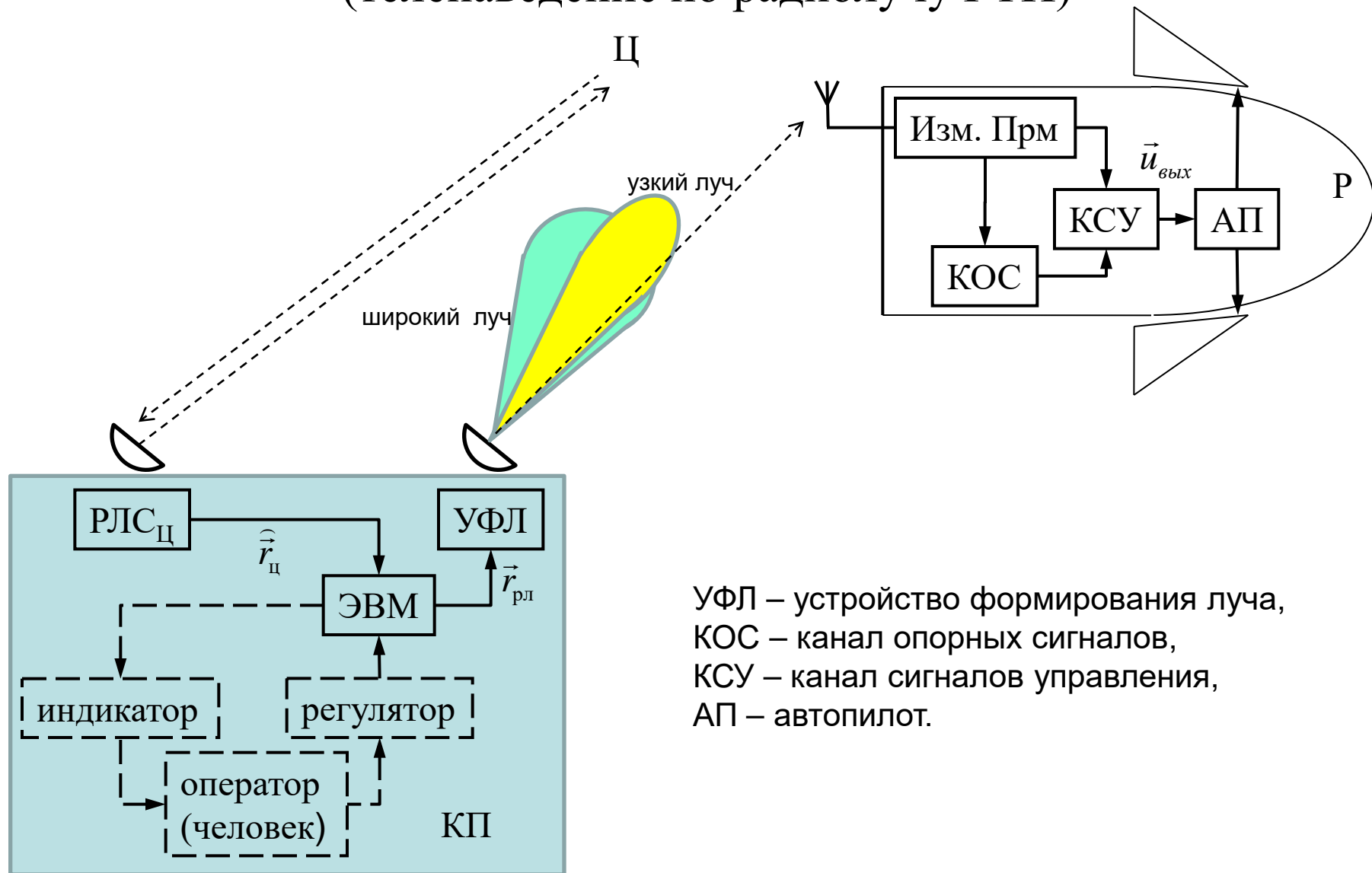
## 9.2. Система ТУ-1 с командной радиолинией (КРЛ) – КРУ-1



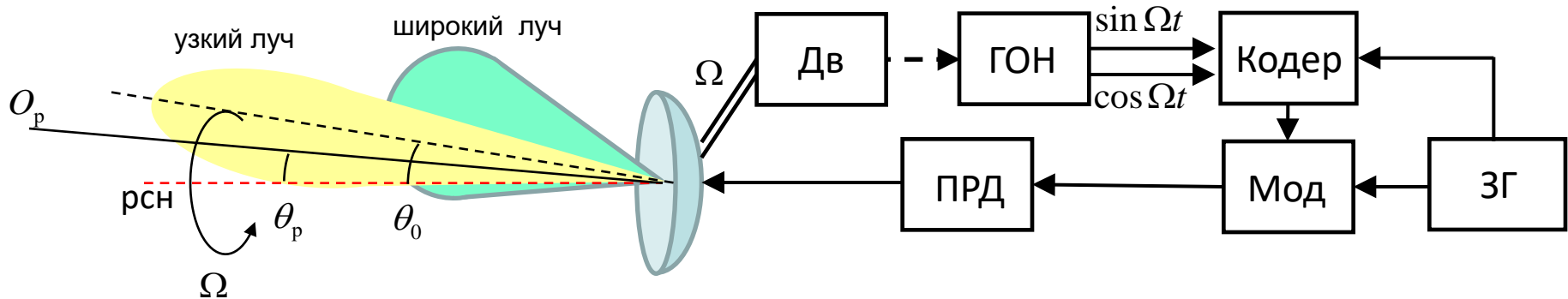
## Функциональная схема системы ТУ-1 с КРЛ (КРУ-1)



