

Автоматизация обработки данных при многочастотном доплеровском зондировании сигналами с ЛЧМ

Колчев А.А., Недопёкин А. Е.

Марийский государственный
университет

POLAR-2012

0. Введение

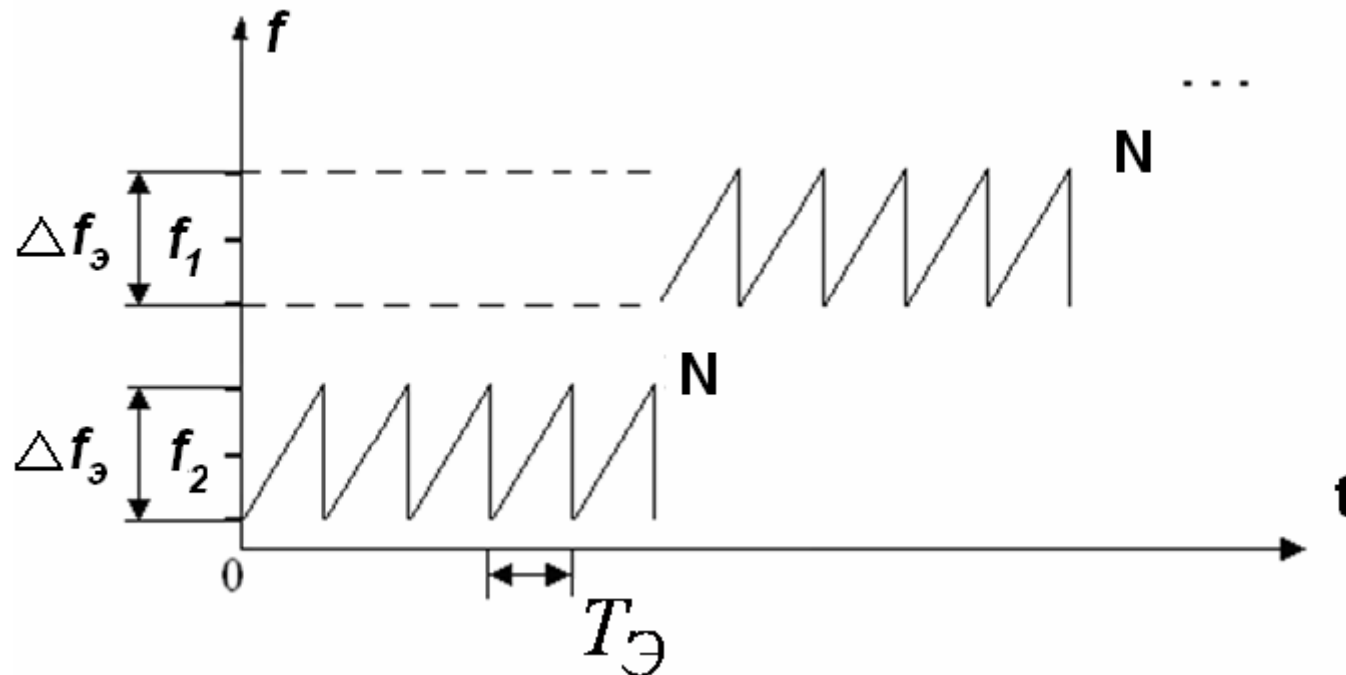
Состояние ионосферного канала:

- доплеровское смещение частоты
- время группового запаздывания ионосферных мод
- частотные зависимости доплеровского смещения и времени группового запаздывания

Преимущества ЛЧМ зондирования ионосферы:

- Малая мощность передатчика
- Широкий диапазон измерений
- Хорошая помехозащищённость
- Возможность измерения доплеровского сдвига частоты и времени группового запаздывания одновременно

1. Зондирование периодическим ЛЧМ сигналом



$$a(t) = a_0 \exp\left[j \left(2\pi \left(f_0 - \frac{\Delta f}{2} \right) \cdot t + \pi \dot{f} \cdot t^2 \right)\right], t \in [(k-1)T_э, kT_э] \quad (1)$$

$T_э$ — длительность элемента сигнала,

Δf — полоса частот элемента сигнала.

