

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.
Phone: 8(8634)371-883.
Dean of the college Radio Engineering.
Professor.

УДК 534.222.2

П.П. Пивнев, А.В. Воронин

**ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИГНАЛОВ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ГАС
С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ АНТЕННАМИ В ВОЛНОВОДАХ**

Целью работы является повышение дальности действия гидроакустических систем с параметрическими антеннами в мелком море. Цель работы достигается путем применения многокомпонентных сигналов накачки форма которых зависит от параметров волновода.

Многокомпонентные сигналы; параметрическая антенна; акустический волновод; дисперсия акустических волн.

P.P. Pivnev, A.V. Voronin

**APPLICATION OF MULTICOMPONENT SIGNALS FOR INCREASE
OF RANGE OF ACTION OF HYDROACOUSTIC SYSTEMS WITH
PARAMETRICAL AERIALS IN WAVE GUIDES**

The work purpose is increase of range of action of hydroacoustic systems with parametrical aerials in the small sea. The work purpose is reached by application of multicomponent signals of a rating which form depends on wave guide parametres.

Multicomponent signals; the parametrical aerial; an acoustic wave guide; a dispersion of acoustic waves.

Была поставлена задача повышения дальности действия гидроакустических систем с параметрическими антеннами в мелком море (плоском естественном волноводе) и в искусственных волноводах. Нами предложено использовать многокомпонентные сигналы накачки для повышения дальности действия. Однако в средах с дисперсией, которыми являются волноводы, необходимо провести исследования разрушается сигнал в волноводе или нет и принять меры по увеличению дальности действия.

Ранее [1-3] было показано, что увеличение эффективности генерации волн при нелинейном взаимодействии в низкочастотном диапазоне волн разностной частоты возможно применением взаимодействия многокомпонентных сигналов накачки. При этом генерируется многокомпонентный сигнал волн разностной частоты.

В этих работах показано, что вычисление сигнала волны разностной частоты можно производить используя выражение:

$$P_- = \sum_{m=1}^{n-m} P_m, \quad (1)$$

где P_m – амплитуда m -й компоненты волны разностной частоты.

$$P_m = \sum_{k=1}^{n-m} A_{k,k+m} p_k p_{k+m}, \quad (2)$$

где n – количество компонент;

m – номер компоненты сигнала разностной частоты ($m_{\max}=n-1$);

p_k, p_{k+m} – амплитуда взаимодействующих волн.

$$A_{k,k+m} = B_{k,k+m} I_{k,k+m}, \quad (3)$$

где $B_{k,k+m}$ – коэффициент учитывающий параметры нелинейного взаимодействия волн.

$$B_{k,k+m} = \frac{a^2 \varepsilon m \Omega}{8c_m^4 \rho} \exp\left(-\frac{z}{L_{zm}}\right), \quad (4)$$

$$I_{k,k+m} = i \cdot \int_0^z \frac{\exp(-\alpha z(1-i\Delta D))}{\left(1-i \cdot \frac{z-y}{L_{dm}}\right) + y \cdot \left(\frac{2 \cdot i \cdot L_{dm}}{ld_k \cdot ld_{k+1}} + \frac{z}{ld_k \cdot ld_{k+1}}\right)} dy, \quad (5)$$

где $l_{dk} = \frac{a^2 \omega_k}{2c_k}$, $l_{dk+1} = \frac{a^2 \omega_{k+1}}{2c_{k+1}}$ – длина зоны дифракции k -той и $k+1$ -вой ком-

поненты волн накачки; $L_{dm} = \frac{a^2 m \Omega}{4c_m}$ – длина зоны дифракции m -вой компо-

ненты ВРЧ; $\alpha = \frac{2c_m^3 \rho}{b(m\Omega)^2}$ – коэффициент затухания m -той компоненты ВРЧ;

$c_m \cdot c_k \cdot c_{k+1}$ – скорость звука m -той компоненты ВРЧ, k -той и $k+1$ -компоненты волн накачки соответственно, $\Delta D_m = (k_j - k_{j+1} - K_m) l_{z_m}$ – изменение фазового сдвига между взаимодействующими волнами на расстоянии пропорциональном l_z для компонент сигнала, ΔD_m – характеризует дисперсионные свойства среды и определяет период осцилляций и амплитуду ВРЧ.

Проведем анализ поведения компонент волн разностной частоты в волноводах для следующих параметров компонент сигнала и параметров среды: сигнал накачки десятикомпонентный, частота каждой компоненты сигнала разностной частоты 3кГц, диапазон частот компонент волн накачки 120-147 кГц, сигнал распространяется в плоском волноводе с акустически жесткими стенками шириной $h=m$.

Фазовая скорость волны в таком волноводе вычисляется по формуле [5]:

$$c = \frac{c_0}{\sqrt{1 - (l \cdot \pi / k \cdot h)^2}}, \quad (6)$$

где $k = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{c_0}$ – волновое число, l – номер моды, h – ширина волновода.