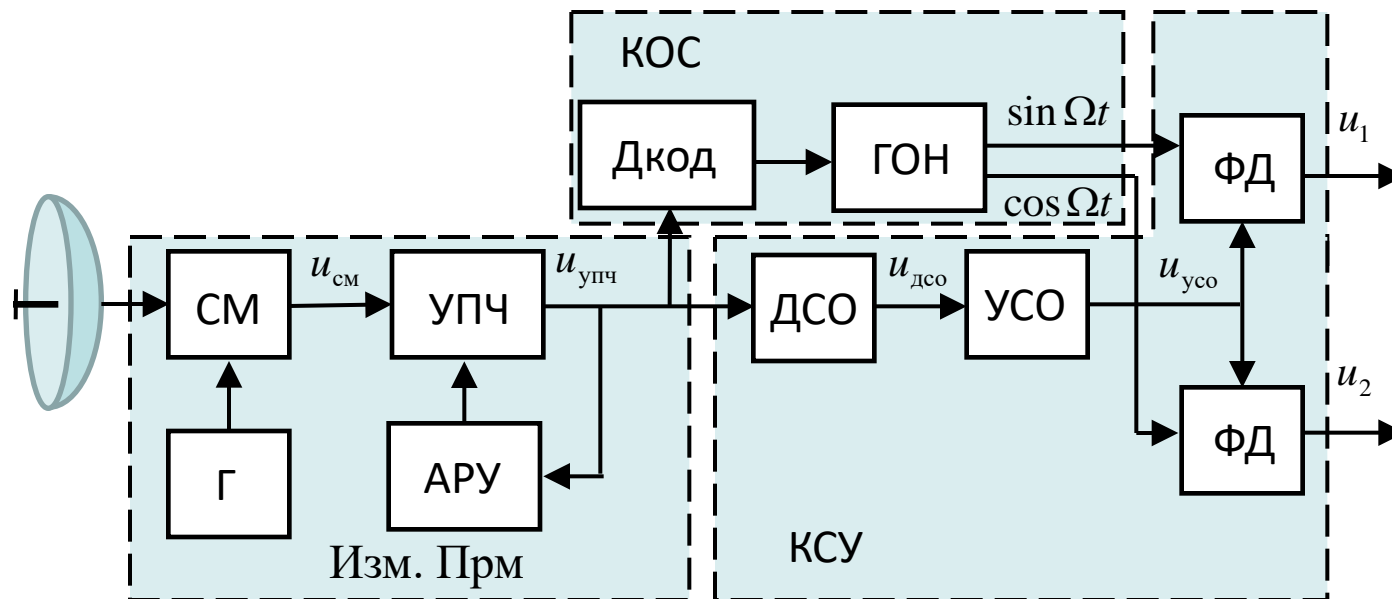
### 9.3. Система ТУ-1 с лучевым наведением. (теленавешение по радиолучу РТН)