$$|S_i^P(\omega)| = \frac{T}{2} \left| \frac{\sin(0.5 \cdot T_{\Delta}(\omega - \beta\tau_i + 2\pi F_{\Delta i}))}{0.5 \cdot T_{\Delta}(\omega - \beta\tau_i + 2\pi F_{\Delta i})} \right| \cdot \left| \frac{\sin(0.5 \cdot NT_{\Delta}(\omega + 2\pi F_{\Delta i}))}{0.5 \cdot NT_{\Delta}(\omega + 2\pi F_{\Delta i})} \right| \quad (2)$$

Производится БПФ всей последовательности данных как целого.
 Вся полоса анализа разбивается на ячейки разрешения.
 Ширина первой ячейки $1/(2T_{\Delta})$, остальных - $1/T_{\Delta}$

Определяется частота, на которой модуль спектральной составляющей принимает максимальное значение F_{mi}

$$F_{\Delta i} = \left(\frac{m_i}{T} \right) - F_{mi}, \quad \tau_i = m_i / T_{\Delta} \quad (3)$$

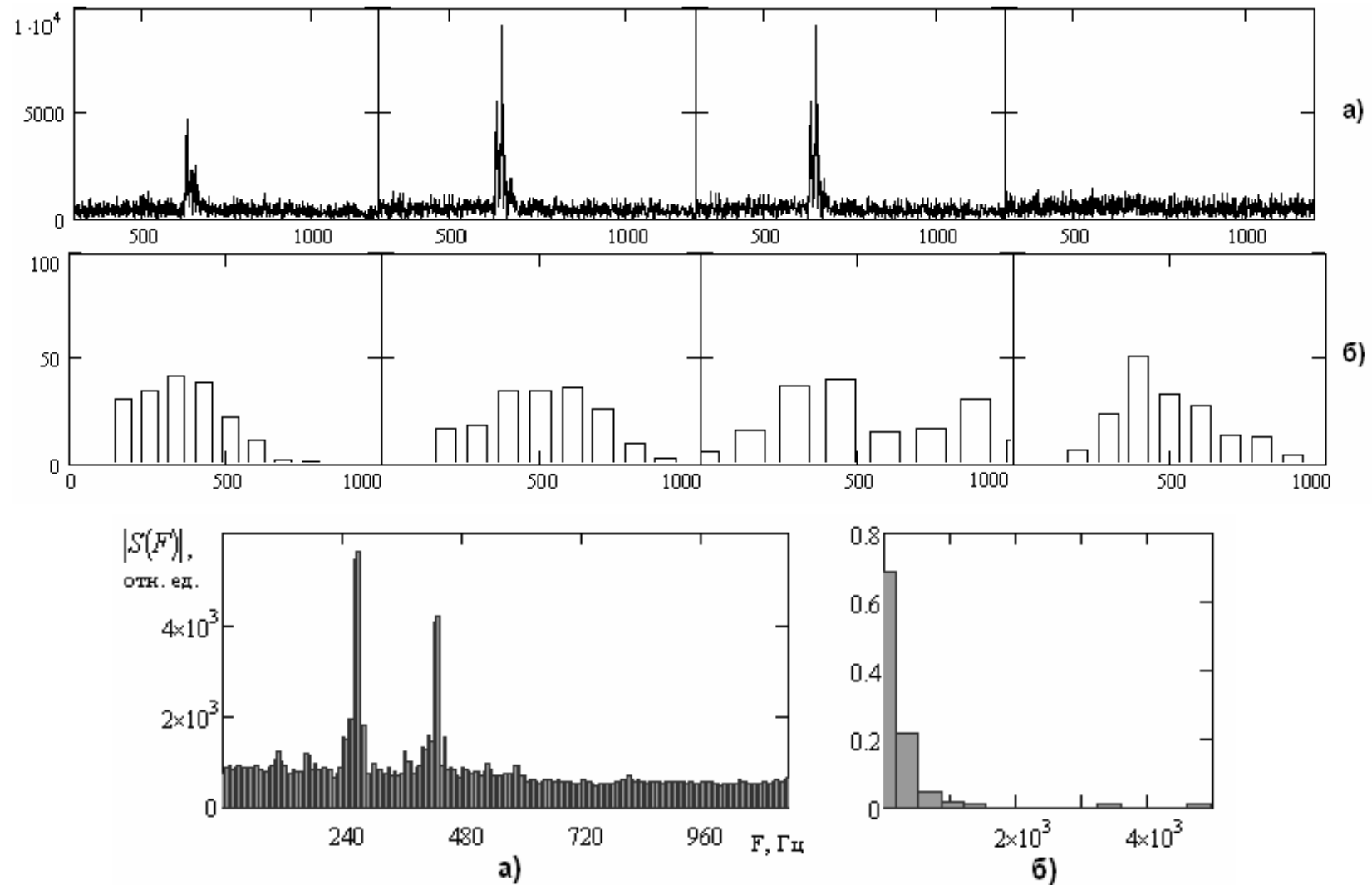
$$\delta F_{\Delta} = 1/(NT_{\Delta}) \quad (4) \quad \delta \tau = 1/(f \cdot T_{\Delta}) \quad (5)$$

