



Балтийская государственная академия  
рыбопромыслового флота



Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет «ЛЭТИ»

Балтийский федеральный университет  
имени И. Канта

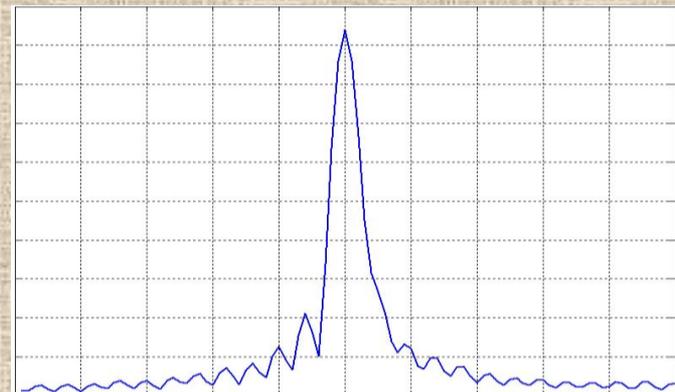
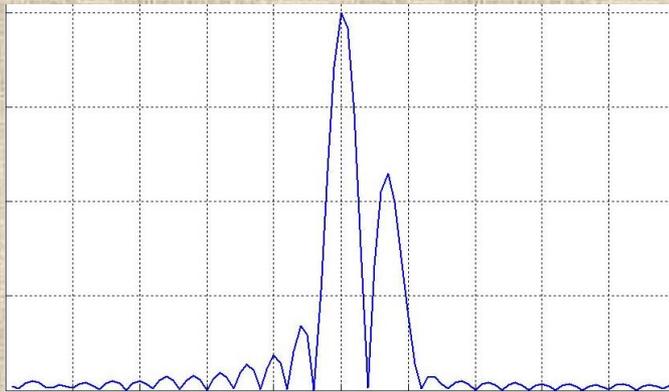
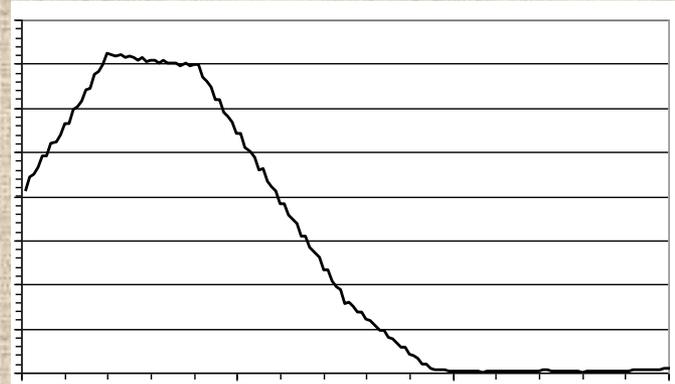
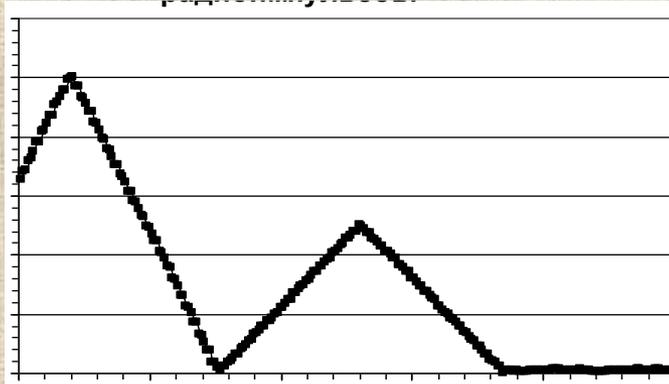
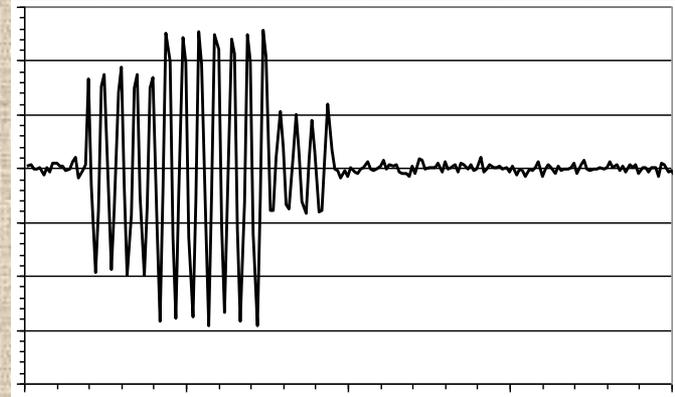
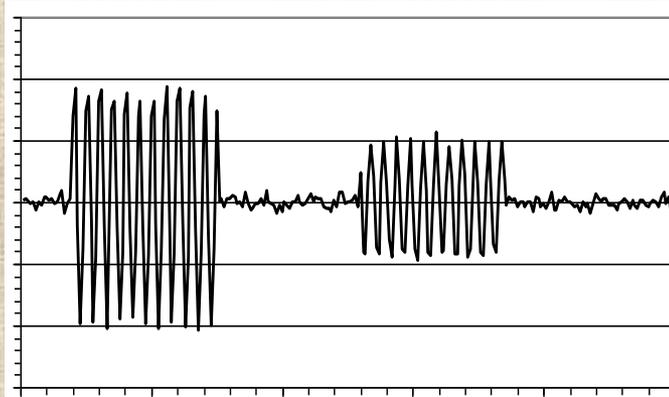
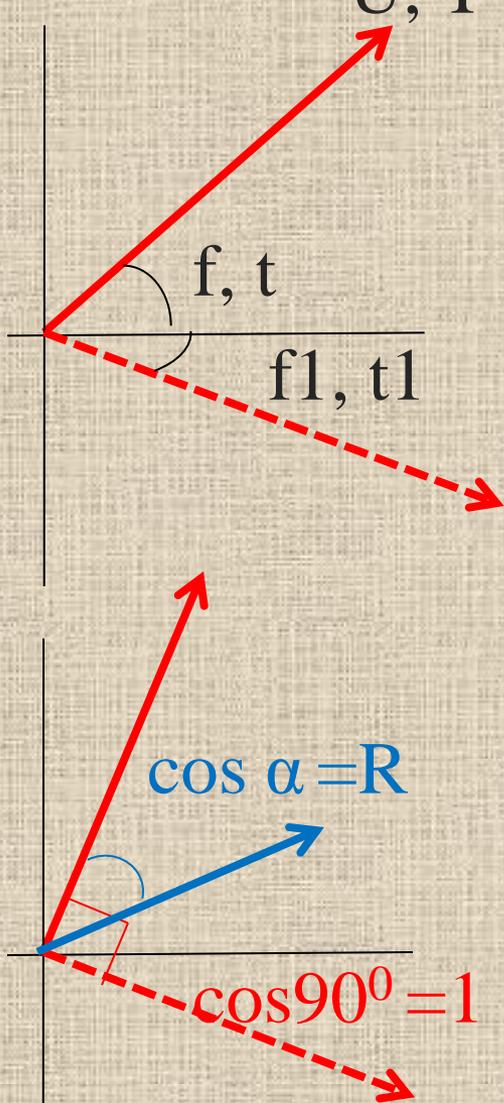