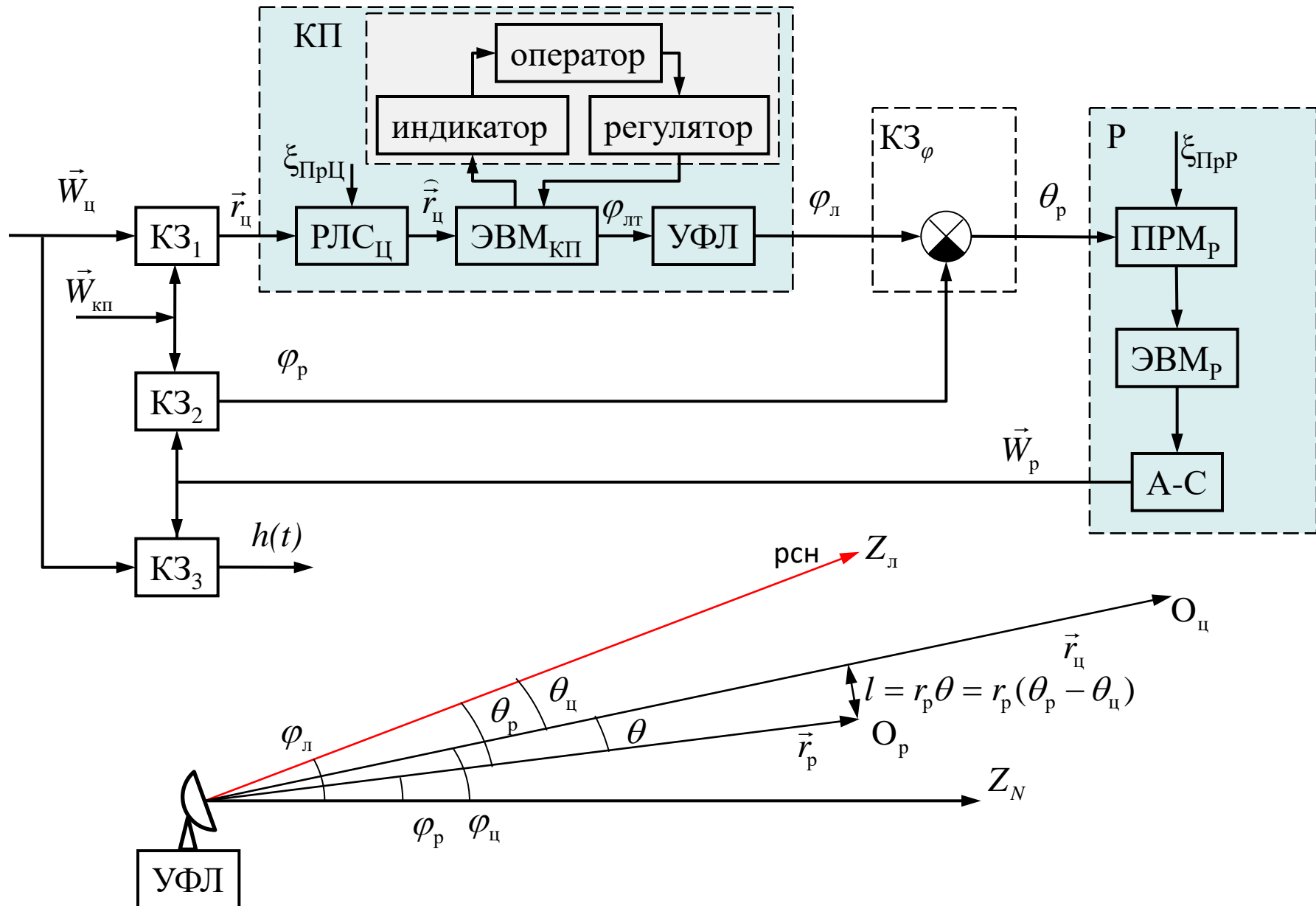
## Устройство формирования луча



## Формирование команд управления



Функциональная схема системы РТН





## 9.4. Особенности реализации кинематических методов наведения в системах ТУ-1

### 9.3.1. Метод накрытия цели (метод трех точек)

а) угловой параметр рассогласования

$$\varepsilon_{\Delta} = \Delta = \varphi_{\text{ц}} - \varphi_{\text{п}}$$

б) линейный параметр рассогласования

$$\varepsilon_l = r_{\text{п}} \Delta = l$$

### 9.3.2. Метод параллельного сближения

$$l = r_{\text{п}} \sin \Delta = r \sin \mu \quad \text{где } \Delta = \varphi_{\text{ц}} - \varphi_{\text{п}}, \quad \mu = \varphi - \varphi_{\text{ц}}$$

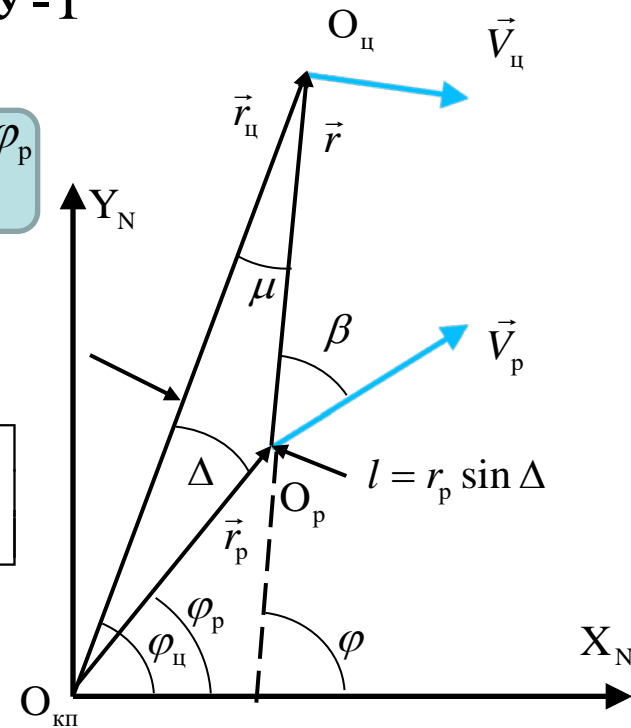
$$\sin(\varphi_{\text{ц}} - \varphi_{\text{п}}) = \frac{r}{r_{\text{п}}} \sin(\varphi - \varphi_{\text{ц}}) \Rightarrow \varphi_{\text{п}} = \varphi_{\text{ц}} - \arcsin \left[ \frac{r}{r_{\text{п}}} \sin(\varphi - \varphi_{\text{ц}}) \right]$$

