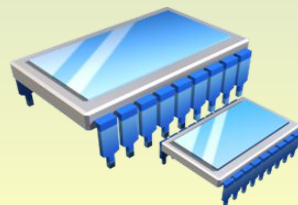




**Фазовая автоподстройка  
(ФАП) в приемниках ОФМн  
радиосигналов.**

**Схемы Пистолькорса и  
Сифорова**



✦ ✦

# Рассмотрение задачи синтеза квазикогерентного приемника ФМн радиосигналов с флюктуирующей начальной фазой.

- Принятое колебание

$$\xi(t) = A_0 \cos[\omega_0 t + \theta(t)\pi + \varphi(t)] + n(t),$$

$$\partial\varphi/\partial t = n_\varphi(t),$$

$$M\{n_\varphi(t)\} = 0,$$

$$M\{n_\varphi(t)n_\varphi(t+\tau)\} = (N_\varphi/2)\delta(\tau).$$

# Выражение для функции $F(t, \varphi)$

$$\begin{aligned}
 F(t, \varphi) &= \frac{\exp\left\{\frac{2}{N} \int_0^t \xi(\tau) A_0 \cos(\omega_0 \tau + \varphi) d\tau\right\} \frac{2}{N} \xi(t) A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi) -}{\exp\left\{\frac{2}{N} \int_0^t \xi(\tau) A_0 \cos(\omega_0 \tau + \varphi) d\tau\right\} +} \\
 &\quad - \frac{\exp\left\{-\frac{2}{N} \int_0^t \xi(\tau) A_0 \cos(\omega_0 \tau + \varphi) d\tau\right\} \frac{2}{N} \xi(t) A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)}{\exp\left\{-\frac{2}{N} \int_0^t \xi(\tau) A_0 \cos(\omega_0 \tau + \varphi) d\tau\right\}} = \\
 &= th \left\{ \frac{2A_0}{N} \int_0^t \xi(\tau) \cos(\omega_0 \tau + \varphi) d\tau \right\} \frac{2A_0}{N} \xi(t) \cos(\omega_0 t + \varphi)
 \end{aligned}$$

# Вид функции $f(\tau, \Theta, \lambda)$

$$f(\tau, \theta, \lambda) = \frac{2}{N} \xi(\tau) A_0 \cos(\omega_0 \tau + \theta\pi + \varphi), \quad \lambda = \varphi.$$

# ✦ ✦ Приближенное уравнение для оценки фазы сигнала

$$\dot{\hat{\varphi}} = \frac{2A_0}{N} R_{\varphi} th \left\{ \frac{2A_0}{N} \int_0^t \xi(\tau) \cos(\omega_0 \tau + \hat{\varphi}) d\tau \right\} \xi(t) \sin(\omega_0 t + \hat{\varphi}),$$

- $R_{\varphi}$ -апостериорная дисперсия фазы

# Оценка переданного символа на данном тактовом интервале.

$$\frac{P(\theta=1|\xi_0^T)}{P(\theta=0|\xi_0^T)} = \frac{\exp\left\{\frac{2A_0}{N} \int_0^T \xi(\tau) \cos(\omega_0\tau + \hat{\varphi}) d\tau\right\} > 1}{\exp\left\{-\frac{2A_0}{N} \int_0^T \xi(\tau) \cos(\omega_0\tau + \hat{\varphi}) d\tau\right\} < 1}.$$

