

# Пространственная фокусировка энергии излучателей

**Павликов С.Н.**

**Убанкин Е.И.**

Морской государственный университет имени адм. Г.И. Невельского

## Аннотация

Для повышения эффективности систем телекоммуникаций требуется решение ряда противоречивых задач. С одной стороны для повышения пропускной способности и скрытности необходимо увеличение ширины спектра сигналов, а с другой стороны требуется обеспечить пространственную селекцию. При этом необходимо учесть, что обработка широкополосных сигналов затруднена вследствие влияния доплеровской дисперсии. Данная задача особенно актуальна для обеспечения коммункаций с высокоскоростными объектами. В статье изложен один из вариантов решения данного противоречия.

**Ключевые слова:** пространственная фокусировка; энергия; излучатель; гиперболическая частотная модуляция; скрытная передача информации.

## Введение

Пространственная фокусировка может быть выполнена за счёт свойства сигнала с гиперболической частотной модуляцией (ГЧМ). Влияние доплеровского эффекта на ГЧМ - сигнал вида

$$S(t) = \frac{\sin(\Omega \cdot \ln(t - \tau))}{\sqrt{t - \tau}}, \quad (1)$$

где  $\Omega$  – гиперболическая несущая частота,  $\Omega = f(t) \times t$ ;

$f(t)$  – мгновенная частота;

$t$  – текущий момент времени;

$\tau$  – сдвиг начала сигнала относительно начала отсчёта,

будет состоять в смещении по времени на величину  $\tau_\alpha$  [1], которое эквивалентно изменению дальности на величину

$$\Delta D = C \times \tau_\alpha \quad (2)$$

где  $C$  – скорость распространения энергии в среде;

$$\tau_\alpha = \frac{V}{C} \cdot \tau = \frac{\alpha - 1}{2\alpha} \cdot \tau \quad (3)$$

$\alpha$  – доплеровский параметр;

$V$  – относительная радиальная скорость.

Действительно, сигнал в точке фокусировки с учетом доплеровского преобразования  $S(t) = \sqrt{\alpha} \cdot S(\alpha t)$  примет вид [2]:

$$S_0(t) = \frac{\sqrt{\alpha}}{\sqrt{-\alpha t + \tau}} \sin(\Omega \ln \alpha((t - (\tau' + \tau_\alpha) - \tau))), \quad (4)$$

где  $\tau'$  – задержка за счет конечности скорости распространения акустических колебаний.

То есть сигнал распространяется с запаздыванием или опережением в зависимости от знака доплеровского параметра. Этот известный результат является прямым следствием свойства инвариантности ГЧМ – сигнала к доплеровскому эффекту [1, 3].

Искусственно вводя в сигналы (1) двух излучателей определённые заранее доплеровские параметры, эквивалентные относительным радиальным скоростям перемещения точки фокусировки относительно этих излучателей, можно добиться фокусировки энергии этих излучателей в заданной точке пространства.

Для наглядности рассмотрим ситуацию, приведённую на рис. 1, основные параметры связаны соотношением:

$$\Delta\alpha = \alpha_1 \cdot \left( 1 \pm \frac{2D_\Sigma - 4D_1}{C \cdot \tau} \right), \quad (5)$$

где  $\Delta\alpha = \alpha_1/\alpha_2$ ;

$\alpha_1, \alpha_2$ ; – параметры вводимые в ГЧМ – сигналы первого и второго излучателей;

$D_\Sigma = D_1 + D_2$ ;

$$D_\Sigma = D_1 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{L}{D_1} \right)^2 - 2 \frac{L}{D_1} \cdot [\cos \theta_0 \cdot \cos \theta_2 \cdot \cos(\varphi_0 - \varphi_2) + \sin \theta_0 \cdot \sin \theta_2]} \right), \quad (6)$$

$D_1, D_2 = D_1 \pm \Delta D$  – расстояние от первого и второго излучателей до точки фокусировки;

$L$  – расстояние между излучателями;

$\varphi_0, \theta_0$  и  $\varphi_2, \theta_2$  – угловые сферические координаты точки фокусировки (0) и второго излучателя (2) (первый излучатель (1) находится в начале координат).

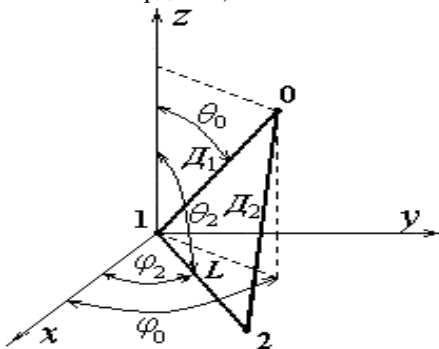


Рис. 1. Пространственное расположение излучателей и точки фокусировки

Таким образом, при излучении сигналов вида

$$S_i(t) = \frac{\sin(\Omega \cdot \ln \alpha_i + \Omega \cdot \ln(t - \tau))}{\sqrt{t - \tau}}, \quad (7)$$

где  $i$  – номер излучателя;

и выполнении условий (5) и (6) обеспечивается синфазное сложение сигналов двух излучателей в заданной точке пространства.

На основании свойства линейности преобразования Фурье, сумма сигналов  $a \cdot S_1(t) + b \cdot S_2(t)$  соответствует сумме их спектров  $a \cdot S_1(\Omega) + b \cdot S_2(\Omega)$  (см. стр. 120 в кн. [4]). Последовательное применение прямого и обратного преобразования Фурье не изменяет сигнал, а энергия сигнала во временной и частотной областях одинакова, т.е. преобразование Фурье является унитарным (см. стр. 44 – 46 в кн. [3]).

При необходимости передачи информации по радиоканалу в определённую точку пространства, в качестве носителя информации может быть использован сигнал вида (7). При этом его спектр представляется в виде двух составляющие и равен их сумме, одна с параметром  $\alpha_1$ , переводится во временную область и излучается первым излучателем, вторая с параметром  $\alpha_2$ , переводится во временную область и поступает на второй излучатель.

### Заключение

Предложенное техническое решение позволяет путем управления фокусировкой энергий излучателей решить задачу скрытной передачи информации.

## Литература

1. Рихачек А.В. Сигналы допустимые с точки зрения доплеровского эффекта. // ТИИЭР. 1966. Т. 54. N 6.
2. Павликов С.Н., Убанкин, Е.И. Оптимизация активных гидроакустических систем. Владивосток: ДВГТУ. 1999. 154 с.
3. Сапрыкин В.А., Рокотов, С.П. Теория гидроакустики и цифровая обработка сигналов. 2 часть Л.: ВВМУРЭ. 1991. 416 с.
4. Сиберт У.М. Цепи, сигналы, системы. 2 часть. Пер. с англ. М.: Мир.1988. 360 с.

**Для цитирования:**

*Павликов С.Н., Убанкин Е.И.* Пространственная фокусировка энергии излучателей // i-methods. 2013. Т. 5. № 2. С. 16–19.

## Space focus energy emitters

**Pavlikov S.N.****Ubankin E.I.**

Maritime state University named after ADM. MSU

**Abstract**

For improve the efficiency of telecommunication systems requires the solution of a number of contradictory requirements. On the one hand to increase the capacity and stealth it is necessary to increase the width of the spectrum signals, and on the other hand is required to provide spatial selection. Note that the processing of wideband signals is complicated due to the influence of Doppler dispersion. This problem is especially relevant for providing communications with high-speed objects. The article describes one solution to this contradiction.

**Keywords:** spatial focus; energy; radiator; hyperbolic frequency modulation; secretive transfer of information.

**References**

1. Rihaczek A. B. the Signals are valid from the point of view of the Doppler effect. // TIIEE. 1966. Т. 54. N 6.
2. Pavlikov S. N., Ubankin, E. I. Optimization of active sonar systems. Vladivostok: publishing house of fentu. 1999. 154 p.
3. Saprykin V. A., Rokotov P. C. the Theory of underwater acoustics and digital signal processing. Part 2 L: WARE. 1991. 416 p.
4. W. M. Siebert Circuits, signals, systems. Part 2. TRANS. angl. M.: Mir.1988. 360 S.

**For citation:**

*Pavlikov S. N., Ubankin E. I.* Space focus energy emitters // i-methods. 2013. Vol. 5. No. 2. Pp. 16–19.