Требуемое значение угла  $\varphi_{\text{п}}$

$$\varphi_{\text{пт}} = \varphi_{\text{ц}} - \arcsin \left[ \frac{r}{r_{\text{п}}} \sin(\varphi_0 - \varphi_{\text{ц}}) \right]$$

Параметр рассогласования

Для курсов близких к встречным или догонным

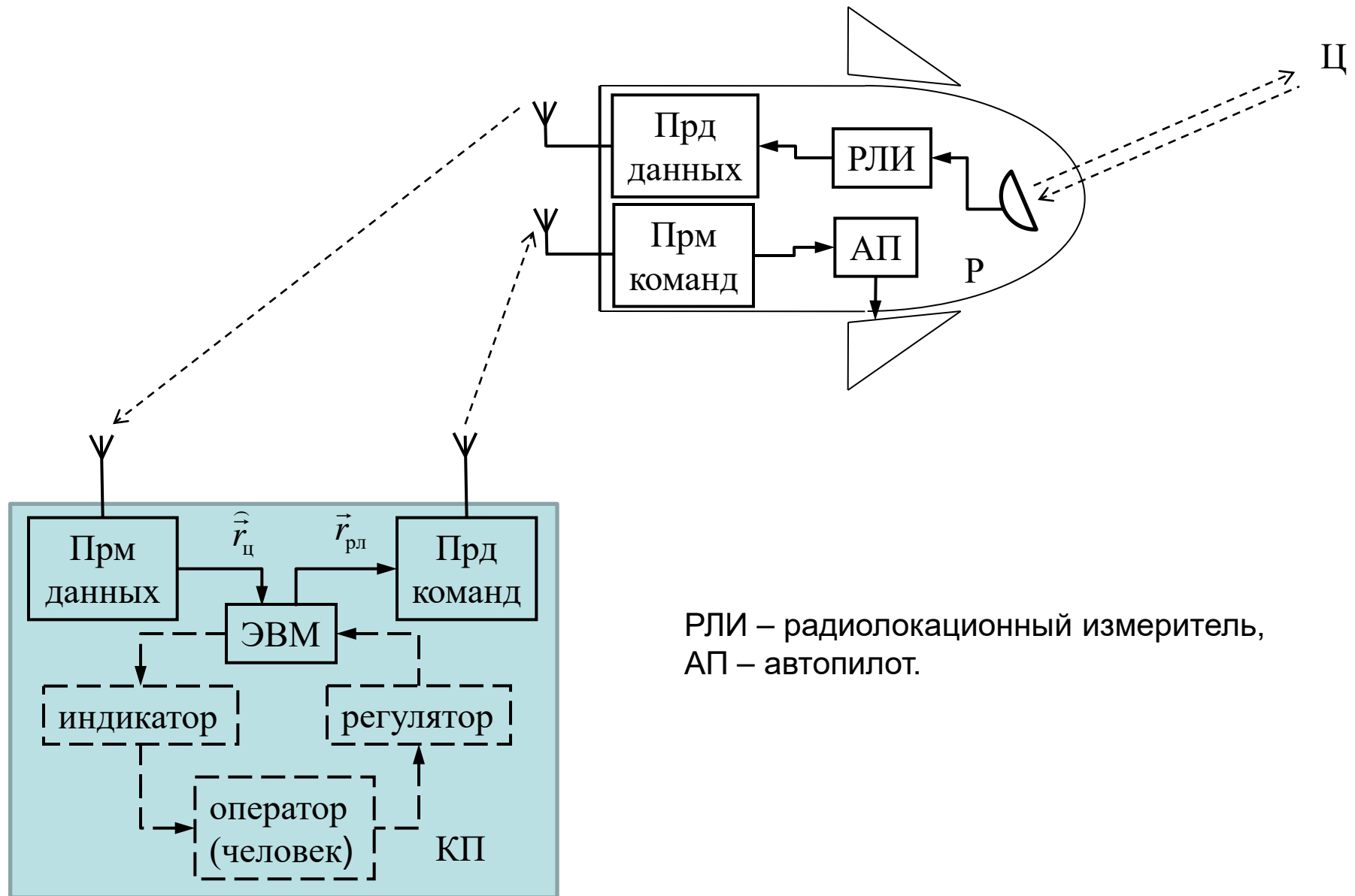


где  $\varphi_0$  - требуемое значение угла л.в.