- $P_{\text{pr}}(\Theta=0) = P_{\text{pr}}(\Theta=1)$

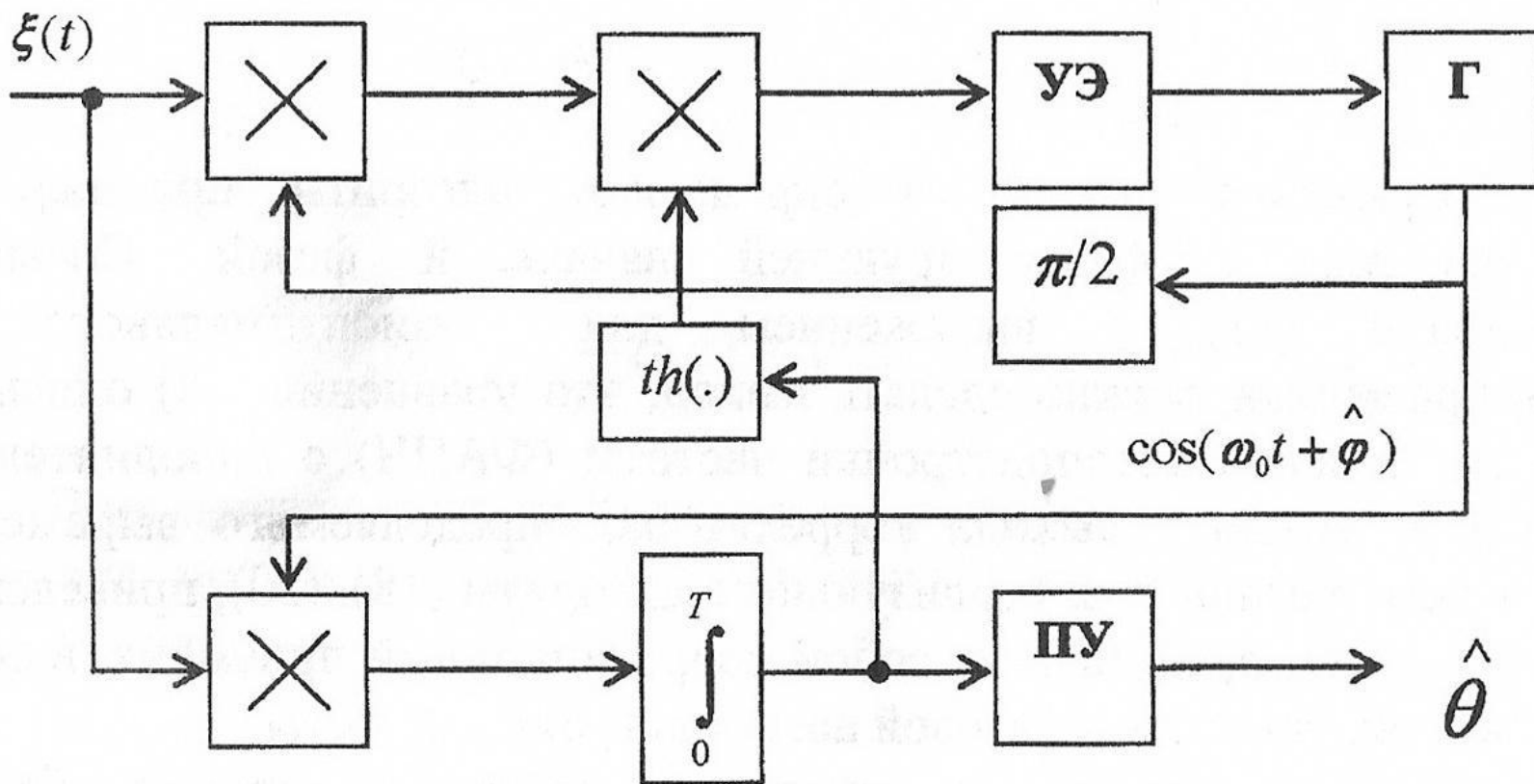


# Алгоритм приема ФМн радиосигнала

$$\dot{\hat{\varphi}} = \frac{2A_0}{N} R_{\varphi} \text{th} \left\{ \frac{2A_0}{N} \int_0^t \xi(\tau) \cos(\omega_0 \tau + \hat{\varphi}) d\tau \right\} \xi(t) \sin(\omega_0 \tau + \hat{\varphi}),$$

$$\int_0^T \xi(\tau) \cos(\omega_0 \tau + \hat{\varphi}) d\tau \begin{matrix} \theta = 1 \\ > 1 \\ < 1 \\ \theta = 0 \end{matrix}$$

✦ ✦ ✦ **Схема оптимального приемника ФМн радиосигналов с флюктуирующей фазой (обратная связь по решению)**





# ✦ ✦ Правила принятия решения о значении символа $\Theta$

$$\frac{P(\theta = 1 | \xi_0^T)}{P(\theta = 0 | \xi_0^T)} = \frac{\exp \left\{ \frac{2A_0}{N} \int_0^T \xi(\tau) \cos(\omega_0 \tau + \hat{\varphi}_1) d\tau \right\}_{\theta=1}}{\exp \left\{ \frac{2A_0}{N} \int_0^T \xi(\tau) \cos(\omega_0 \tau + \hat{\varphi}_0) d\tau \right\}_{\theta=0}} \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 1$$

ИЛИ

$$\exp \left\{ \frac{2A_0}{N} \int_0^T \xi(\tau) \cos(\omega_0 \tau + \hat{\varphi}_1) d\tau \right\}_{\theta=1} > \exp \left\{ \frac{2A_0}{N} \int_0^T \xi(\tau) \cos(\omega_0 \tau + \hat{\varphi}_0) d\tau \right\}_{\theta=0}$$