Сложность практического осуществления измерений заключается в отсутствии методики автоматического определения параметров и их частотных зависимостей

Задача

Разработка методики автоматического измерения времени группового запаздывания и доплеровского смещения частоты для отдельных мод ионосферного распространения.

2. Статистические свойства сигнала и его выделение



Априорная непараметрическая неопределённость

$$f(x, \gamma) = h_1 f_1(x, \gamma_1) + h_2 f_2(x, \gamma_2)$$

$$\gamma_1 \ll \gamma_2; \quad h_2 \ll h_1 \quad (6)$$

Использование методик цензурирования выборок.

Общий подход: $|x - x_{\text{Ц}}| \leq t \cdot \sigma \quad (7)$

σ — СКО; t — квантильный множитель;

$x_{\text{Ц}}$ — центр распределения.

1. Метод с эксцессом:

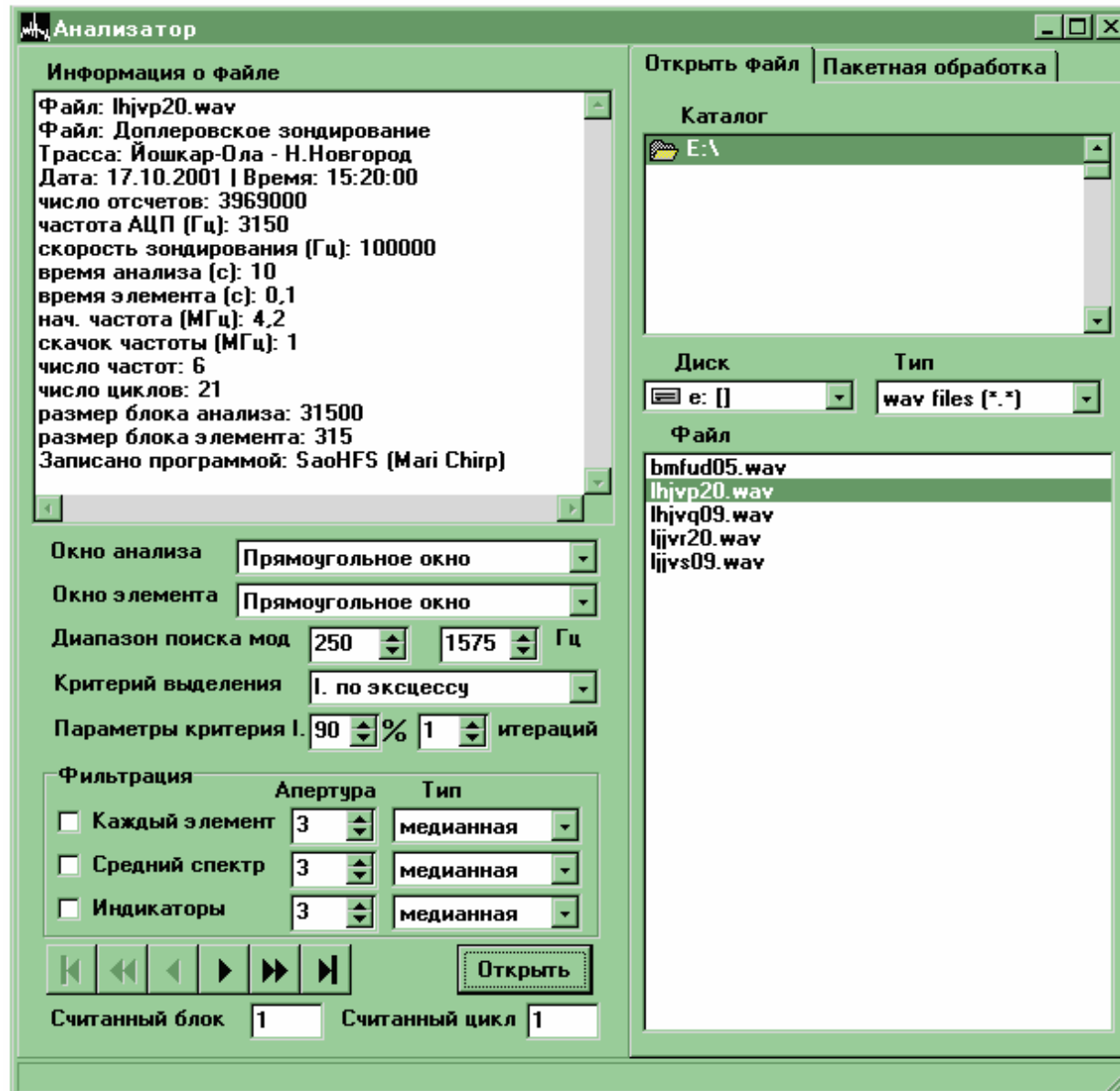
$$|x - \bar{x}| \leq \sigma \cdot (1,55 + 0,8\sqrt{\varepsilon - 1} \cdot \lg(N/10)) \quad (8)$$