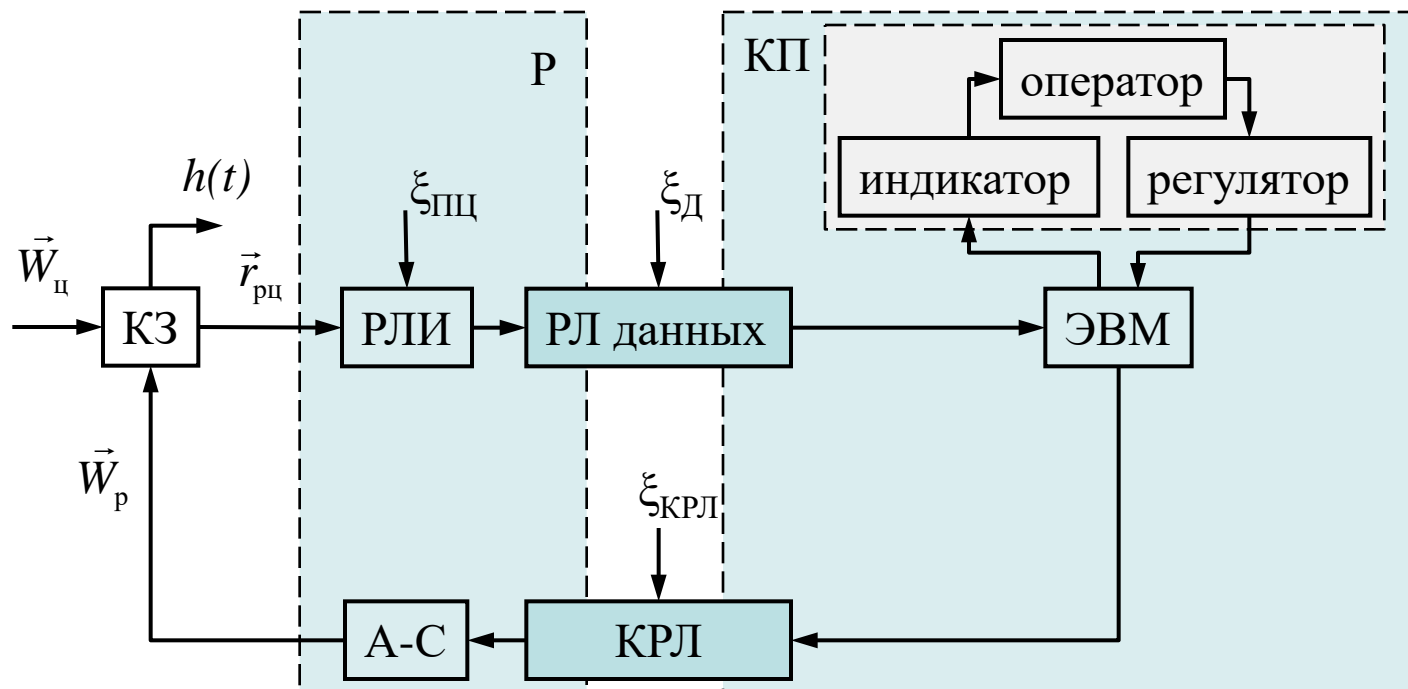
$$\varepsilon = \varphi_{\text{пт}} - \varphi_{\text{п}} = (\varphi_{\text{ц}} - \varphi_{\text{п}}) - \arcsin \left[ \frac{r}{r_{\text{п}}} \sin(\varphi_0 - \varphi_{\text{ц}}) \right]$$

$$\varepsilon = (\varphi_{\text{ц}} - \varphi_{\text{п}}) - \frac{r_{\text{ц}} - r_{\text{п}}}{r_{\text{п}}} (\varphi_0 - \varphi_{\text{ц}}) = \Delta - \frac{r_{\text{ц}} - r_{\text{п}}}{r_{\text{п}}} (\varphi_0 - \varphi_{\text{ц}})$$

