



Издается с 2008 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Каган Б.А., Софьина Е.В., Рашиди Э.Х.А.</i> Чувствительность приливной динамики к пространственной изменчивости гидродинамической шероховатости дна на примере Печорского моря	4
<i>Мортиков Е.В.</i> Численное моделирование влияния стратификации на силу сопротивления при движении ледяного киля в двухслойной жидкости	12
<i>Шамин Р.В., Смирнова А.И., Юдин А.В.</i> Вопросы обнаружения и прогнозирования волн-убийц в вычислительных экспериментах	23
<i>Зимин А.В., Пикуль Т.А.</i> Использование вейвлет-преобразования для выделения характеристик внутренних волн	34
<i>Афанасьева С.А., Белов Н.Н., Бураков В.А., Буркин В.В., Зыков Е.Н., Иценко А.Н., Родионов А.А., Симоненко В.Г., Хабибуллин М.В., Югов Н.Т.</i> Расчет высокоскоростного движения инерционной модели при входе в воду и ее взаимодействие с металлической преградой	43
<i>Мальшикин Г.С., Воронина Н.Г., Смирнов А.С., Тимофеев В.Н.</i> К вопросу об оптимизации параметров корабельных бортовых протяженных антенн при неравномерном распределении уровня помехи	56
<i>Голубев А.Г.</i> Об алгоритме квазисогласованной фильтрации тональных эхосигналов	69
<i>Левин И.М., Радомысльская Т.М., Савченко В.В.</i> Видимость нефтяных пленок на поверхности воды из космоса	75
Научные сообщения	
<i>Зимин А.В., Родионов А.А., Здоровеннов Р.Э., Романенков Д.А., Шевчук О.И., Родионов М.А., Жегулин Г.В.</i> Экспедиционные исследования короткопериодной изменчивости гидрофизических полей в Белом море в июле–августе 2012 г. с научно-исследовательского судна «Эколог»	85
<i>Тюгин Д.Ю., Куркин А.А., Пелиновский Е.Н., Куркина О.Е.</i> Повышение производительности программного комплекса для моделирования внутренних гравитационных волн IGW Research с помощью Intel® Parallel Studio XE 2013	89
Рецензия на книгу	
<i>Галиев Ш.У.</i> Геофизические сообщения Чарльза Дарвина как модели теории катастрофических волн...	96
Из истории науки	
<i>Корчагин Н.Н.</i> Андрей Сергеевич Монин	97
Конференции	103
Поздравляем!	106
Хроника	107
Правила представления материалов в редакцию.....	109

CONTENTS

Articles

- Kagan B.A., Sofina E.V., Rashidi E.* Sensitivity of the Tidal Dynamics to the Spatial Variability of Hydrodynamic Roughness of the Bottom as Illustrated by the Pechora Sea Example 4

The results of investigation of the Pechora Sea tidal dynamics sensitivity to variations of the external governing parameters, obtained with the use of the 3D finite-element hydrostatic model QUODDY-4, are considered in this paper. It is shown that the tidal characteristics are weakly sensitive to variations of the critical depth separating the subdomains of rough and incompletely rough bottoms, and are strongly sensitive to variations of hydrodynamic roughness of the bottom.

Key words: hydrodynamically rough and incompletely rough bottoms, modeling, resistance laws, spatial inhomogeneity of the bottom roughness, the Pechora Sea.

- Mortikov E.V.* Numerical Simulation of the Stratification Effect on the Drag Coefficient of a Moving Ice Keel in a Two-Layer Fluid 12

This paper considers numerical simulation of a moving ice keel in a two-layer fluid. The immersed boundary method is used for modeling of the non-stationary complex geometry on the rectangular grids. The results of the drag force computations for various Froude numbers are presented in comparison with the laboratory experiments.

Key words: sea ice, two-layer fluid, drag coefficient, immersed boundary method, graphic processors.

- Shamin R.V., Smirnova A.I., Ydin A.V.* Questions of Detection and Forecasting of Waves-Killers in Numerical Experiments 23

Methods of forecasting and detection of rogue waves in numerical experiments are considered. Methods of operational forecast of freak waves, as well as the methods of remote sensing of the sea surface and application of computing experiments to validation of in-situ measurements, are suggested and analyzed.

