THE CAPABILITIES OF RADIOALTIMETRY SYSTEM FOR MEASSURING OF SPATIAL CHARACTERISTIC OF WAVY SURFACE

Sorokin A. K., Vazhenin V. G., Shrajner A. A.
Ural Federal University
Institute of Radioelectroncs and Information Technologies
32, Mira str.,Yekaterinburg city, Sverdlovskaya reg.
6200002, Russian Federation
Ph.: (343) 3759754, e-mail: atomdistortion@mail.ru

Abstract — The abilities of information about parameters of steady-state waviness extracting from pulse altimeter signal are described at this paper. Abilities of onboard equipment allows to measure the parameters of reflected signal and to make secondary processing. The parameters of fluctuating of reflected signal are evaluated during the processing. Then is evaluated period of sea wave, wave height, and water particles velocity. This information help us to correct the measured height and velocity components.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОВЫСОТОМЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНЕНИЯ

Сорокин А. К., Важенин В. Г., Шрайнер А. А.
Институт радиоэлектроники и информационных технологий
Уральского федерального университета
ул. Мира, 32, Екатеринбург, Свердловской обл., 620002, Россия
тел.: (343) 3759754, e-mail: atomdistortion@mail.ru

Аннотация — В работе исследуются возможности извлечения информации о параметрах развитого волнения посредством обработки сигнала импульсного радиовысотомера. Имеющиеся возможности бортовой аппаратуры позволяют измерять параметры отраженного сигнала и проводить вторичную обработку. В процессе обработки вычисляются параметры флуктуации отраженного сигнала, на основе которых рассчитывается период волнения, высота волн и скорость движения частиц воды. Данная информация может быть использована для измерения высоты и коррекции скоростного канала.

I. Введение

Важной задачей является обеспечение навигации современных и перспективных летательных аппаратов (ЛА) высокоточными средствами измерения высоты и составляющих вектора скорости при движении над морской поверхностью. Один из эффективных методов повышения точности и надежности измерения параметров навигации является использование принципов построения и алгоритмов работы, адаптированных к состоянию морской поверхности, как непосредственно под ЛА так и в направлении его движения.

Как показали исследования, в случае полета над морской поверхностью, существенное влияние на точность измерения высоты оказывает структура подстилающей поверхности, а на скоростные характеристики еще и орбитальные скорости движения частиц воды.

Особенностью использования современных радиовысотомерных систем (РВС) является необходимость применения антенн с широкой диаграммой направленности. Результаты теоретических и экспериментальных исследований работы РВС показали возможность измерения основных параметров морских волн [1, 2].

В докладе рассматриваются возможности измерения как основных параметров волнения, так и пространственно-временных характеристик на основе использования современных алгоритмов цифровой обработки, позволяющих повысить разрешающую способность навигации РВС.

II. Основная часть

С целью исследования влияния параметров волнения на флуктуации отраженного сигнала была разработана математическая фацетная феноменологическая модель. Модель состоит из нескольких блоков: задание входных данных, формирование подстилающей поверхности, формирование сигнала, отраженного от подстилающей поверхности и блока обработки данных. Благодаря такой структуре реализуется принцип модульности, позволяющий гибко изменять модель [3] под текущую задачу.

Модель формирования и обработки сигнала ИРВ реализована в рамках двухмасштабной модели (рис. 1) взволнованной морской поверхности на базе фацетной модели с учетом их наклонов и корреляции между ними.

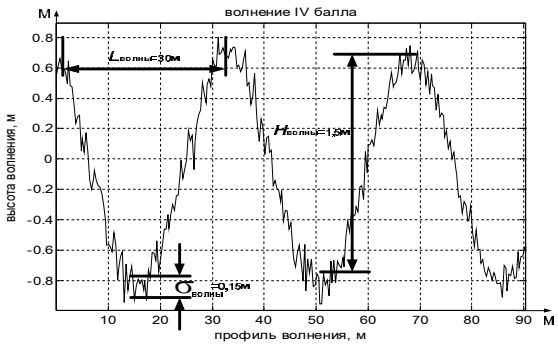

Рис. 1. Одномерное волнение
Fig. 1. One-dimension waviness

Модель имитирует полет летательного аппарата на фиксированной высоте по отношению к среднему уровню поверхности, а высота волн мала по сравнению с высотой полета. Алгоритм работы и

параметры модели максимально приближены к работе импульсного высотомера (сигналы излучаются прямоугольными пачками, измерение высоты происходит по линейной аппроксимации переднего фронта) [4]. За истинную высоту (см. рис. 2) принимается вертикальное расстояние до поверхности в середине пачки сигнала.