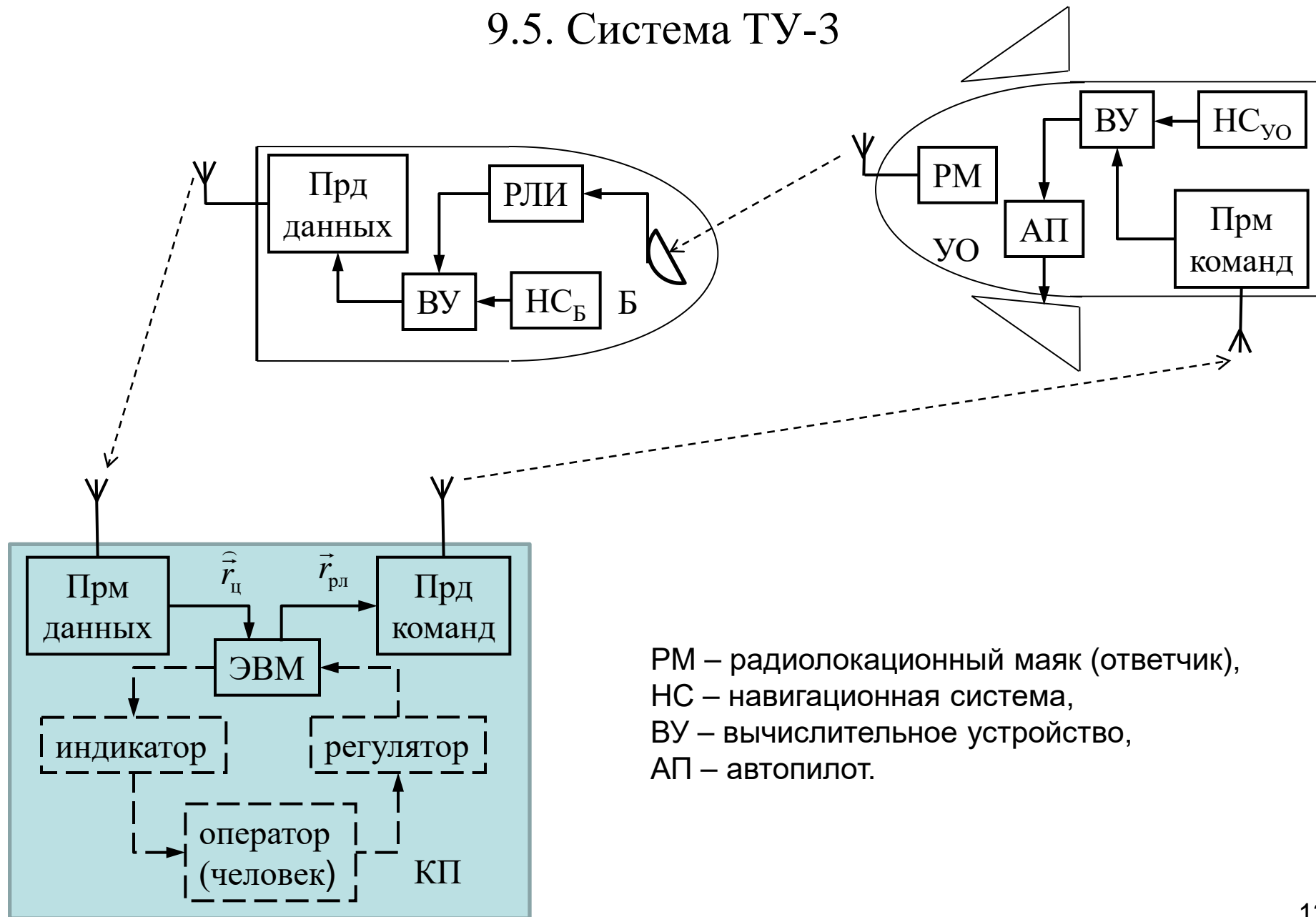
## 9.5. Система ТУ-2



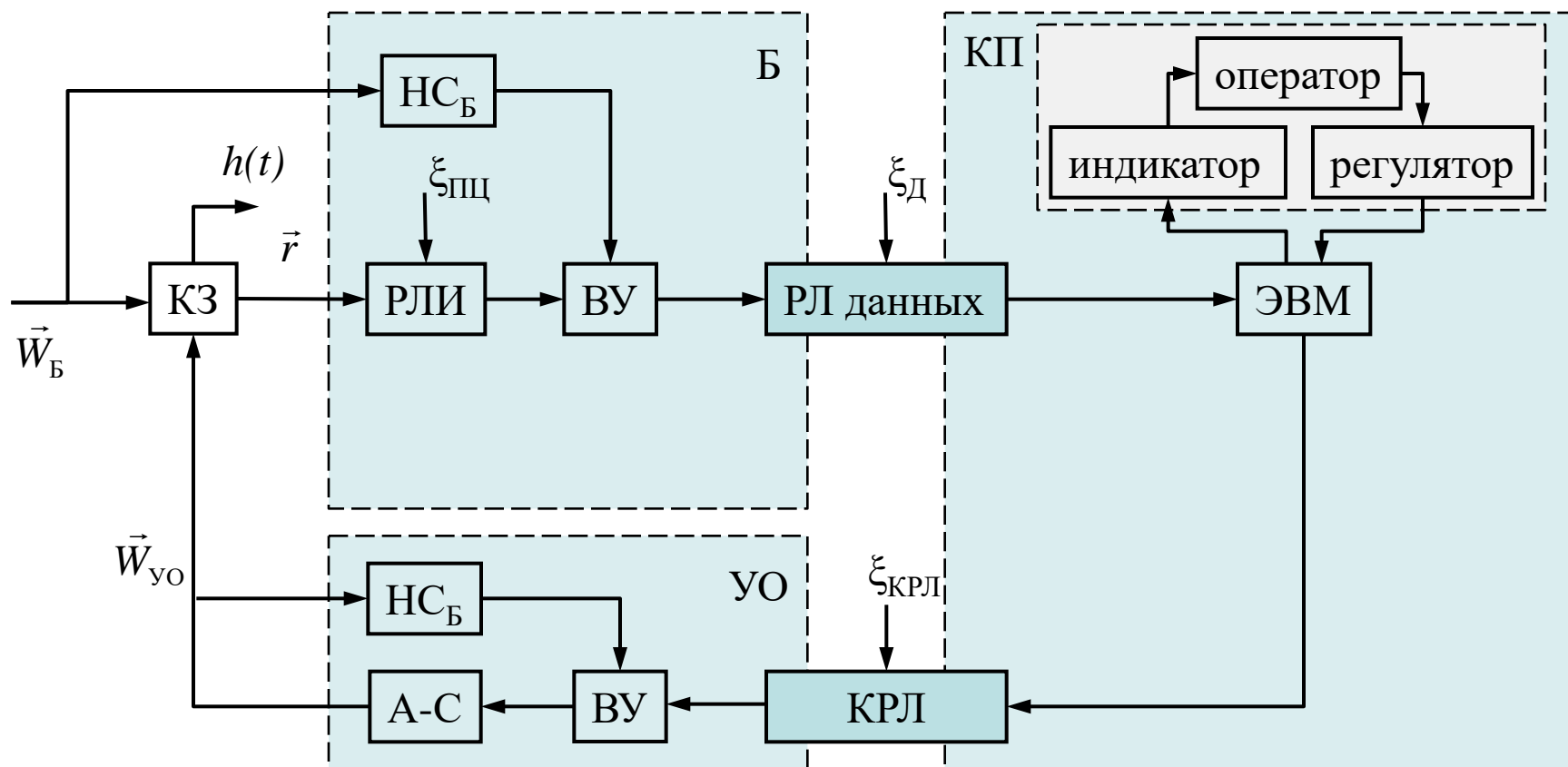
## Функциональная схема системы ТУ-2



## 9.5. Система ТУ-3



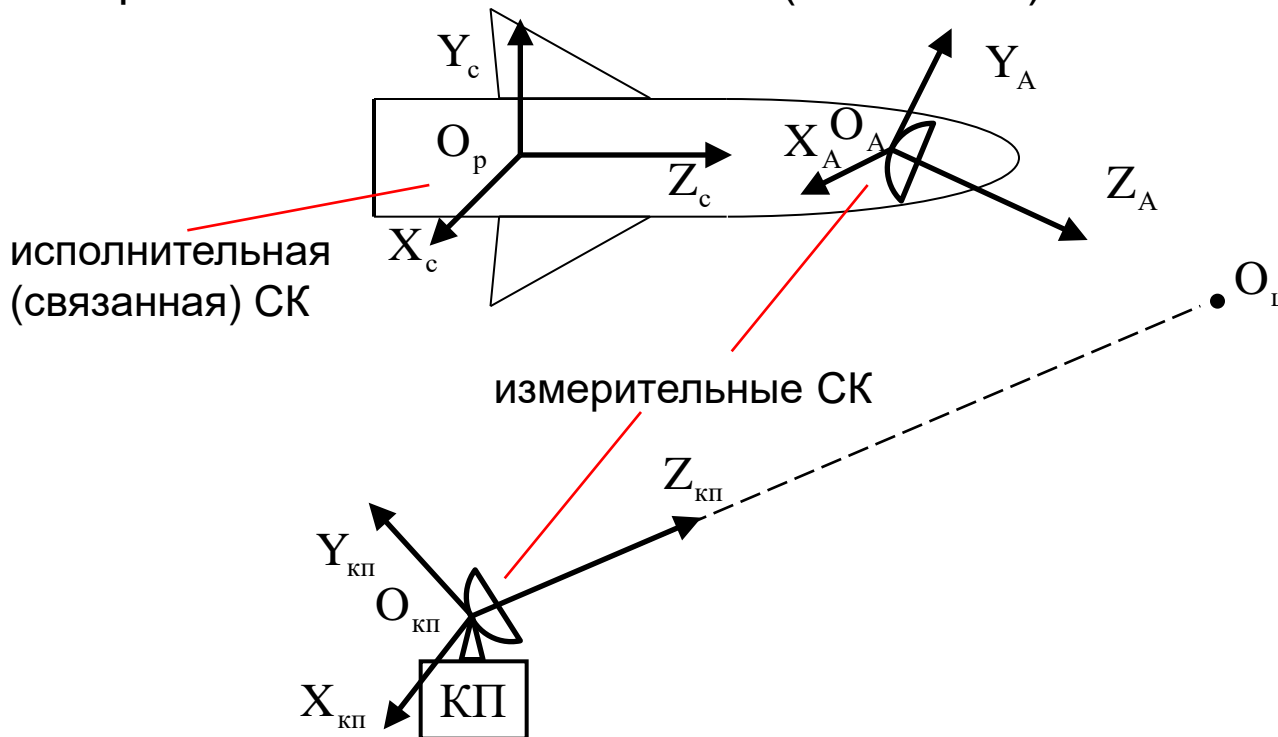
## Функциональная схема системы ТУ-3



## 9.6. Согласование систем