$\hat{\varphi}_1, \hat{\varphi}_0$  - условные оценки фазы для каждого из возможных значений  $\Theta$

# Уравнения фильтрации

$$\frac{\partial \hat{\varphi}_0}{\partial t} = -R_\varphi \frac{2A_0}{N} \xi(t) \sin(\omega_0 t + \hat{\varphi}_0),$$

$$\frac{\partial \hat{\varphi}_1}{\partial t} = -R_\varphi \frac{2A_0}{N} \xi(t) \sin(\omega_0 t + \hat{\varphi}_1).$$

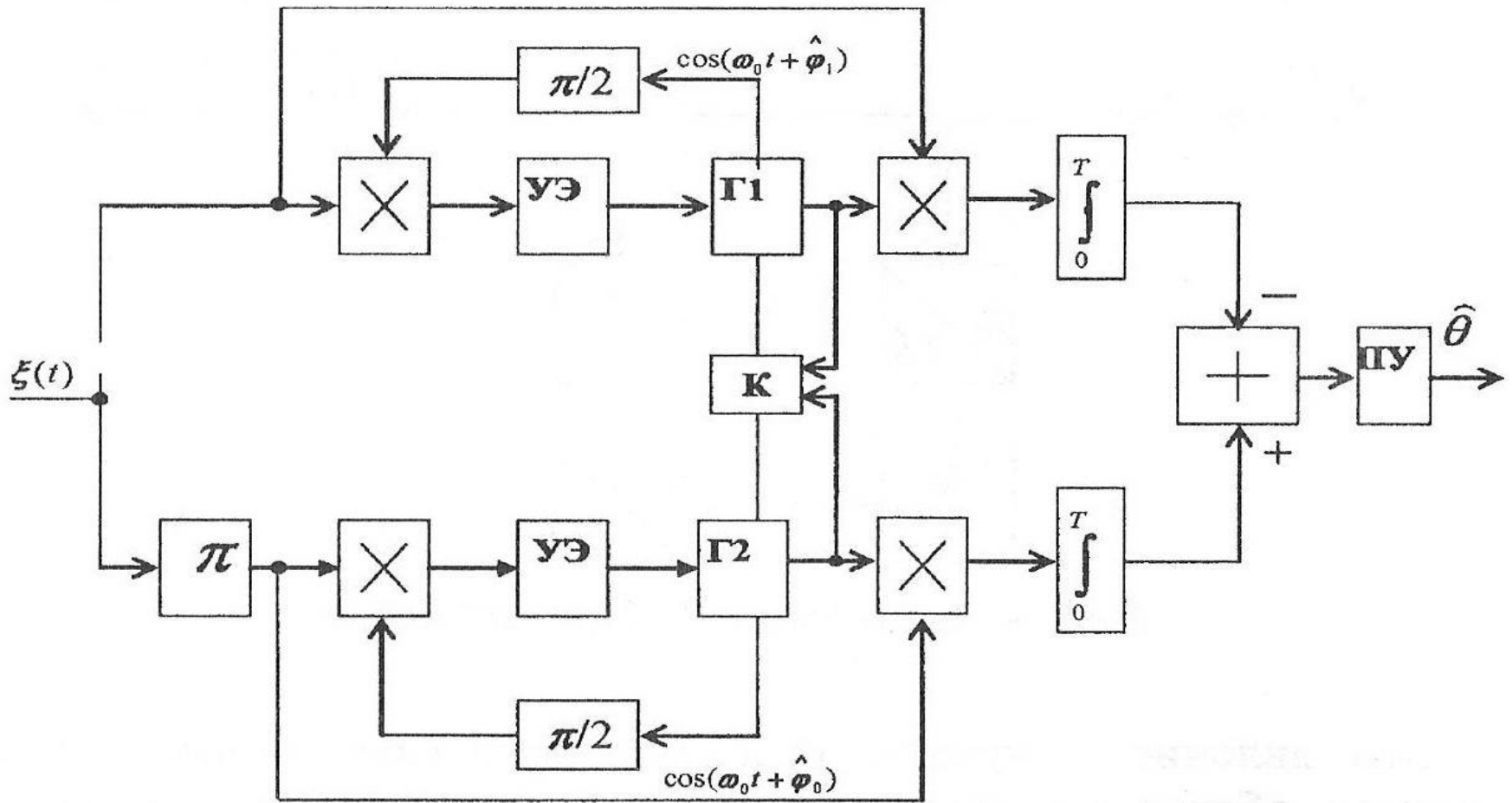
# Безусловная оценка фазы

$$\hat{\varphi}(T+0) = \hat{\varphi}_0(T-0)P(\theta=0|\xi_0^T) + \hat{\varphi}_1(T-0)P(\theta=1|\xi_0^T)$$