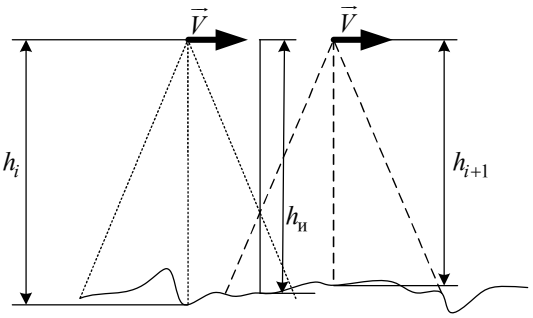

Рис. 2. К понятию об истинной высоте, где h_i и h_{i+1} – высота над подстилающей поверхностью в начале и в конце пачки

Fig. 1. About apparent height, where h_i u h_{i+1} –first and last height during the pulse train

В ходе серии экспериментов (см. рис. 3), получена закономерность: при возрастании высоты волны сначала наблюдается среднеквадратичное отклонение измеряемой высоты пропорционально половине высоты волны, затем в связи с увеличением длины волны, количество волн в пятне облучения становится меньше и происходит снижение скорости роста флуктуаций.

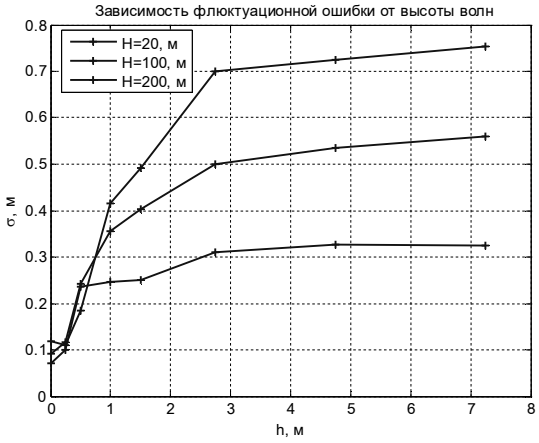

Рис. 2. Зависимость флуктуационной ошибки от высоты волн

Fig. 2. The Dependence of fluctuation error from wave height.

Согласно известным из литературы [5] данным, для развитого волнения справедливы следующие соотношения.

Длина волны (1)

$$L = (10...15)h, \qquad (1)$$

где L – длина волны, h – высота волны.

Период волны (2)

$$T = \frac{L}{\upsilon_{ЛА}\cos\varphi}, \qquad (2)$$

где T – период волнения, $\upsilon_{ЛА}$ – скорость ЛА, φ – угол между направлением распространения волн и направлением движения ЛА.

Орбитальная (фазовая) скорость движения частиц воды (3):

$$C_Ф = \frac{gT}{2\pi} \approx 1,55T\,(м/с), \qquad (3)$$

где $C_Ф$ – фазовая скорость движения частиц воды, g – гравитационная составляющая.

Групповая скорость волн (4):

$$\upsilon = 0,5C_Ф \approx 0,78T, \qquad (4)$$

где υ – групповая скорость движения волны

Согласно имеющимся формулам, легко получить связь флуктуации волн с основными параметрами волнения, в том числе скоростью движения частиц воды.

Усовершенствование алгоритмов обработки сигнала радиовысотомера [6] позволяет повысить разрешающую способность и получить радиолокационное изображение. В результате обработки может быть получена пространственная спектральная функция, анализ которой позволяет судить о структуре и направлении распространения волнения.

II. Заключение

В работе были получены следующие значимые результаты:

1. Исследованы зависимости флуктуационной ошибки от параметров волнения. флуктуационная ошибка РВ обусловлена наличием рельефа и пропорциональна уровню волнения водной поверхности. Таким образом, флуктуационная ошибка высотомера может использоваться для измерения балльности волнения.

2. Проведение модельных исследований позволило получить зависимость, связывающую флуктуационную ошибку с основными параметрами развитого волнения: длина волны, ее период, скорость движения частиц воды и пр. Предложено использовать методы, повышающие разрешающую способность радиовысотомера, с целью определения структуры волнения

IV. References

[1] Vazhenin V. G., Ponomarev L. I. Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij raboty ChM radiovysotomera nad morskoj poverhnost'ju. [The exploration results of FM radioaltimeter functioning over sea surface]. Obrabotka radiolokacionnyh signalov i pribory distancionnogo zondirovanija, Sverdlovsk, UPI, 1988, pp. 41–47.

[2] Davidan I. N., Lopatuhin L. I., Rozhkov V. A. “Vetrovoe volnenie kak verojatnostnyj gidrodinamicheskij process. [Wind waviness as probability hydrodynamic process]”. Leningrad, 1978, 288p.

[3] *Sorokin A. K.*, Vazhenin V. G., *Djad'kov N. A.* Ispol'zovanie doplerovskoj fil'tracii dlja obnaruzhenija linejnyh orientirov na podstilajushhej poverhnosti. [Using Doppler filtration for linear reference sensing]. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij Rossii. Saint-Petersburg: SPbGJeTU «LJeTI», 2012, pp. 50–54.

[4] Skolnik M. I.,”Radar Handbook”, Third Edition. The McGraw-Hill Companies, 2008. 1351p.

[5] Kazarinov Ju. M., Grishin Ju. P., Ipatov V. P., Kolomenskij Ju. A. , Ul'janickij Ju. D. “Radiotehnicheskie sistemy: uchebnoe posobie dlja vuzov. [Radio Technical Systems: tutorial for high schools]”. Moscow, 1990, 496p.

[6] *Sorokin A. K.*, Vazhenin V. G. Vertical side looking algorithm based on radioaltimeter with pulse modulation. CriMiCo 2013 - 2013 23rd International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings. Sevastopol’, 2013, pp. 1208–1209.