координат в системах ТУ

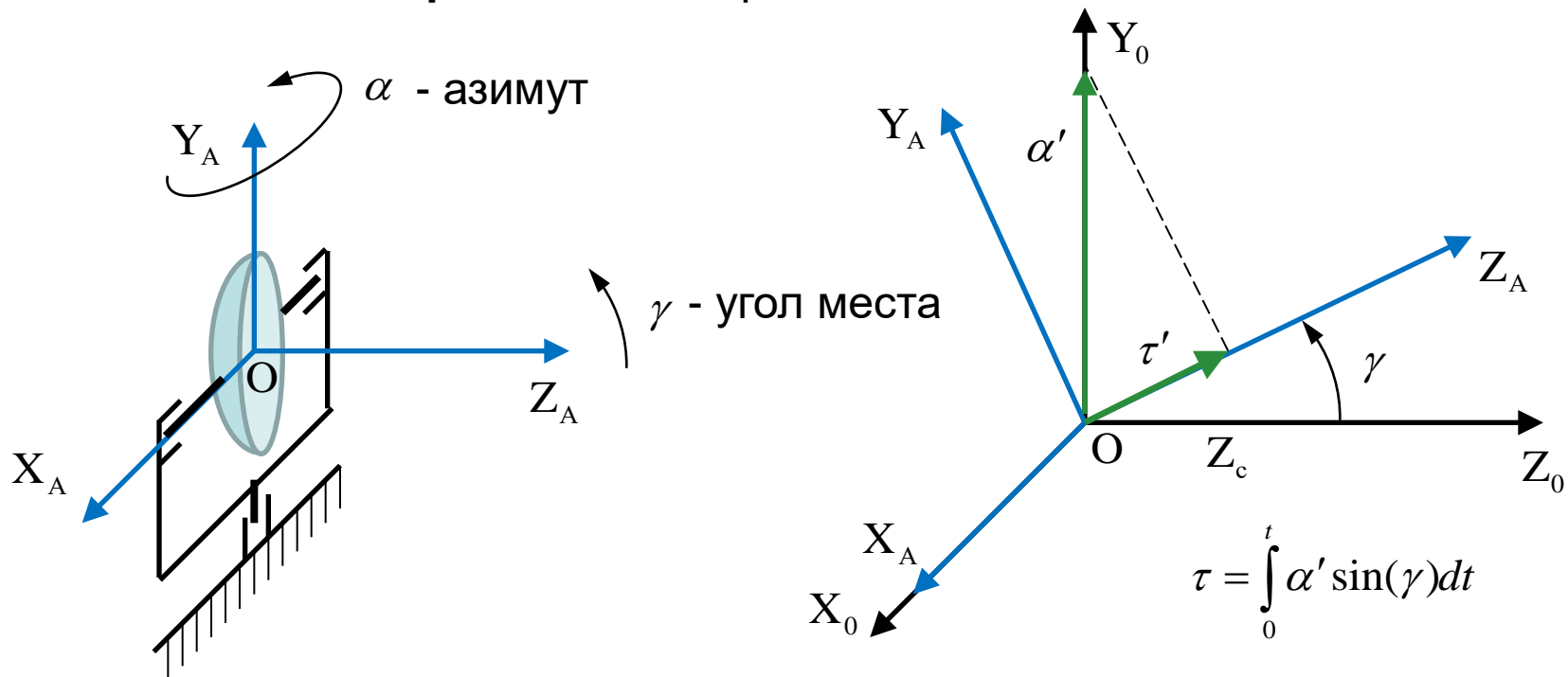
## 1. Основные понятия

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.

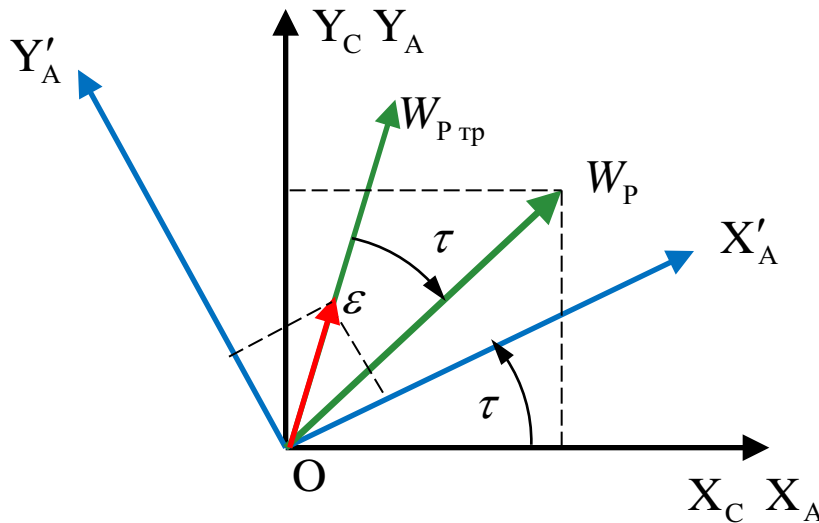


## 2. Причины скручивания СК

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



$$\vec{W}_{P\text{ тр}} = k_y \vec{\epsilon}$$

$$\vec{W}_P = k_y \vec{\epsilon}_A = k_y K_c(\tau) \vec{\epsilon} = K_c(\tau) \vec{W}_{P\text{ тр}}$$

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

#### 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.





# Спасибо за внимание!

