

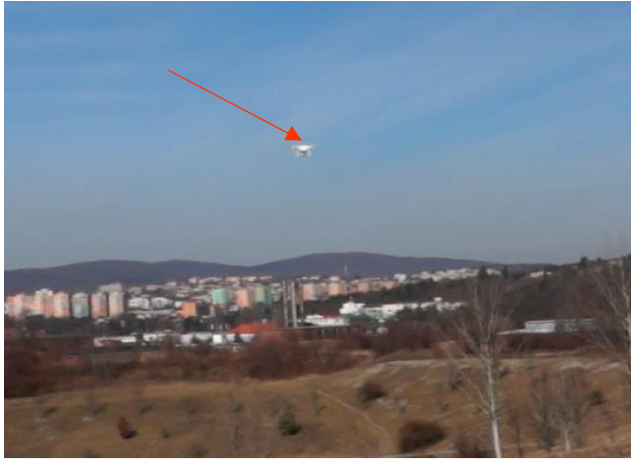


Метод тройной корреляции в приложении к задачам акустической локации

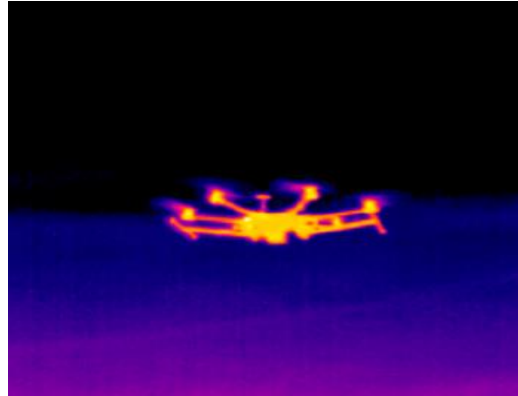
А.И. Корольков, А. В. Шанин
Физический факультет,
кафедра акустики,
МГУ имени М.В. Ломоносова