# ***ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАДИОИМПУЛЬСОВ МЕТОДОМ МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ***

**Власова К.В., Пахотин В.А., Клионский Д.М., Каплун Д.И.**

ММРО-17

# Цель работы: оценка параметров совокупности неортогональных радиоимпульсов



# Решение задачи оценки параметров совокупности N неортогональных радиопульсов

принятое сообщение

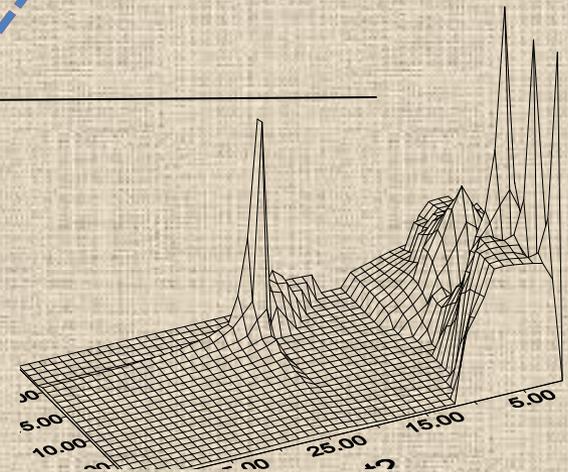
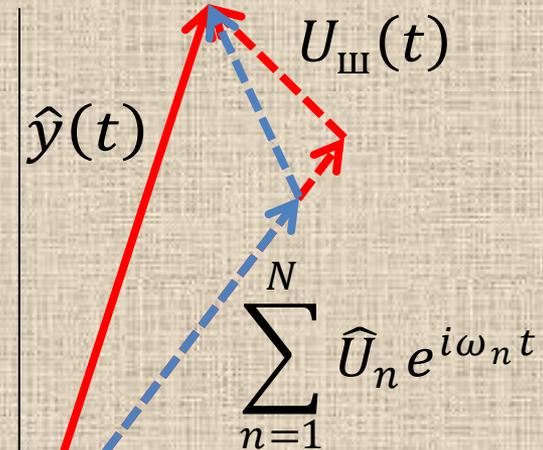
$$\hat{y}(t) = \sum_{n=1}^N \hat{U}_n e^{i\omega_n t} + U_{\text{ш}}(t)$$