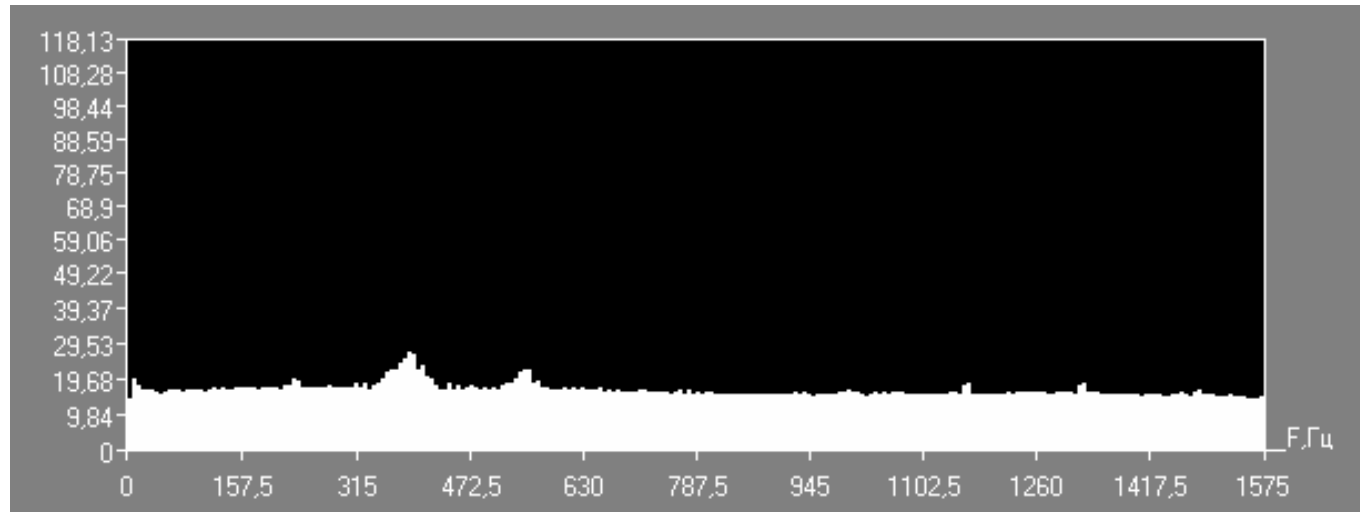
2. Метод, использующий квантили:

$$x \leq k \cdot \sigma + x_{\gamma} \quad (9)$$

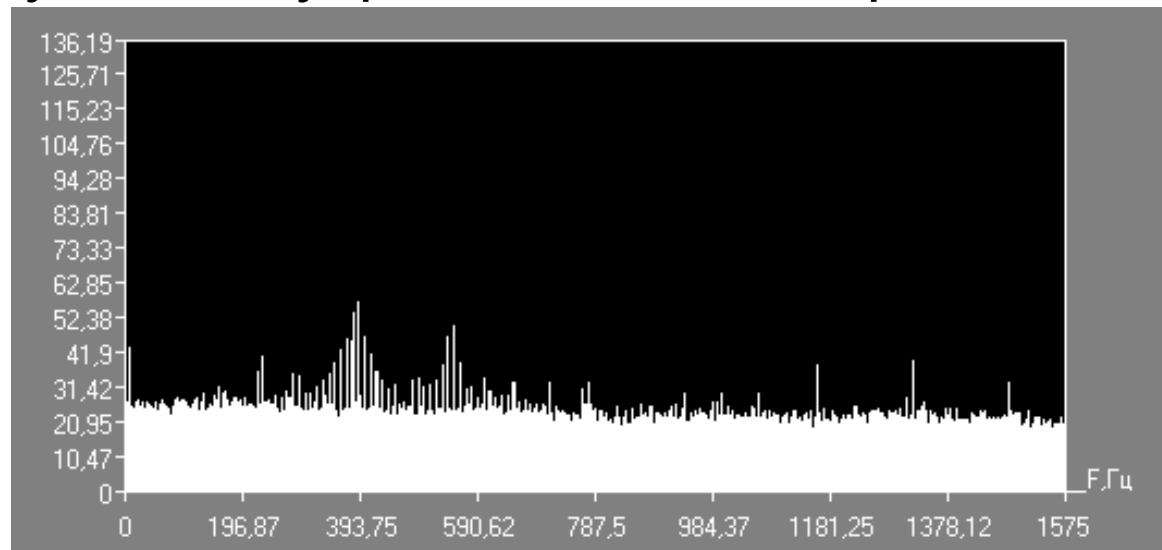
x_{γ} — квантиль порядка γ k — энтропийный коэффициент

3. Программа

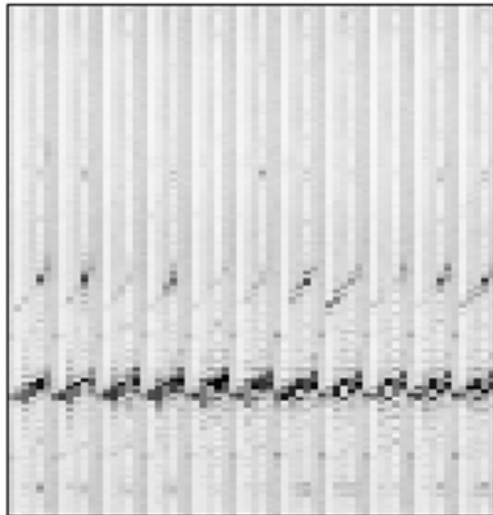




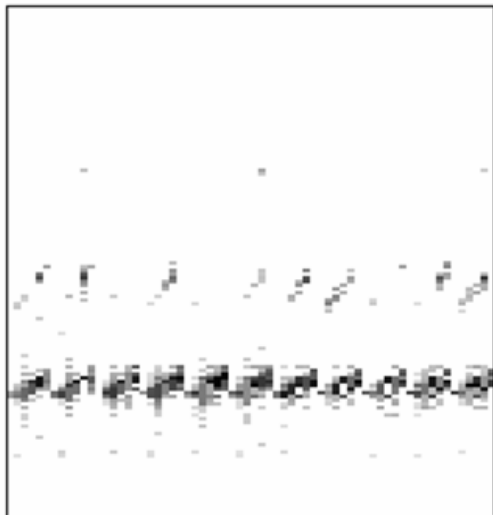
Спектр, полученный усреднением спектров каждого элемента