Локация БПЛА



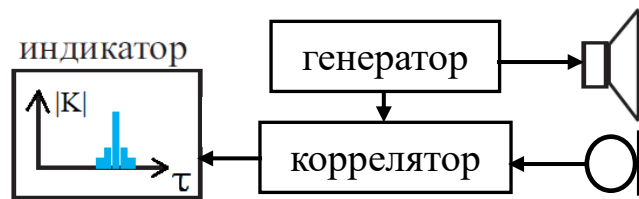
Визуальное наблюдение



Инфракрасный тепловизор



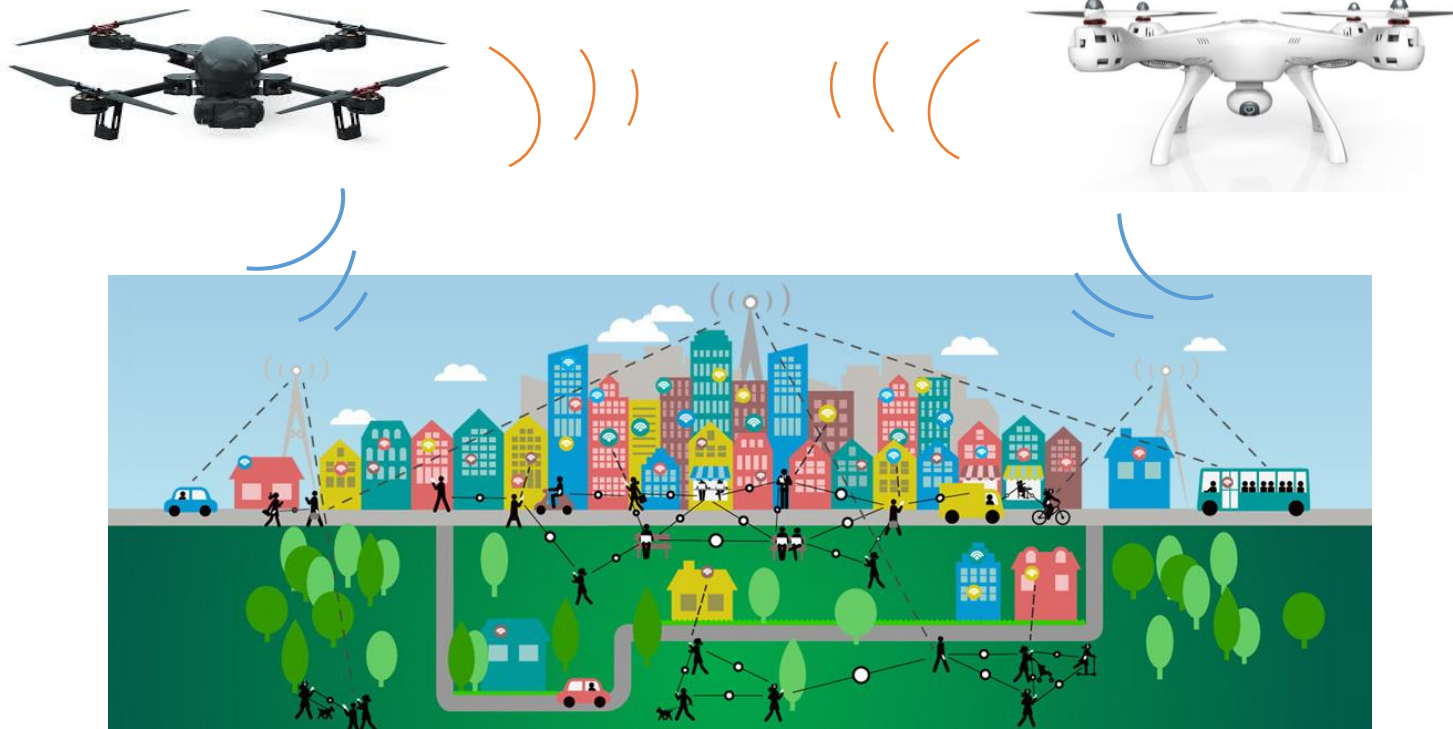
Радиолокационное обнаружение



Акустическое зондирование



- Ориентация БПЛА в условиях городской среды с помощью звуковых и ультразвуковых датчиков.
- Различение БПЛА среди других объектов

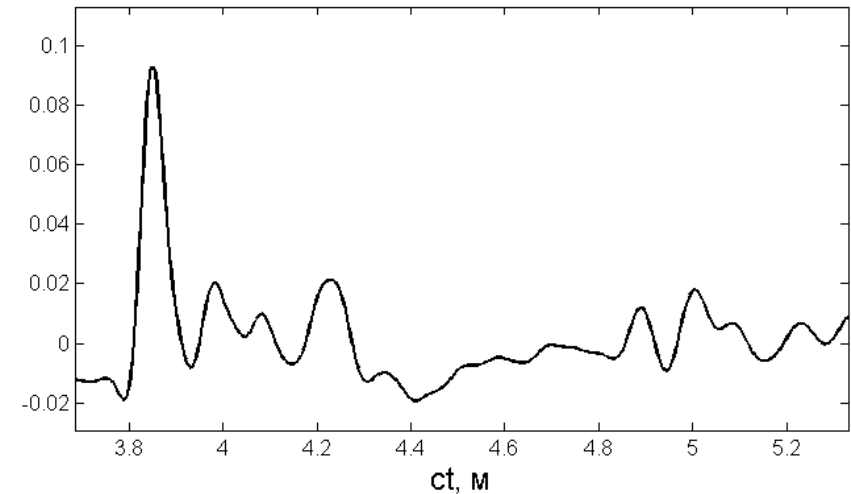
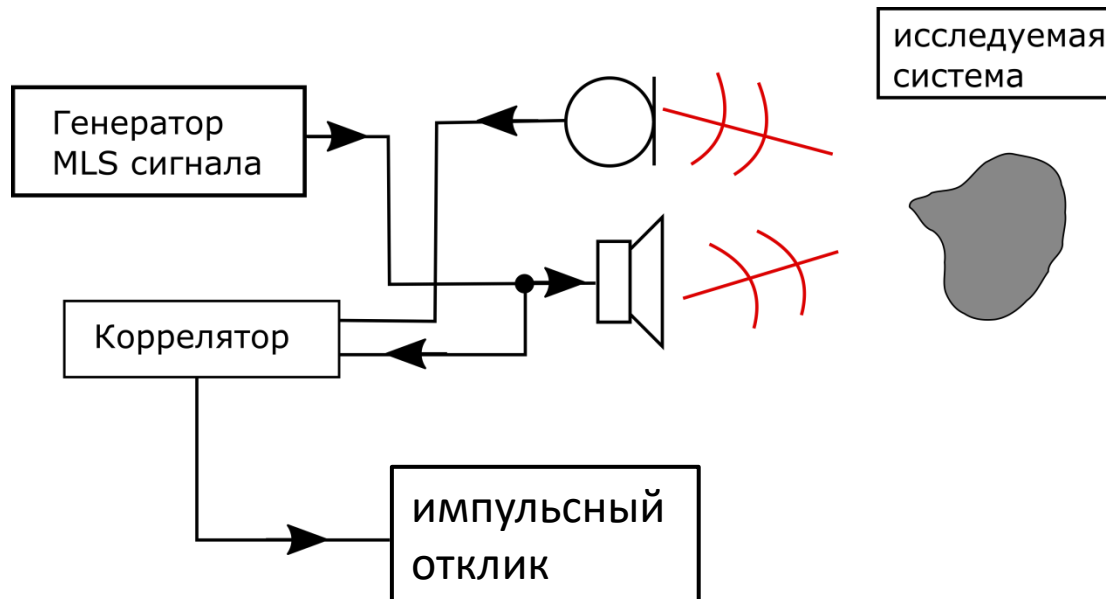
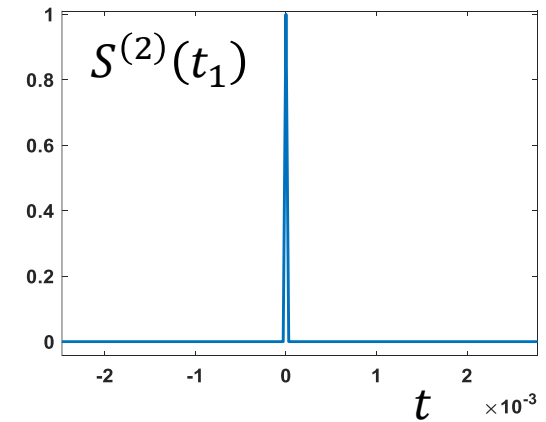


Концепция корреляционного эксперимента с псевдошумовой последовательностью:

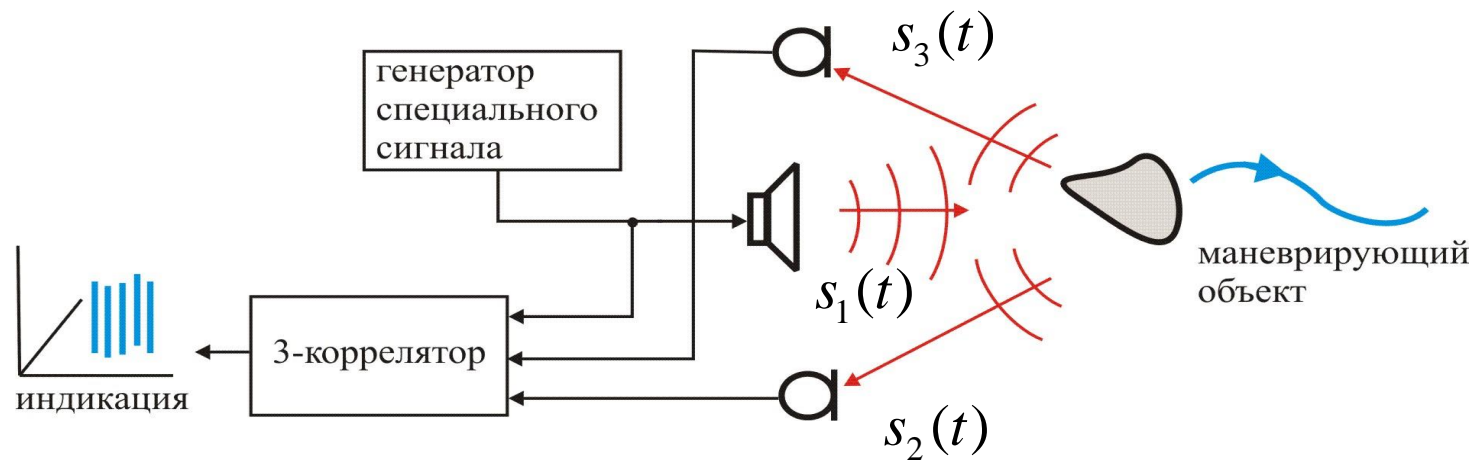
1. Изучаемая система облучается псевдошумовым сигналом (mls-последовательностью) $m(t)$ с автокорреляционной функцией, близкой к дельта-функции:

$$S^{(2)}(t_1) = \frac{1}{T} \int_0^T m(t)m(t + t_1)dt,$$

2. Кросс-корреляционная функция на приемнике дает импульсный отклик системы

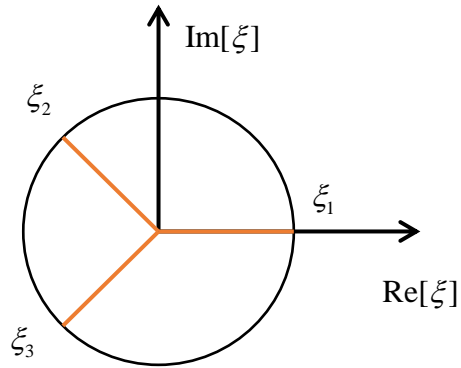


Локация движущихся препятствий с помощью тройной корреляции



$$S^{(3)}(\tau_1, \tau_2) = \int s_1(t) s_2(t + \tau_1) s_3(t + \tau_2) dt$$

Алгоритм генерации последовательности комплексных чисел с дельтообразной функцией тройной (авто)корреляции



$$\xi_1 = 1, \quad \xi_2 = \exp(i2\pi/3), \quad \xi_3 = \exp(-i2\pi/3)$$

$$(\xi_1)^3 = (\xi_2)^3 = (\xi_3)^3 = 1$$

Сгенерируем последовательность $c[k]$ длины N , состоящую из ξ_j , расположенных в случайном порядке

Дискретный аналог тройной корреляции:

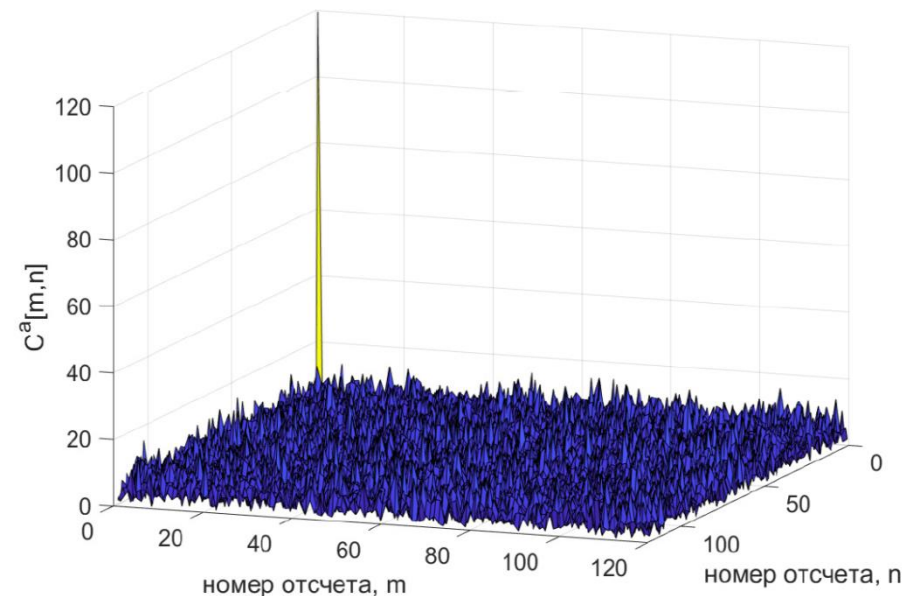
$$C^3[m, n] = \sum_{k=0}^{N-1} c[k]c[k+m]c[k+n]$$

$$C^3[0, 0] = 1 + 1 + \dots + 1 = N$$

$$\langle C^3[m, n] \rangle \sim 0, \text{ при } m \neq 0, n \neq 0.$$

$$\langle (C^a[m, n])^2 \rangle \sim N$$

Относительная ошибка порядка $1/\sqrt{N}$



Реализация последовательности в эксперименте

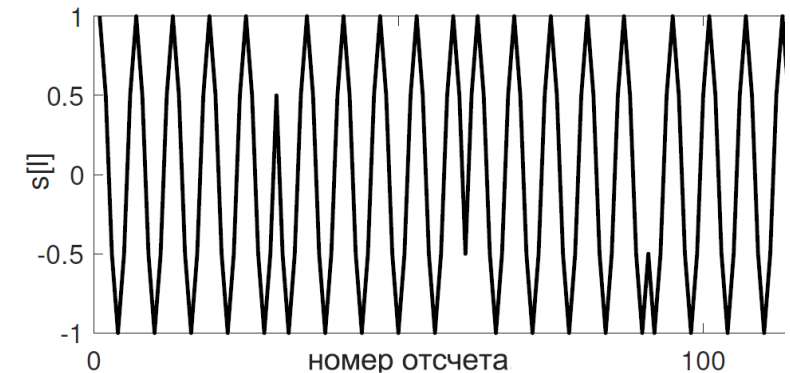
1. Будем подавать фазоманипулированный сигнал следующего вида:

генератор случайных чисел из тройки (1,2,3)

$$s[l] = \cos \left(2\pi \frac{l}{N_d} + \frac{2\pi}{3} \left(r \left[\frac{l}{N_d N_p} \right] - 2 \right) \right)$$

число точек на период

число периодов на один скачок фазы

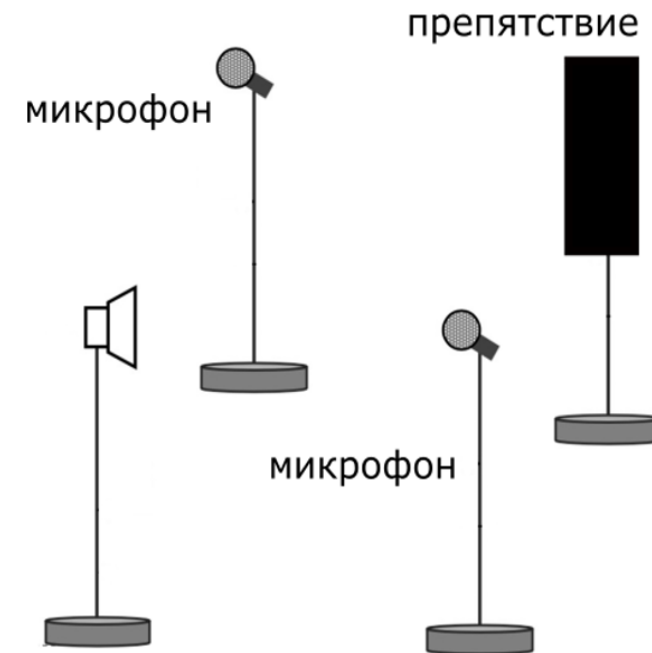
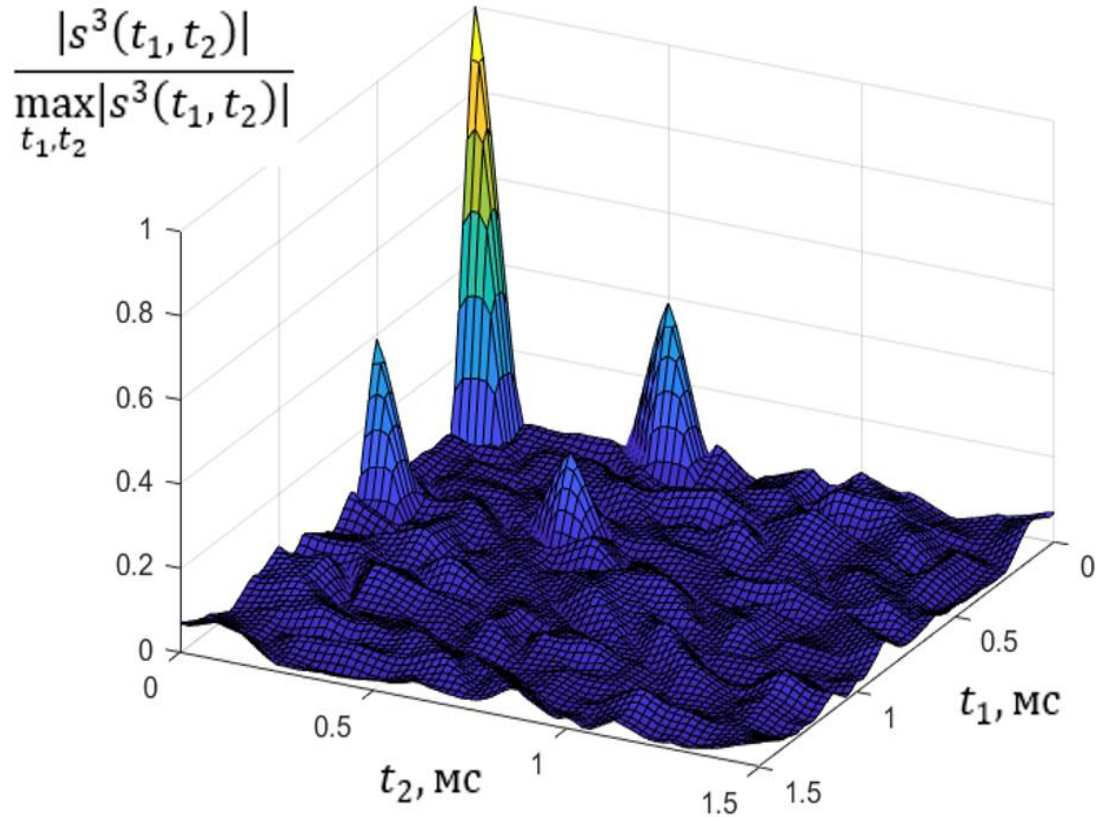


2. На этапе обработки будем работать с аналитическими представлениями сигналов:

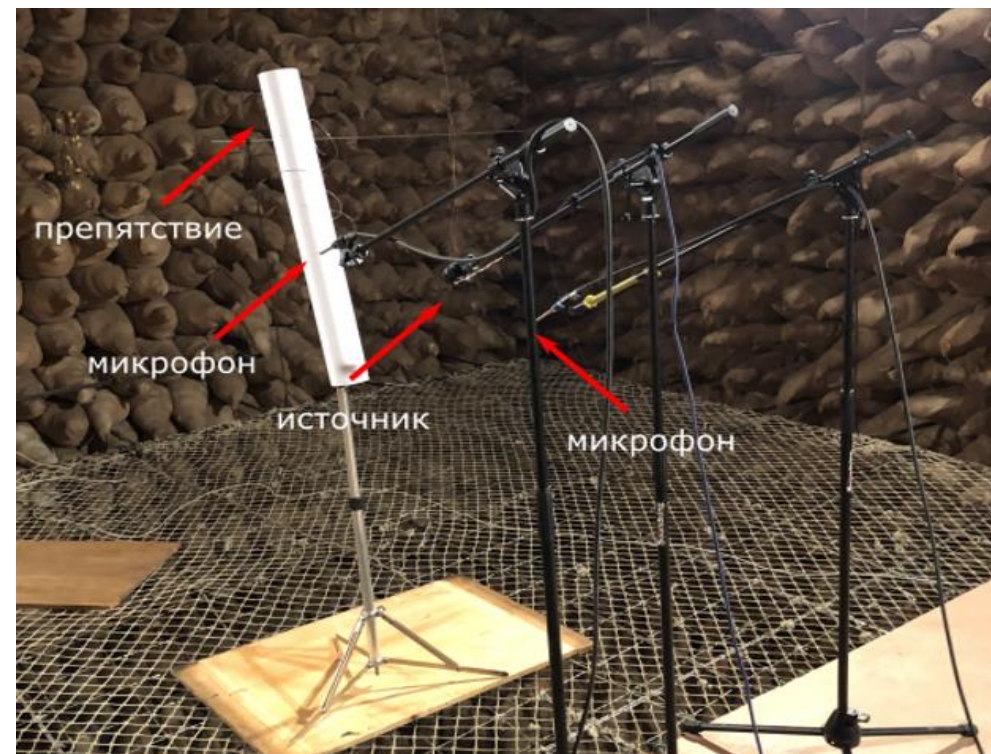
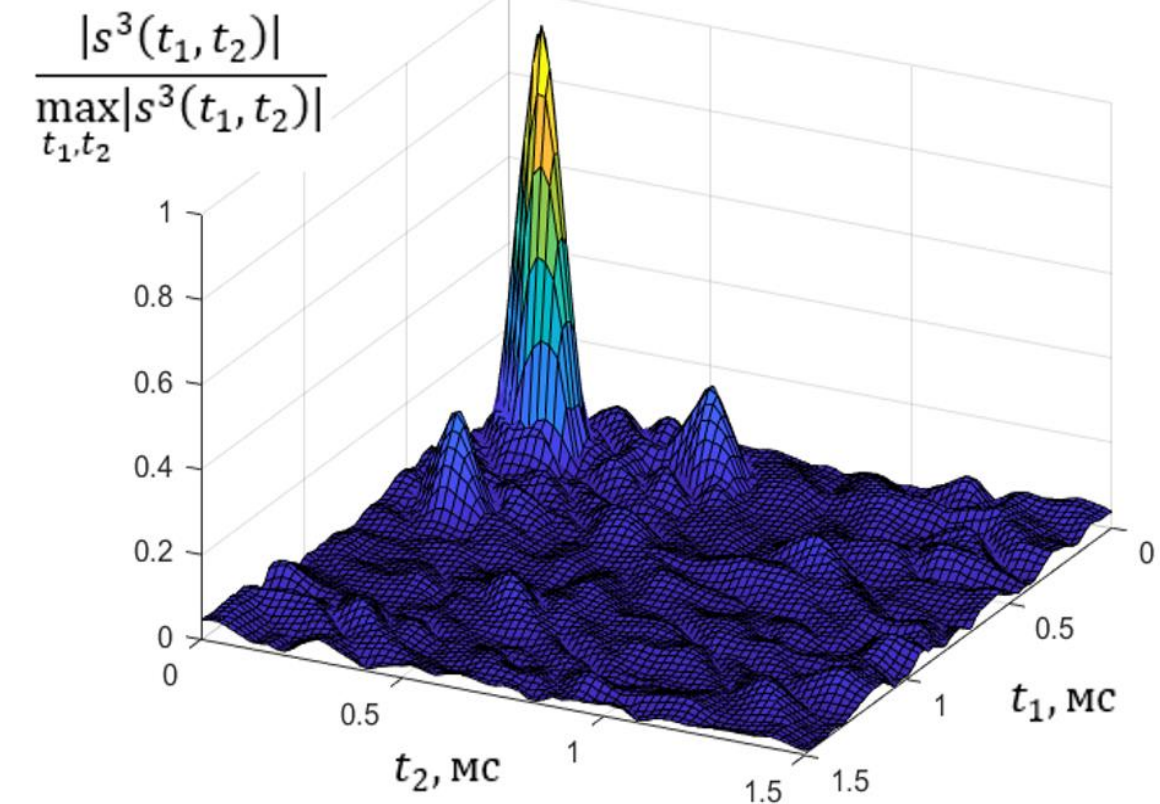
$$c[k] = s[k] + iH[s[k]]$$

Преобразование Гильберта

Моделирование тройной корреляции в простейшем случае одной отражающей поверхности

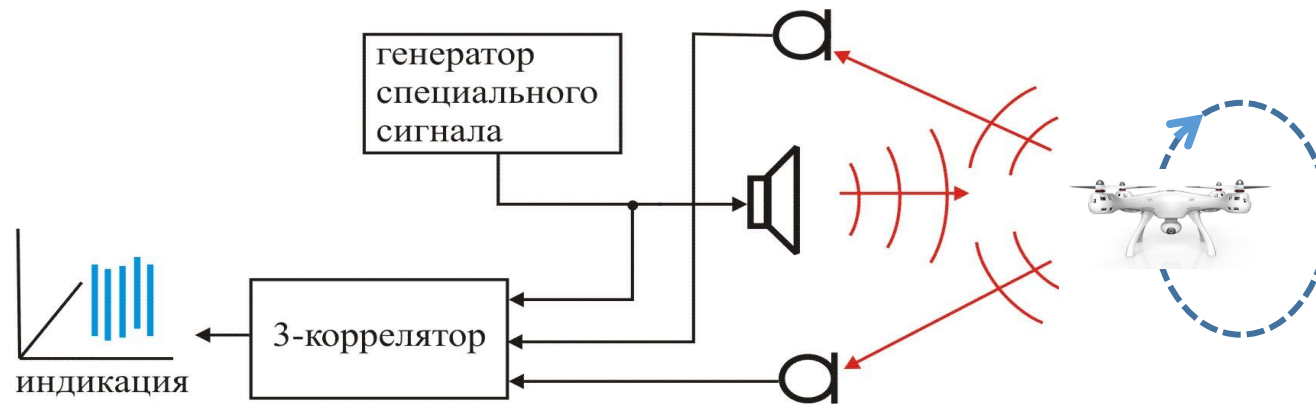


Эксперимент в заглушенной камере



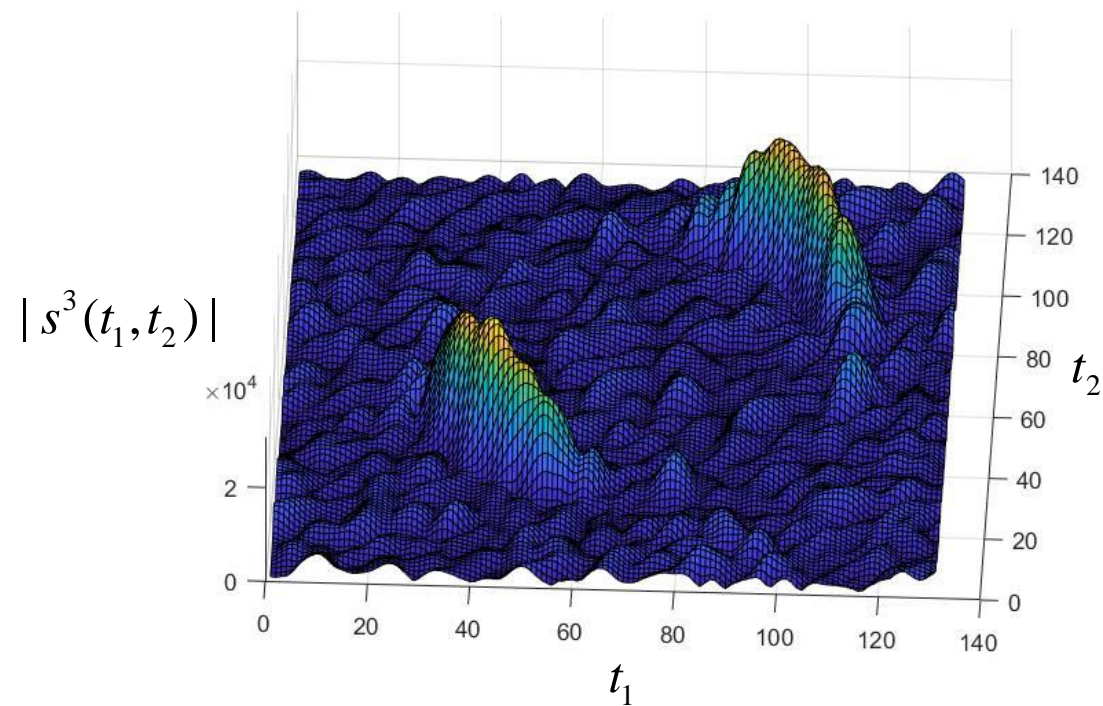
Определение траектории движущегося объекта

1. Зондируемый объект совершает круговые движения



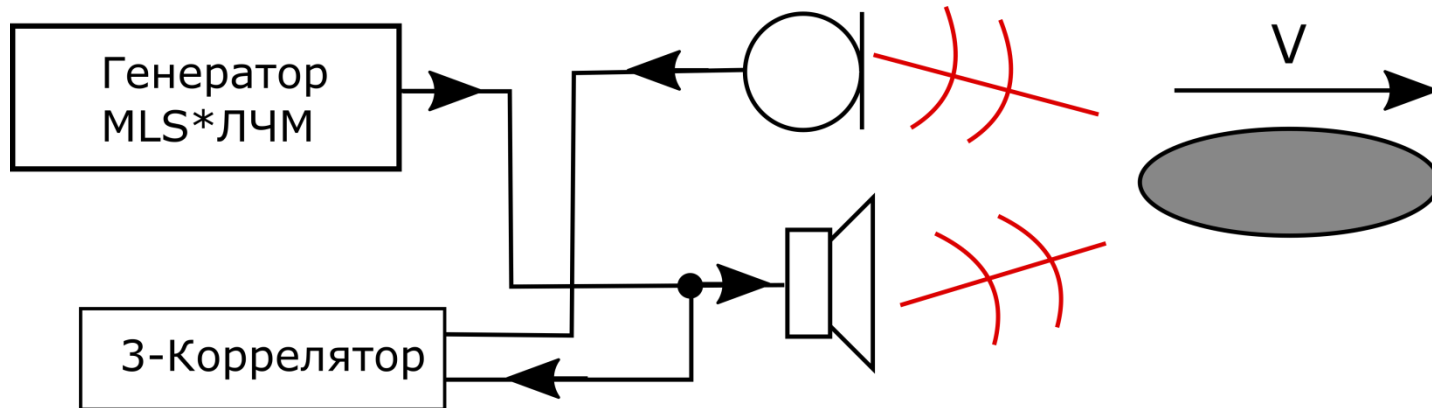
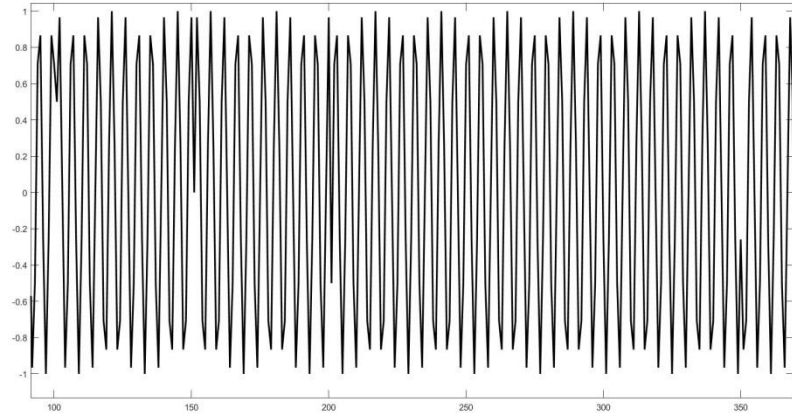
2. Тройная корреляция сигналов на приемнике будет иметь максимумы, расположенные на окружности.