логарифм функции правдоподобия

$$\ln \left( L(\vec{\lambda}) \right) = -\frac{1}{2\sigma^2 \tau_K} \int_0^T \left| \hat{y}(t) - \sum_{n=1}^N \hat{U}_n e^{i\omega_n t} \right|^2 dt$$

математическое ожидание

$$M \left( \ln \left( L(\vec{\lambda}) \right) \right) = -\frac{1}{2\sigma^2 \tau_K} \left\{ \int_0^T \left| \sum_{n=1}^N \hat{U}_n e^{i\omega_n t} - \sum_{n=1}^N \hat{U}_n e^{i\omega_n t} \right|^2 dt + \sigma^2 T \right\}$$



# Решение задачи оценки параметров совокупности N неортогональных радиоимпульсов

уравнения правдоподобия

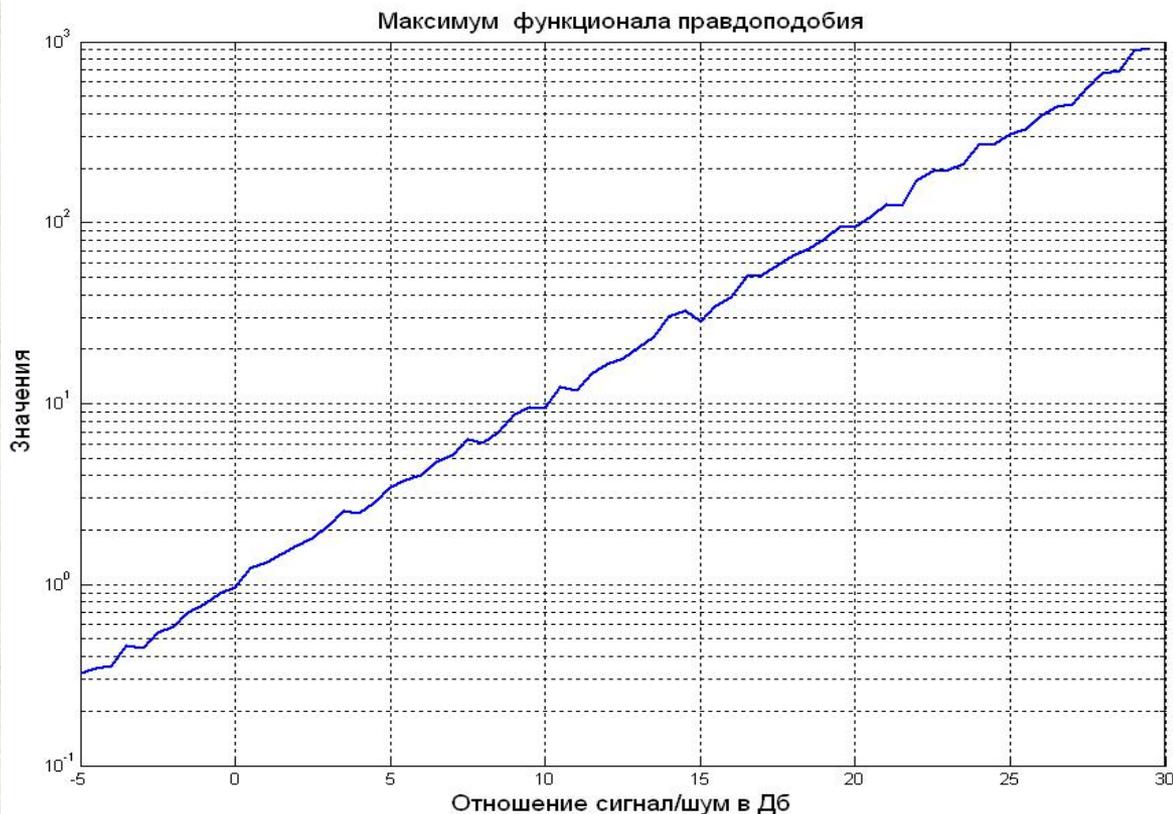
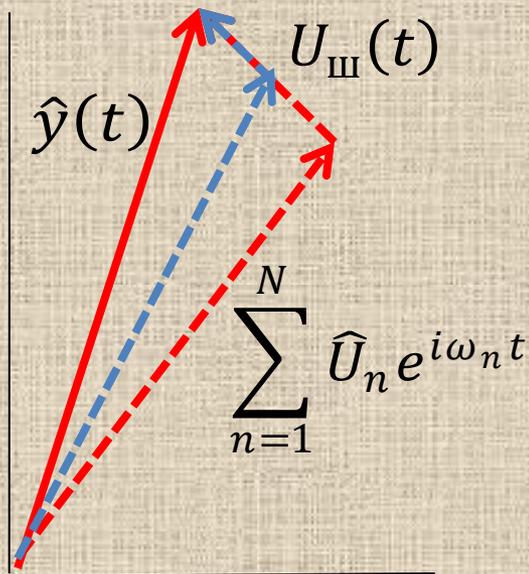
$$\int_0^T \left( \hat{y}(t) - \sum_{n=1}^N \hat{U}_n e^{i\omega_n t} \right) e^{-i\omega_1 t} dt = 0$$

...

$$\int_0^T \left( \hat{y}(t) - \sum_{n=1}^N \hat{U}_n e^{i\omega_n t} \right) e^{-i\omega_N t} dt = 0$$

преобразованный функционал  
правдоподобия

$$\Delta(\omega_1 \dots \omega_n) = \int_0^T |\hat{y}(t)|^2 dt - \int_0^T \left( \sum_{n=1}^N \hat{U}_n e^{i\omega_n t} \right)^2 dt$$



# Критерий качества полученного решения

информационная матрица

Фишера

$$J_{ij} = -M \left( \frac{d^2 \ln \left( L(\vec{\lambda}) \right)}{d\lambda_i d\lambda_j} \right)$$

дисперсия амплитуды одного  
радиоимпульса

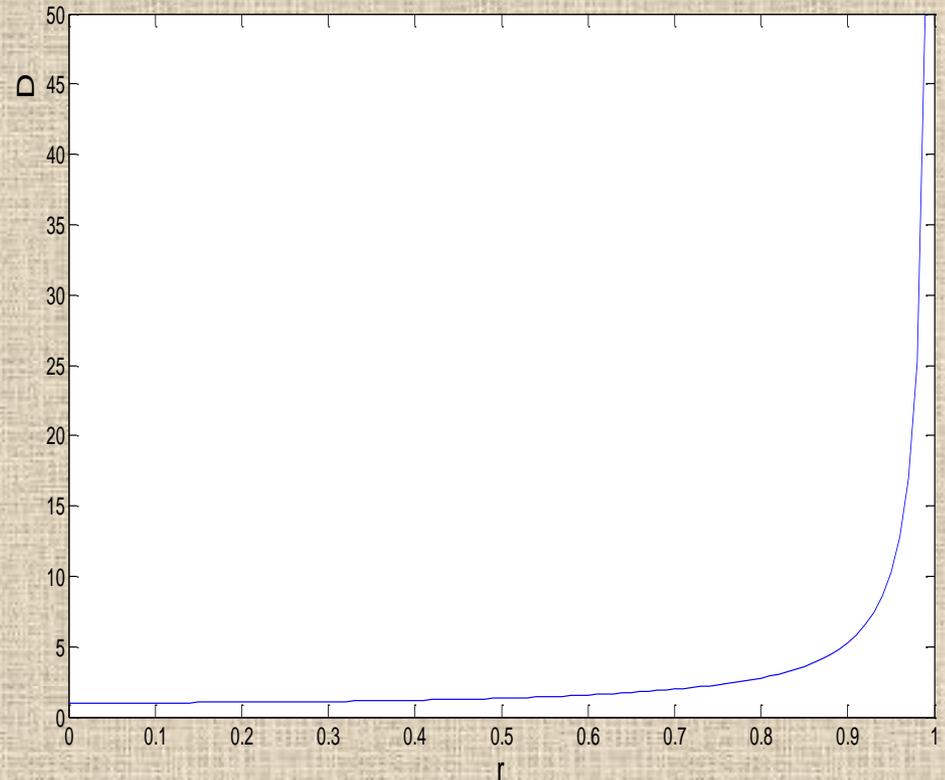
$$D_{U_0} = \frac{\sigma^2}{N}$$

нормированная дисперсия

$$D = \frac{D_U}{D_{U_0}} = \frac{1}{1 - |\hat{r}|^2}$$

дисперсия амплитуд двух  
неортогональных  
радиоимпульсов

$$D_{U_1} = D_{U_2} = \frac{\sigma^2}{N(1 - |\hat{r}|^2)}$$



# Результаты модельных исследований

Амплитуды  $U_1 = 2, U_2 = 1$ ; начальные фазы  $\varphi_1 = 10^0, \varphi_2 = 170^0$ ; частоты  $f_1 = 2$  кГц,  $f_2 = 2,08$  кГц; отношение сигнал/шум 20 дБ; длительность радиоимпульсов 25 мс. Релеевское ограничение в разрешении возникает при сближении частот до значения  $\Delta f = 40$  Гц.