Key words: rogue waves, computing experiments, mathematical simulations.

- Zimin A.V., Picul T.A.* Use of Wavelet Transformation for Detection of Internal Waves Characteristics 34

The presence of an internal tidal bar and intensive internal wave packets with the period of 10-20 minutes were detected from the in-situ data obtained on the White Sea shelf. Along with the standard methods the wavelet analysis was applied to describe the internal wave characteristics. A well-grounded choice of a wavelet basis and its construction method was carried out. Different options of wavelet transformation are shown while describing nonlinear waves.

Key words: internal waves, contact sensing, wavelet analysis, the White Sea shelf.

- Afanaseva S.A., Belov N.N., Burakov V.A., Burkin V.V., Zykov E.N., Ishchenko A.N., Rodionov A.A., Simonenko V.G., Khabibullin M.V., Yugov N.T.* Calculations of High-Speed Movement of the Inertial Model Entering the Water, and Its Interaction with the Metal Target 43

An initial stage of high-speed penetration of a needle-shaped metal body into the water and its interaction with the metal target are considered. The calculations are carried out in the frame of the continuum mechanics: for a solid body an elastic-plastic model, with allowance for destruction, is suggested, while for the water fluid mechanics equations are used. Over the considered range of speeds of 1.0–2.5 km/s, when the body is entering the water, a mode of developed cavitation occurs; the plastic deformation of the head part of the striker, and in some cases, its destruction, are observed, which leads to increase of the penetration resistance.

Key words: experimental, mathematical modeling, high-speed interaction, metal, water.

<i>Voronina N.G., Malyshkin G.S., Smirnov A.S., Timofeev V.N.</i> On the Issue of Optimization of Ship Broadside Extended Antennae Parameters, with Non- Uniform Distribution of Noise Level	56
--	----

The paper considers a way of weight coefficients optimization for a ship broadside extended multi-element antenna, with allowance for a number of requirements for its parameters, with the non- uniform noise level distribution over the antenna elements.

Key words: hydroacoustic, linear extended array-based antenna, broadsides antenna, not uniform noise, compromise optimization on the number of parameters.

<i>Golubev A.G.</i> On Algorithm of the Quasi-Matched Filtration of Tone Echo-Signals	69
---	----

For filtration of the tone echo-signals in the presence of reverberation interference, a narrow-band filter is synthesized, with the AFC being at a low level beyond the passband. The given property of the filter is reached due to introduction of a weighing window in the process of the spectral analysis. A traditional choice of a spectral decomposition interval, as well as the choice of the parameters of a specified window, results in the width of a filter passband being unmatched with duration of an echo-signal. The paper considers a problem of synthesis of an improved filter, with no defect described above.

Key words: filtration, reverberation, echo-signal, window, signal against noise ratio.

<i>Levin I.M., Radomyslskaya T.M., Savchenko V.V.</i> Visibility of Oil Films on the Water Surface From Space	75
---	----

Algorithms and results of the calculations of the apparent contrast of oil films on the sea surface are given for the case of observations from space in visual, ultraviolet and infrared spectral ranges (300–800 nm). The calculations were carried out for different water types and optical thicknesses of the maritime atmosphere and for various solar altitudes and wind velocities. It is shown that the oil films on the sea surface can be detected if the wind velocity ranges from 6 to 20 m/s and the solar zenith angle varies from 0 to 45 degrees. The greatest values of the contrast correspond to the highest wind velocities and solar zenith angle.

Key words: oil films, sea surface, contrast.

Scientific Messages

<i>Zimin A.V., Rodionov A.A., Zdorovenov R.E., Romanenkov D.A., Shevchuk O.I., Rodionov M.A., Zhegulin G.V.</i> Research of the Short-Term Variability of Hydrophysical Fields in the White Sea in July-August 2012 Onboard the Research Vessel "Ecology"	85
---	----

The information on the expedition of St. Petersburg branch of the Institute of Oceanology is provided. The purpose of work is accumulation of meteorological data to study variability of the local hydrophysical fields, produced by the tidal variations, in the White Sea areas differing in hydrological conditions.

Key words: internal waves, probing, satellite radar images, White Sea.

<i>Tyugin D., Kurkin A., Pelinovsky E., Kurkina O.</i> Increase of Productivity of the Program Complex for Modeling of Internal Gravity Waves IGW Research with the Help of Intel® Parallel Studio XE 2013	89
--	----

The new version of the program complex intended for numerical modeling of propagation and transformation of internal gravity waves in the ocean, with a finalized unit calculation of a ray of internal waves and with a paralleling of the program, which can significantly speed up the ongoing computation is presented. As a practical example of the proposed study additive properties of the shelf of the Baltic Sea from the point of view of long internal waves on the basis of the ray approach is offered. The values of the coefficient of capture are calculated and the corresponding maps are constructed.

Key words: numerical modeling, parallel algorithms, wave refraction.

УДК 534.883

© А.Г.Голубев, 2012

ОАО «Камчатский гидрофизический институт», г.Вилючинск Камчатского края
agg300@mail.ru

ОБ АЛГОРИТМЕ КВАЗИСОГЛАСОВАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ТОНАЛЬНЫХ ЭХОСИГНАЛОВ

Для фильтрации тональных эхосигналов в условиях мешающего действия реверберационной помехи синтезируется узкополосный фильтр, амплитудно-частотная характеристика которого имеет низкий уровень вне полосы пропускания. Данное свойство фильтра достигается за счет введения взвешивающего окна при спектральном анализе. При традиционном выборе интервала спектрального разложения и параметров указанного окна ширина полосы пропускания фильтра оказывается рассогласованной с длительностью эхосигнала. В статье рассматривается вопрос синтеза фильтра, лишённого указанного недостатка.

Ключевые слова: фильтрация, реверберация, эхосигнал, окно, отношение сигнал/шум.

При решении задачи синтеза фильтра, предназначенного для обработки тональных эхосигналов в условиях мешающего действия, в частности реверберационной помехи, необходимо обеспечить низкий уровень амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) этого фильтра вне полосы пропускания (т.е. низкий уровень ореола). Реализация оптимального фильтра, АЧХ которого учитывает форму энергетического спектра результирующей помехи (в том числе реверберационной), связана как с проблемой дефицита априорной информации, так и с существенными необходимыми вычислительными ресурсами. Первый из этих факторов предопределен тем, что форма спектра реверберации априорно неизвестна, а ее уровень случаен и является функцией времени, а возможно, и направления наблюдения. Второй фактор обусловлен большим числом каналов обработки (сотни каналов доплеровской фильтрации в каждом из десятков–сотен пространственных каналов), а следовательно, большими необходимыми вычислительными ресурсами средств обработки. Реализация процедур адаптивной временной фильтрации (например, аналогов алгоритма пространственной фильтрации Кейпона), обеспечивающих автоматическое формирование провала в ореоле АЧХ на частотах, «пораженных» реверберацией, в данном случае представляется невозможной, поскольку минимально необходимый интервал накопления корреляционной матрицы обрабатываемого сигнала существенно превышает интервал квазистационарности реверберационной помехи. Кроме того, реализация процедур данного класса связана с еще большими потребностями в вычислительных ресурсах, чем реализация оптимальной процедуры.

В связи с изложенным традиционное проектирование предусматривает реализацию функции многоканальной (по доплеровскому сдвигу частоты) гребенки фильтров на базе процедуры ДПФ. При этом наряду с реализацией спектрального разложения (указанной процедуры ДПФ) на интервале времени τ_a , равном длительности полезного сигнала τ_c , осуществляется умножение (перед спектральным анализом) фрагмента принимаемого сигнала длительностью τ_a на весовое окно. При $\tau_a = \tau_c$ реализация операции ДПФ без весового окна обеспечивает согласованную фильтрацию тонального сигнала; при введении операции умножения обрабатываемой реализации сигнала на указанное окно ширина

полосы пропускания фильтра увеличивается, что приводит к ее рассогласованию с шириной полосы полезного сигнала. При этом «платой» за повышение помехоустойчивости обработки по отношению к реверберационной помехе является снижение помехоустойчивости обработки по отношению к компоненте помехи, имеющей равномерный спектр (последнюю далее для краткости называем шумовой помехой).

Представляется целесообразным решение задачи синтеза фильтра, обеспечивающее низкий уровень ореола АЧХ не вместо, а наряду с согласованием ширины полосы его пропускания с длительностью (шириной полосы) обнаруживаемого сигнала. Настоящая статья посвящена решению данной задачи.

О типичных окнах, применяемых при спектральном анализе, и эффективности традиционной квазисогласованной фильтрации. Функцию доплеровской гребенки квазисогласованных фильтров при обнаружении тональных эхосигналов выполняет процедура ДПФ. Обзор известных окон, применяющихся при решении задач спектрального анализа, приведен, в частности, в [1]. Одним из наиболее распространенных среди применяемых при временной обработке гидроакустических сигналов является окно Хеннинга, имеющее следующий вид:

$$w(n, \alpha, N_a) = \begin{cases} \cos^\alpha \left[\pi \frac{n - 0.5(N_a - 1)}{N_a} \right] & 0 \leq n \leq N_a - 1, \\ 0 & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (1)$$

где $N_a \gg 1$ – размерность процедуры ДПФ, определяемая традиционно как $N_a = \tau_c f_d$, где f_d – частота дискретизации обрабатываемого сигнала.

Проанализируем сравнительную эффективность обработки тонального эхосигнала при указанном окне в условиях мешающего действия шумовой помехи. Сравнение проведем с вариантом спектрального анализа с прямоугольным весового окна, т.е. окном $w_0(n) = w(n, \alpha = 0)$.

Отношение сигнал/шум $q[w(n, \alpha)]$ (здесь и далее имеется в виду отношение по напряжению) на выходе фильтра с точностью до несущественной константы при указанных выше временных параметрах окна определяется как

$$q(\alpha, N_a) = \sum_{n=0}^{N_a-1} w(n, \alpha, N_a) / \sqrt{\sum_{n=0}^{N_a-1} w^2(n, \alpha, N_a)}. \quad (2)$$

Потери в помехоустойчивости обнаружения сигнала $\Delta(\alpha)$ при мешающем действии только шумовой помехи определим как

$$\Delta(\alpha) = 20 \lg \frac{q[w_0(n)]}{q[w(n, \alpha)]}. \quad (3)$$

При проведении расчетов по формулам (2) и (3) с учетом (1) получаем следующие величины потерь, дБ: $\Delta(\alpha = 1) \approx 0.9$; $\Delta(\alpha = 2) \approx 1.8$; $\Delta(\alpha = 3) \approx 2.4$; $\Delta(\alpha = 4) \approx 2.9$.

Рассмотренным значениям параметра $\alpha = 1, 2, 3, 4$, согласно [1], соответствуют величины максимальных уровней боковых лепестков АЧХ: $-23, -32, -39$ и -47 дБ и скоростей спада боковых лепестков $V = -12, -18, -24$ и -30 дБ/окт. В обеспечение необходимого подавления эффекта «просачивания» (в терминологии [1]) реверберационной помехи на выходы фильтров доплеровской гребенки, соответствующих относительно умеренным, а также большим доплеровским сдвигам частоты эхосигнала, необходимо использовать значения параметра α , равные не менее 3. Как показали проведенные рас-

четы, при указанных актуальных значениях параметра α потери помехоустойчивости по шумовой помехе составляют около 2.5 дБ, т.е. весьма существенны.

Реализация квазисогласованной фильтрации при одновременном обеспечении низкого ореола АЧХ и согласовании полосы пропускания фильтров с длительностью полезного сигнала. Задача синтеза алгоритма фильтрации (или оптимизации параметра этого алгоритма), строго говоря, должна решаться применительно к критерию качества в терминах максимизации если не вероятностных характеристик обнаружения, то хотя бы обеспечиваемого на выходе фильтра отношения сигнал/шум. Однако если учесть имеющий место на практике значительный диапазон изменения параметров, характеризующих помехосигнальную ситуацию, представляется целесообразным ограничиться рассмотрением такого критерия качества, как согласование полосы пропускания фильтра с шириной полосы или (что то же самое) с длительностью обнаруживаемого сигнала.

В обеспечение решения поставленной задачи была эмпирически установлена зависимость относительной ширины полосы пропускания фильтров F (в единицах, равных реализуемому частотному разрешению) на уровне $\approx -3,9$ дБ от величины показателя степени косинуса α при выполнении процедуры фильтрации посредством операции ДПФ размерности N с окном рассмотренного выше типа. Данная зависимость аппроксимируется следующей линейной функцией:

$$F \approx (0.241\alpha + 1.15) \frac{f_d}{N_a}. \quad (4)$$

Результаты расчетов по формуле (4) и полученная эмпирически (т.е. путем моделирования) зависимость $F(\alpha)$ приведены на рис.1 при $f_d / N_a = 1$. (Примечание: представленные на рис.1 расчеты ширины полосы $F(\alpha)$ и результаты моделирования относятся к определению этой ширины по уровню -3 дБ, что меньше рассчитываемой по формуле (4) ширины полосы по уровню -3.9 дБ в 1.12 раза; указанное обстоятельство на корректность сопоставления результатов расчетов и моделирования не влияет).

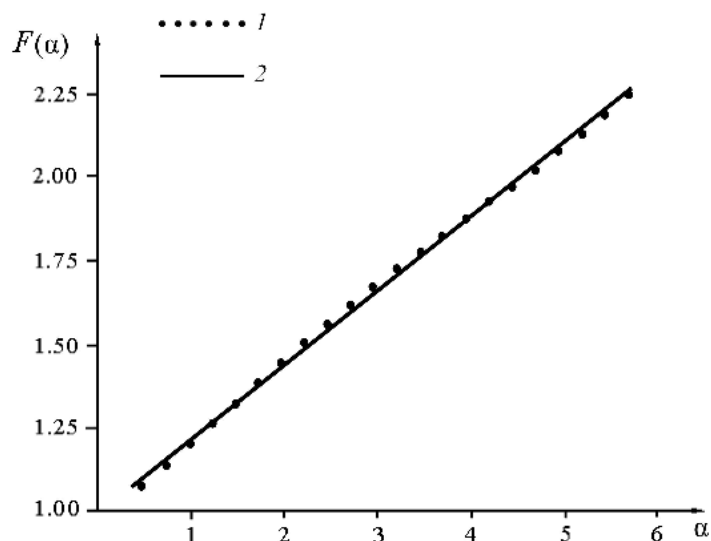


Рис.1. Эмпирическая (1) и аппроксимирующая (2) зависимости ширины полосы пропускания фильтров $F(\alpha)$ по уровню -3 дБ в единицах, равных реализуемому частотному разрешению ДПФ.

Видно, что результаты моделирования и расчетов по формуле (4) практически совпадают. При $\alpha \geq 0.8$ использование аппроксимации (4) обеспечивает погрешность вычисления ширины полосы пропускания не более $0.01 f_d N^{-1}$ Гц.

Согласование ширины полосы пропускания фильтров с длительностью полезного сигнала обеспечивается выполнением условия $F = \tau_c^{-1}$, откуда имеем

$$\tau_c^{-1} = (0.241\alpha + 1.15) \frac{f_d}{N_a}.$$

Введя обозначение $K_\tau = N_a (f_d \tau_c)^{-1}$ (этот параметр равен отношению длины интервала спектрального анализа к длительности полезного сигнала), получим

$$\alpha = 4.15 K_\tau - 4.65. \quad (5)$$

Для проведения сравнительного (с традиционным вариантом алгоритма фильтрации, рассмотренным выше) анализа эффективности обработки рассчитаем величины параметра K_τ , соответствующие значениям показателя степени $\alpha = 1, 2, 3, 4$. В соответствии с соотношением (5) искомые величины K_τ составляют примерно 1.36, 1.61, 1.85, 2.09.

Отношение сигнал/шум $q_0[w(n, \alpha)]$ на выходе рассматриваемого фильтра с точностью до той же несущественной константы, что и выше, вычисляется как

$$q_0[w(n, \alpha)] = \frac{\sum_{n=n_1}^{n_2} w(n, \alpha)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N_a-1} w^2(n, \alpha)}} \sqrt{K_\tau}, \quad (6)$$

где пределы суммирования в числителе n_1 и n_2 определяются как

$$n_1 = (N_a/2 - 1)(1 - K_\tau^{-1}), \quad n_2 = n_1 - 1 + N_a/K_\tau.$$

Множитель $\sqrt{K_\tau}$ «приводит» масштаб длительности сигнала (его энергии) к рассмотренному выше.

Потери в помехоустойчивости обнаружения сигнала $\Delta_0(\alpha)$ при мешающем действии только шумовой помехи определим (по аналогии с вышеизложенным) как

$$\Delta_0(\alpha) = 20 \lg \frac{q[w_0(n)]}{q_0[w(n, \alpha)]}. \quad (7)$$

Здесь числитель $q[w_0(n)]$ рассчитан применительно к величине размерности ДПФ $N_a = \tau_c f_d$.

При проведении расчетов по формулам (6) и (7) с учетом (1) получаем следующие величины потерь, (результаты расчетов округлены до 0.05 дБ):

$$\Delta_0(\alpha = 1) \approx 0.35, \quad \Delta_0(\alpha = 2) \approx 0.45, \quad \Delta_0(\alpha = 3) \approx 0.5, \quad \Delta_0(\alpha = 4) \approx 0.5.$$

Из приведенных результатов следует, что эффективность предлагаемого алгоритма от величины параметра α в широких пределах его изменения практически не зависит, что позволяет повышать помехоустойчивость обнаружения на фоне реверберационной помехи не в ущерб помехоустойчивости обнаружения по шумовой помехе. Указанное повышение обеспечивается увеличением отношения длины окна спектрального разло-

жения к длительности обнаруживаемого сигнала при соответствующем выборе параметра α , согласно формуле (5). Данное действие благоприятно влияет как на величину максимальных уровней ореола АЧХ, так и на скорость спадания уровней этого ореола с расстройкой частоты. Из упомянутых результатов также следует, что при значениях параметра $\alpha = 1, 2, 3, 4$ предлагаемый вариант выбора параметров алгоритма фильтрации обеспечивает выигрыш в эффективности обнаружения в сравнении с традиционным примерно 0.5, 1.3, 1.9, 2.4 дБ соответственно.

При равных значениях параметра α сравниваемые варианты выбора параметров алгоритма фильтрации характеризуются равными значениями максимальных уровней боковых лепестков АЧХ, но эквивалентные скорости спадания этих уровней в сопоставляемых вариантах проектирования различны. Под эквивалентной понимаем скорость спадания АЧХ предлагаемого фильтра, вычисляемую с учетом следующего обстоятельства. Пересчет шкалы частот в логарифмическую для классического фильтра осуществляется применительно к масштабу, определяемому частотным разрешением $\delta f = 1/\tau_c$. При этом те же (что и в случае рассмотрения классического фильтра) расстройки частоты применительно к предлагаемому фильтру (при его частотном разрешении $\delta f_0 = \delta f / K_\tau$) соответствуют $1 - \log_2 K_\tau$ октавы логарифмической шкалы классического фильтра. При таком определении эквивалентная скорость спадания ореола АЧХ при предлагаемом варианте проектирования (V_0) связана со скоростью спадания в классическом варианте (V) соотношением (дБ/окт)

$$V_0 = V(1 + \log_2 K_\tau).$$

Так, при рассматриваемых значениях параметра $\alpha = 1, 2, 3, 4$ скорость спадания уровней боковых лепестков АЧХ (в дБ/окт) в предлагаемом варианте проектирования фильтра оказывается выше, чем в традиционном, соответственно примерно в 1.45, 1.7, 1.9 и 2.1 раза. То есть, например, если при $\alpha = 2$ в классическом варианте имеем скорость спадания, равную -18 дБ/окт, то в предлагаемом варианте эта скорость составляет -30 дБ/окт.