Результат численного моделирования функции тройной
Корреляции для объекта совершающего круговые движения:



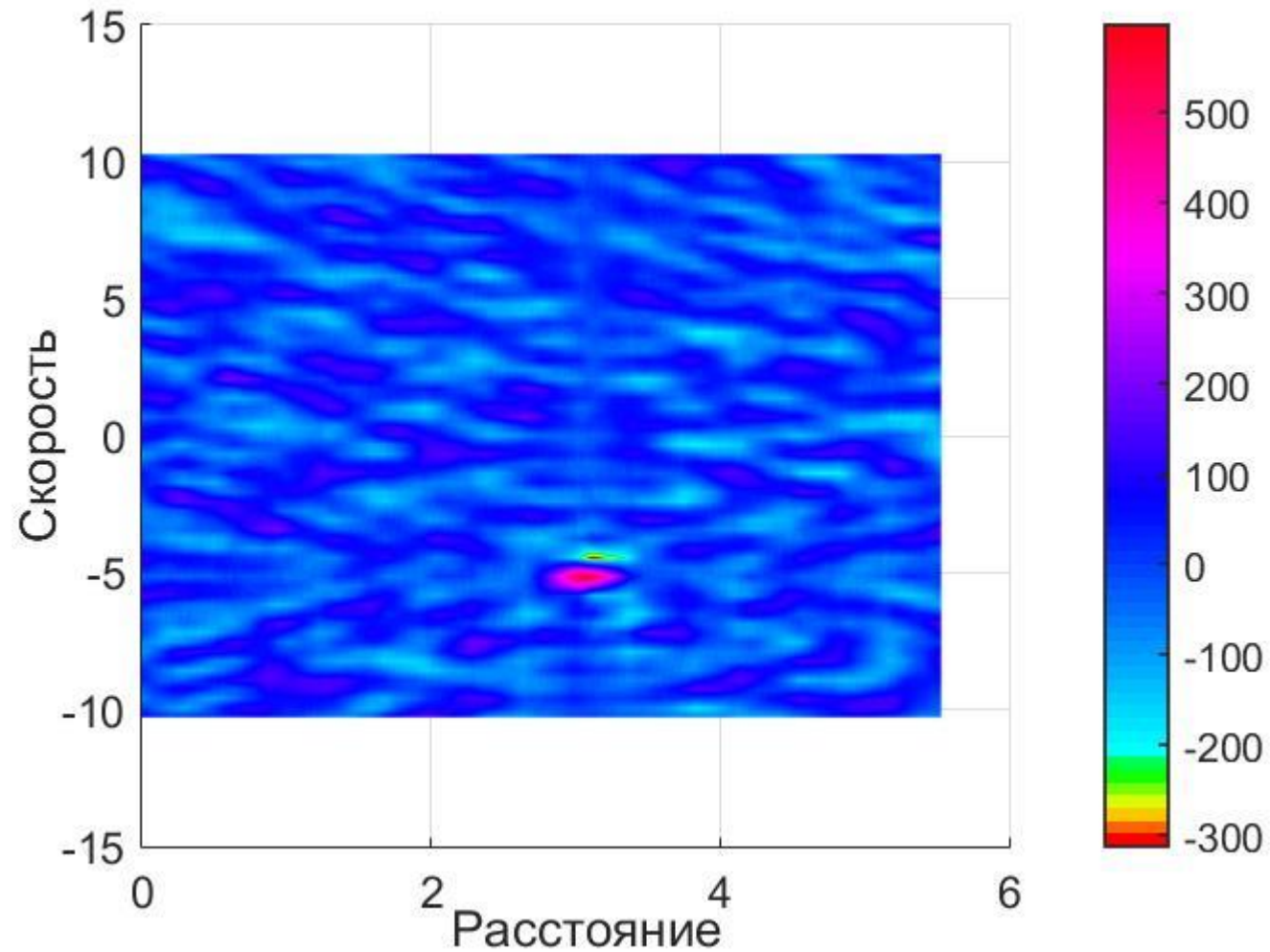
Одновременное определение скорости и расстояния до объекта

В качестве лоцирующей посылки будем использовать произведение линейно частотно модулированного сигнала и MLS-сигнала



$$D^3(t_1, f) = \int S_1(t)MLS(t + t_1) \cos(2\pi(f_0 + f)t) dt$$

Результат моделирования функции D_3



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!