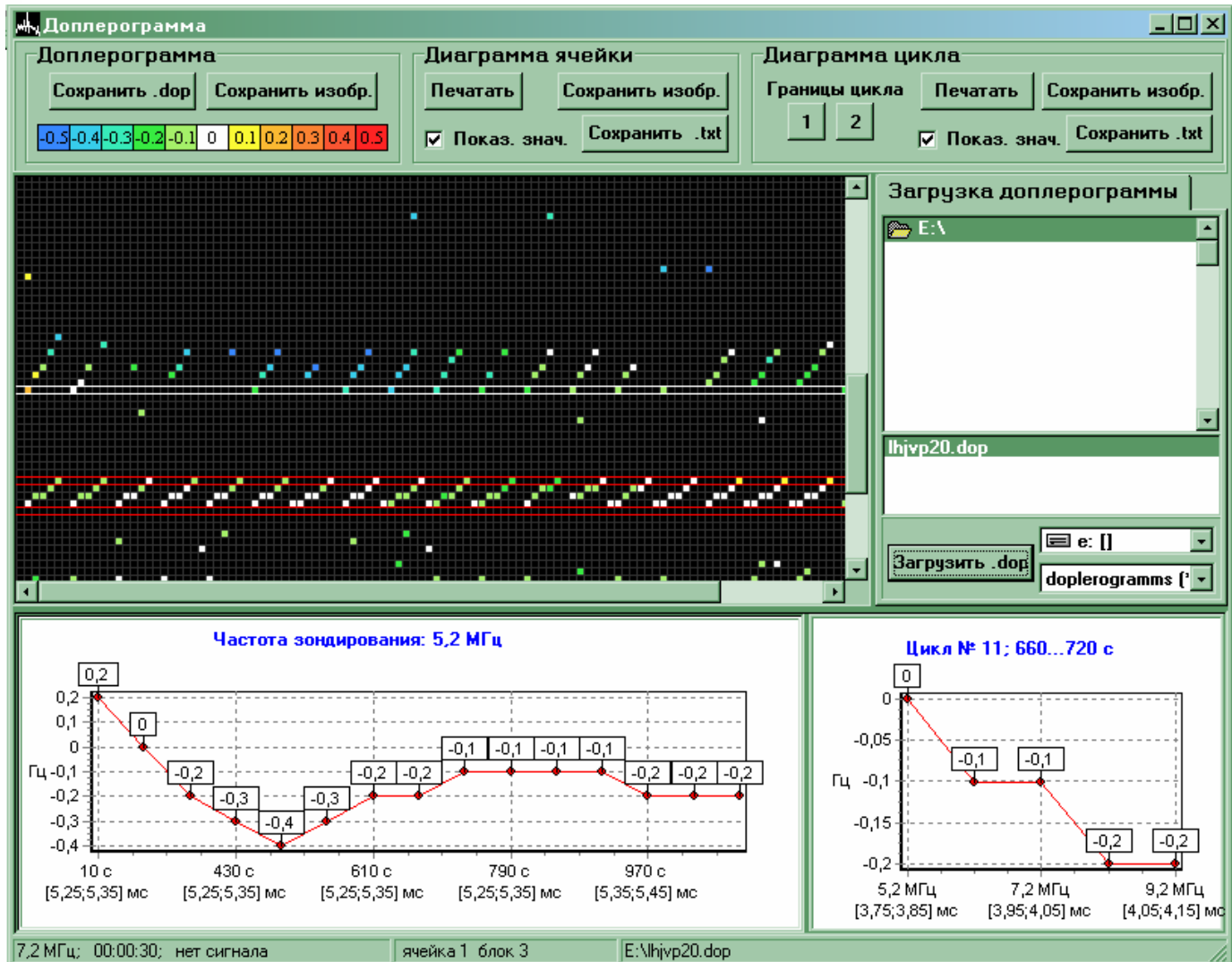
Спектр за всё время излучения периодического сигнала на данной частоте



а)