Режим фильтрации с динамическим управлением параметрами весового окна. Как показано выше, предлагаемый вариант проектирования процедуры фильтрации (наряду с отмеченными положительными эффектами) в условиях работы на фоне только шумовой помехи характеризуется некоторыми потерями относительно традиционной согласованной фильтрации (реализуемой без использования весового окна). Так, при значении параметра весового окна $\alpha = 3$ эти потери составляют 0.5 дБ. В обеспечение их нивелирования предлагается следующая процедура динамического управления параметрами весового окна.

В тракте обработки тональных эхосигналов в обеспечение нормирования и центрирования помехи в каждом частотном (доплеровском) канале обработки реализуется текущее оценивание уровня суммарной помехи. Если при этом сопоставлять текущие уровни помехи в частотных каналах, соответствующих центральному (т.е. нулевым и близким к нулевым) доплеровским каналам обработки, с уровнями помехи в периферийных доплеровских каналах, то в процессе хода развертки дальности можно зафиксировать момент примерного равенства этих уровней. Под указанным равенством можно понимать превышение уровня помехи в центральных каналах над уровнями помехи в периферийных каналах не более чем на 6–12 дБ. В последней ситуации применение весового окна с целью подавления бокового поля АЧХ фильтра становится неоправданным. При этом целесообразно переключение окна с косинусного (в степени α) на прямоугольное, согласованное с длительностью сигнала.

В обеспечение стабилизации коэффициента передачи тракта обработки по помехе при таком переключении прямоугольное окно имеет следующий вид:

$$w(n) = \frac{\sqrt{\sum_{n=0}^{N_a-1} w^2(n, \alpha)}}{\sqrt{\tau_c f_d}} = \frac{\sqrt{\sum_{n=0}^{N_a-1} w^2(n, \alpha)}}{\sqrt{N_a K_\tau^{-1}}} \text{ при } n_1 \leq n \leq n_2;$$

$$w(n) = 0 \text{ при } 0 \leq n \leq n_1 - 1 \text{ и } n_2 + 1 \leq n \leq N_a - 1$$

(величины n_1 и n_2 определены выше).

При работе в условиях зональной структуры поля сигнала (немонотонный закон спада уровня реверберации со временем в пределах развертки дальности) процедура переключения весового окна может быть автоматически реализована требуемое число раз.

Предлагаемый режим работы тракта обеспечивает эффективную обработку по той компоненте суммарной помехи, которая является определяющей в каждый момент времени. Реализация процедуры динамического переключения весового окна обеспечивает практически полное нивелирование потерь эффективности обработки по отношению к шумовой помехе как «платы» за эффективность обработки по отношению к реверберации.

Предложен вариант синтеза квазисогласованного с тональным эхосигналом фильтра, предусматривающий реализацию процедуры спектрального анализа (ДПФ) при интервале разложения, большем длительности обнаруживаемого сигнала. Приведено соотношение, позволяющее оптимизировать параметр (показатель степени косинуса) весового окна при выбранном соотношении интервала спектрального разложения и длительности обнаруживаемого сигнала.

Использование предлагаемого варианта выбора параметров фильтра приводит к существенному повышению качества обработки за счет одновременного согласования ширины полосы пропускания фильтра с длительностью сигнала и обеспечения низкого ореола его АЧХ.

При этом за счет реализации предлагаемых усовершенствований обеспечивается:

- повышение помехоустойчивости фильтрации при мешающем действии помехи с равномерным спектром в практически интересных ситуациях примерно на 2 дБ;
- повышение помехоустойчивости фильтрации при мешающем действии реверберационной помехи за счет обеспечения практически в 2 раза большей (в дБ/окт) скорости спада ореола АЧХ с увеличением расстройки частоты, а также возможности понижения всего ореола без повышения потерь помехоустойчивости по помехе с равномерным спектром.

Реализация динамического управления параметрами весового окна, основанного на анализе текущего соотношения спектральных плотностей компоненты помехи с равномерным спектром и реверберации, обеспечивает на временном интервале, соответствующем финальной части развертки дальности, получение дополнительного повышения в эффективности обработки на 0.5 дБ.

Литература

1. Хэррис Ф.Дж. Использование окон при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье // ТИИЭР. 1978. Т.66, № 1. С.60–96.

Статья поступила в редакцию 06.09.2011 г.