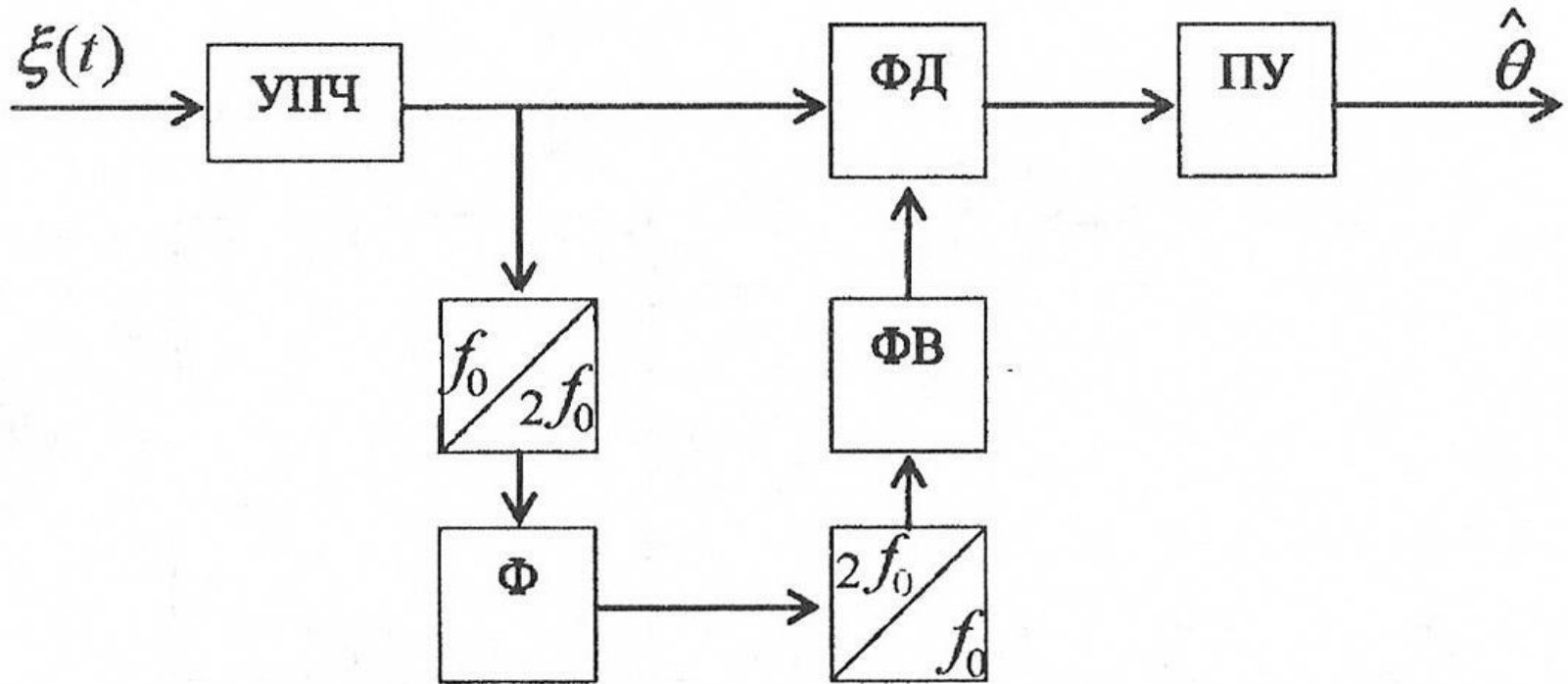
При больших отношениях сигнал/шум:

$$\hat{\varphi}(T+0) = \begin{cases} \hat{\varphi}_0(T-0) \text{ при } \hat{\theta} = 0 \\ \hat{\varphi}_1(T-0) \text{ при } \hat{\theta} = 1 \end{cases}$$

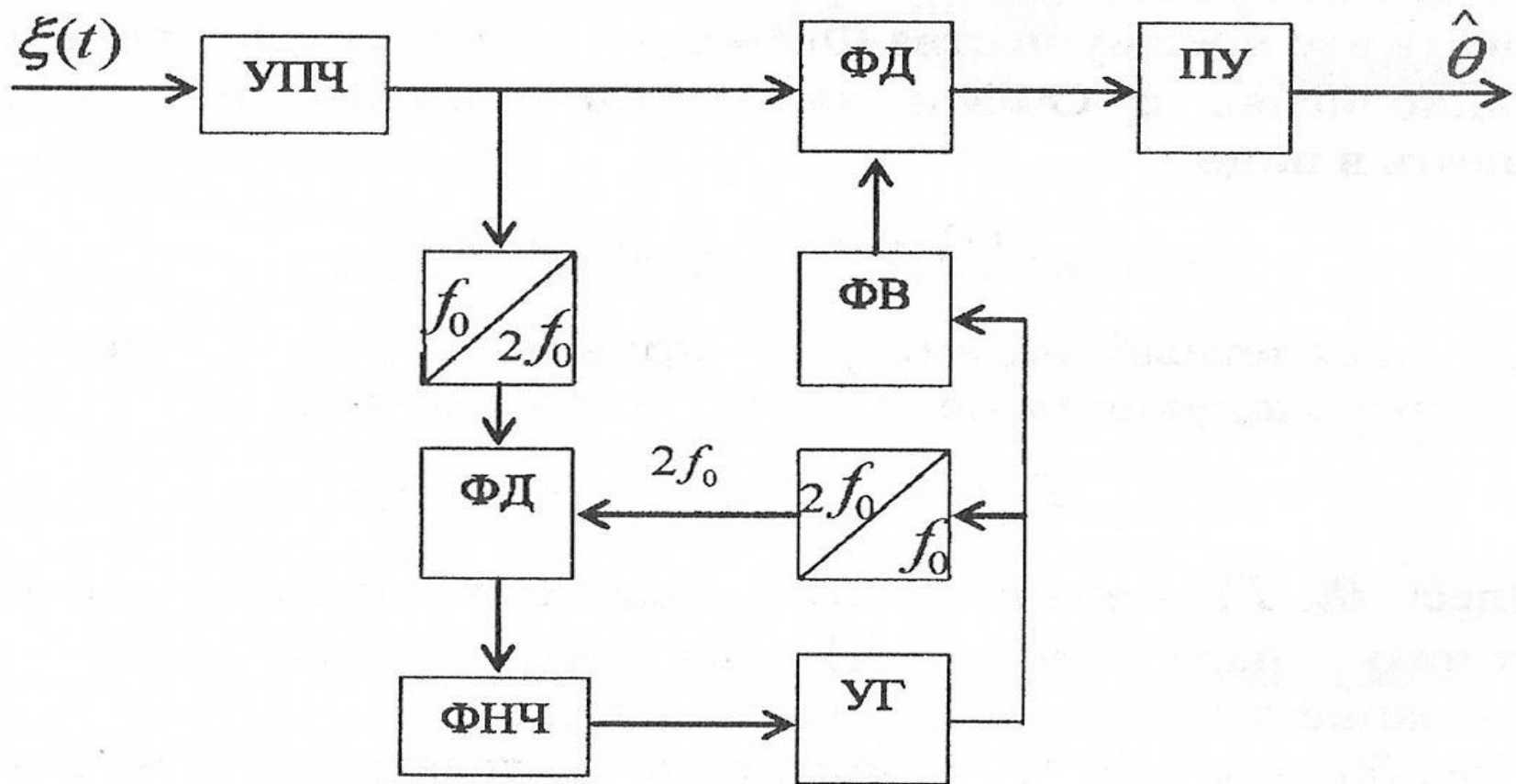
# Схема оптимального приемника ФМн-радиосигналов с флюктуирующей начальной фазой (переприсвоение оценки фазы)



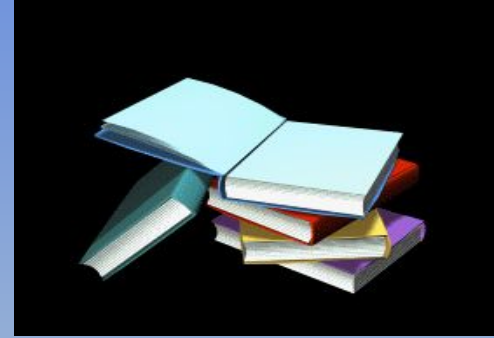
# Схема А.А.Пистолькорса



# Схема В.И.Сифорова



# Литература



- В.И.Тихонов «Авиационные системы и комплексы радиосвязи» ВВИА, 2007 год
- Д.Дэвис «Справочник радиоинженера» 2002 год