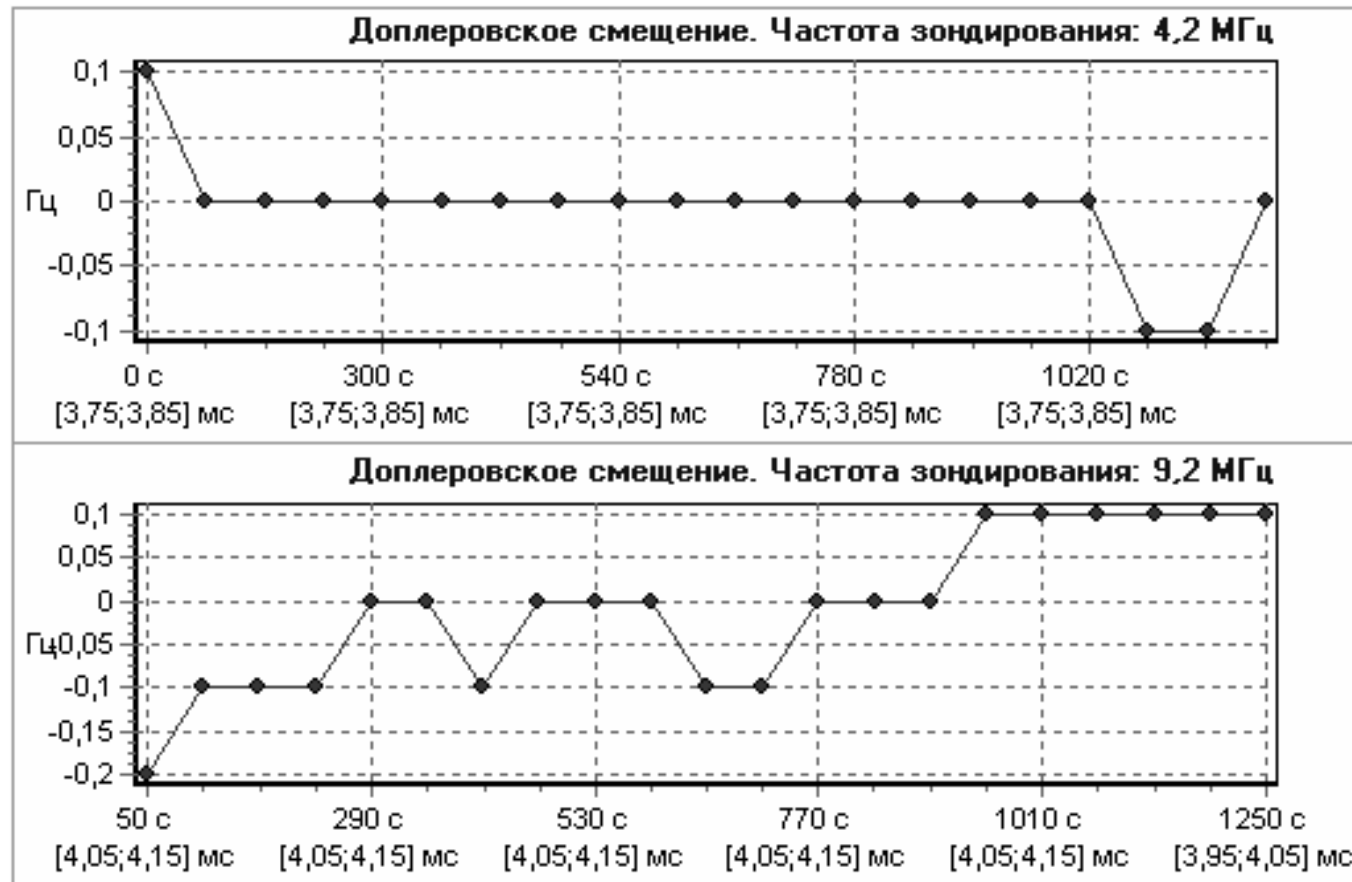
б)