Зная закон изменения фазовой скорости от частоты в плоском волноводе, получим для этого случая в формуле (4)

$$c_m = \frac{c_0}{\sqrt{1 - (l\pi / k_m h)^2}}, \quad k_m = \frac{m\Omega}{c_0}. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (4) получим

$$B_{k,k+m} = \frac{a^2 \varepsilon m \Omega (1 - (l\pi / k_m h)^2)^2}{8c_0^4 \rho} \exp\left(-\frac{z}{L_{zm}}\right). \quad (8)$$

В формуле (5) перепишем значения l_{dk} , l_{dk+1} , L_{dm} , α с учетом того, что

$$c_k = \frac{c_0}{\sqrt{1 - (l\pi / k_k h)^2}}, \quad k_k = \frac{\omega_k}{c_0}; \quad c_{k+1} = \frac{c_0}{\sqrt{1 - (l\pi / k_{k+1} h)^2}}, \quad k_{k+1} = \frac{\omega_{k+1}}{c_0};$$

$$c_m = \frac{c_0}{\sqrt{1 - (l\pi / k_m h)^2}}, \quad k_m = \frac{m\Omega}{c_0},$$

получим

$$l_{dk} = \frac{a^2 \omega_k \sqrt{1 - (l\pi / k_k h)^2}}{2c_0}; \quad l_{dk+1} = \frac{a^2 \omega_{k+1} \sqrt{1 - (l\pi / k_{k+1} h)^2}}{2c_0};$$

$$L_{dm} = \frac{a^2 m \Omega \sqrt{1 - (l\pi / k_m h)^2}}{4c_0}; \quad \alpha = \frac{2c_0^3 \rho}{b(m\Omega)^2 (1 - (l\pi / k_m h)^2)^{3/2}}$$

Зависимость фазовой скорости от частоты в плоском волноводе с акустически жесткими стенками шириной $h=0.5$ м представлена на рис. 1.

Вертикальными штрихпунктирными линиями обозначены частоты компонент разностного сигнала.

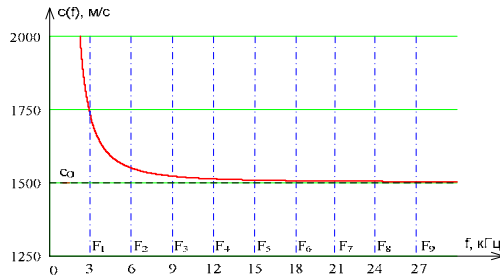


Рис. 1. Зависимость фазовой скорости от частоты для плоского волновода с абсолютно жесткими стенками шириной $h=0,5$ м

Компоненты сигнала разностной частоты попадают в область сильной дисперсии. Из рис. 1 видно, что разные компоненты сигнала ВРЧ имеют разные фазовые скорости.

На рис. 2,а представлены времена прихода каждой компоненты сигнала ВРЧ в точку лежащую на оси излучения на расстоянии 5 м от излучателя.

Из рис. 2,а видно, что уже на расстоянии 5 м время прихода компонент сигнала ВРЧ различны. Следовательно, сигнал ВРЧ затягивается во времени.

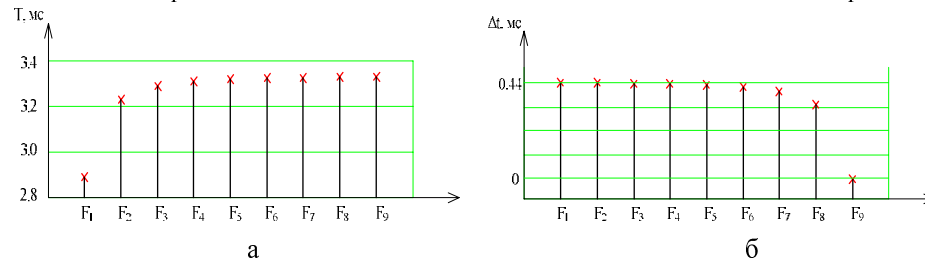


Рис. 2. Времена прихода каждой компоненты сигнала ВРЧ в точку лежащую на оси излучения на расстоянии 5 метров от излучателя (а), задержки сигнала ВРЧ в точке излучения (б)

Длительность сигнала ВРЧ в волноводе шириной 0,5 м уже на расстоянии 5 м на 0,45 мс больше длительности сигнала ВРЧ распространяющегося в безграничной среде. Вышеизложенное подтверждает тот факт, что в волноводе происходит затягивание сигнала.

Таким образом, различные компоненты сигнала ВРЧ приходят в точку пространства в различное время, что приводит к изменению формы сигнала.

Если излучить многокомпонентный сигнал с задержками, такими чтобы компоненты сигнала ВРЧ начали распространяться с задержками представленными на рис. 2,б, то в точку лежащую на оси излучения на расстоянии 5 м от излучателя компоненты сигнала ВРЧ «догонят» друг друга.

Приведем ниже методику повышения дальности действия ГА аппаратуры с параметрическими антеннами в волноводах.

Для повышения дальности действия ГА аппаратуры с параметрическими антеннами в волноводах необходимо:

1. Определить закон дисперсии фазовой скорости в волноводе.
2. Произвести расчет задержек с которыми компоненты сигнала ВРЧ приходят в точку z лежащую на оси излучения на расстоянии L от излучателя.
3. Зеркально отобразить эти задержки.
4. Сформировать такой сигнал накачки, чтобы сигнал ВРЧ начал распространяться с полученными задержками.
5. Тогда сигнал ВРЧ максимально сожмется в заданной точке L , а его компоненты придут в эту точку одновременно.

И так, зная закон дисперсии в волноводе, можно сформировать сигнал определенной формы, такой чтобы в некоторой точке волновода L сигнал ВРЧ максимально сжался.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Воронин В.А., Куценко Т.Н., Тарасов С.П.* Исследование эффективности генерации волн разностной частоты при использовании многокомпонентного сигнала накачки // Известия ТРТУ. Спец. вып. / Матер. XLV науч.-техн. и науч.-метод. конф. профессорско-преподавательского состава, аспирантов и сотрудников ТРТУ. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – №1(15). – С. 103.
2. *Воронин В.А., Ишутко А.Г., Куценко Т.Н.* К вопросу лоцирования природных слоев в грунте при использовании многокомпонентного сигнала накачки в параметрической антенне // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Нелинейные акустические системы «НЕЛАКС-2003». Матер. науч.-техн. конф. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003. – №6(35). – С. 158.
3. *Пивнев П.П.* Исследование взаимодействия многокомпонентного сигнала в средах с дисперсией. // Сборник трудов XVIII сессии Российского акустического общества. Т.1. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 127.
4. *Новиков Б.К., Тимошенко В.И.* Параметрические антенны в гидролокации. – Л.: Судостроение, 1989. – 256 с.
5. *Исакович М.А.* Общая акустика. – М.: Наука, 1973. – 496 с.

Пивнев Петр Петрович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: pivnev@land.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8 (8634)3717-95.

Кафедра электрогидроакустической и медицинской техники

Ассистент.

Воронин Артем Васильевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: egamt@fep.tsure.ru.

347928, Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8 (8634)371-795.

Кафедра электрогидроакустической и медицинской техники

Аспирант.

Pivnev Petr Petrovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: pivnev@land.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8 (8634)371-795.

Department of Hydroacoustics and Medical Engineering.

Assistant.

Voronin Artiom Vasilievich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: egamt@fep.tsure.ru.
44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.
Phone: 8 (8634)371-795.
Department of Hydroacoustics and Medical Engineering.
Post-graduate student.

УДК 621.391

Л.В. Литюк, В.И. Литюк

СИСТЕМА СВЯЗИ СО СЛОЖНЫМИ СИГНАЛАМИ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Рассматривается система связи, использующая для передачи дискретной информации ансамбли сложных сигналов второго порядка. Используются свойства ансамблей сложных сигналов второго порядка для расчета реализации помеховой аддитивной составляющей с использованием «квазиоптимального» алгоритма обработки.

Сложные сигналы второго порядка; «квазиоптимальный» алгоритм; помеховая реализация; вычитание; согласованные фильтры.

L.V. Lityuk, V.I. Lityuk

THE COMMUNICATION SYSTEM WITH SECOND ORDER WIDEBAND SIGNALS

The communication system with second order wideband signals is used. The ensembles of second order wideband signals properties are used to get information about noise realization, which is received with useful signals. The «quasi-optimum» algorithm for signal processing is used.

Second order wideband signal; «quasi-optimum» algorithm; noise realization; subtraction; stretched filters.

Как показано в работах [1,2], ансамбли сложных сигналов второго порядка (ССВП) на основе дополнительных кодовых последовательностей (ДКП), обладают рядом свойств, а именно:

- ◆ суммарная автокорреляционная функция (АКФ) каждого ССВП в ансамбле имеет вид цифровой « δ -функции»;
- ◆ суммарные взаимокорреляционные функции (ВКФ) ССВП ансамбля «ортогональны в точке и на временном интервале при произвольном сдвиге».

Как показано в работах [3, 4], использование указанных свойств позволяет производить расчет помеховой реализации, сопровождающей прием ССВП. Полученные путем расчета помеховые реализации вычитаются из принимаемой аддитивной смеси помеховой реализации и полезного сигнала, представляющего собой ССВП. В результате формируется реализация, в которой существенно увеличивается отношение сигнал/помеха q . Сформированная ука-