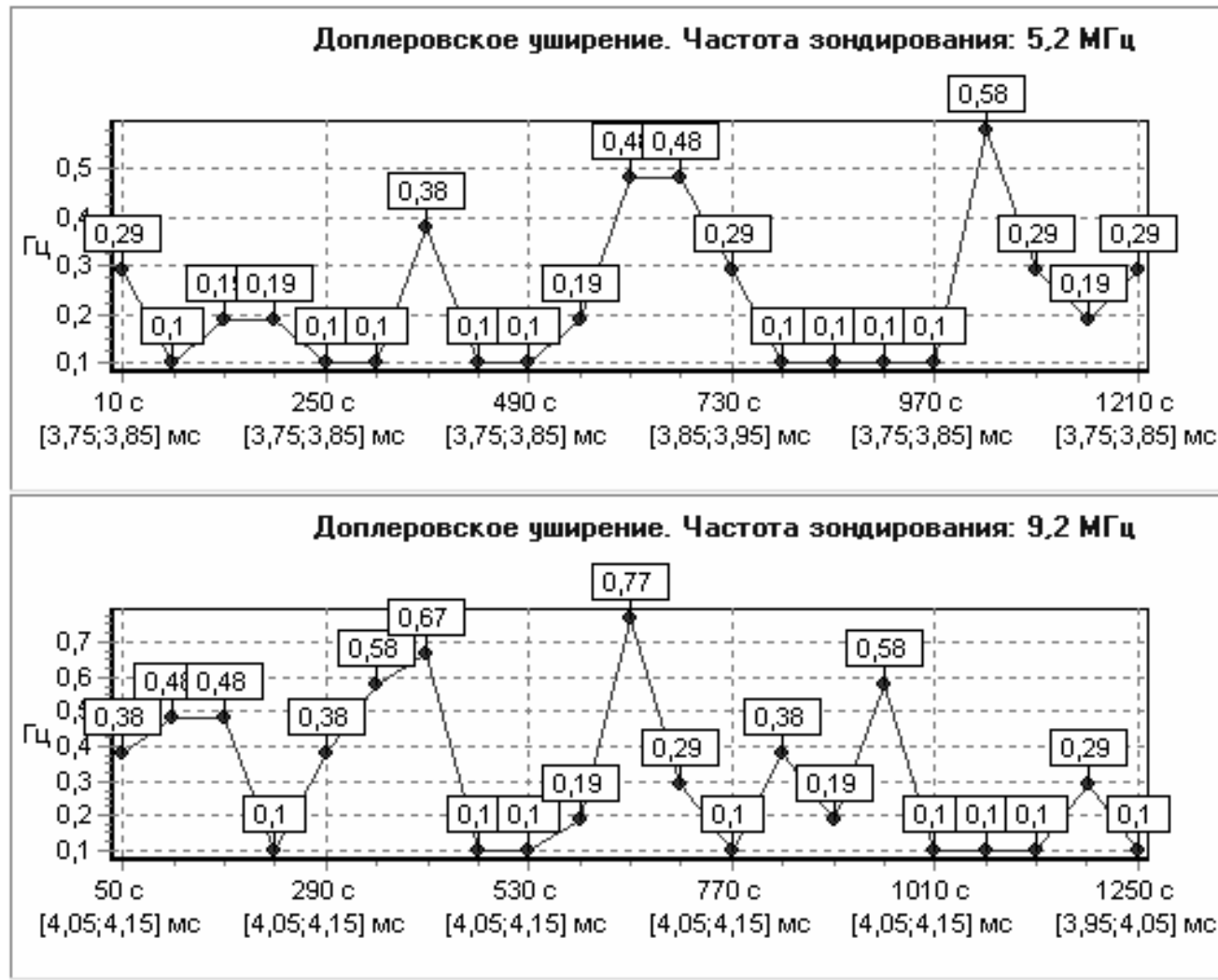
Пример выделения

Пример работы программы

Пример измеренных доплеровских смещений частоты



Пример измеренных доплеровских уширений спектра сигнала



Выводы

- ❑ Разработана и реализована методика автоматического измерения для случая зондирования последовательностями ЛЧМ-импульсов.
- ❑ Исследование статистических свойств спектральных выборок позволило обосновать критерий автоматического выделения сигнала.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !