

УДК 621.391

М.В. БОРЦОВА, А.В. ПОПОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина***МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕГАУССОВЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ  
НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЖОНСОНА**

*Показано, что радиолокационные поляриметрические сигналы, отраженные объектами дистанционного зондирования, характеризуются негауссовыми законами распределения и сложной корреляционной структурой. Для их моделирования предлагается выполнять аппроксимацию законов распределения распределениями Джонсона, а для формирования случайных процессов с заданной корреляционной функцией – использовать прямое и обратное преобразования Джонсона. Рассмотрена методика моделирования случайных процессов с негауссовыми законами распределения и заданными корреляционными функциями. Приведены результаты моделирования реальных радиолокационных сигналов.*

**Ключевые слова:** моделирование, случайный процесс, закон распределения, корреляционная функция, преобразование Джонсона, дипольная модель рассеяния.

**Введение**

Одним из возможных путей повышения информативности радиотехнических систем дистанционного зондирования является использование поляриметрической информации [1, 2]. Сигналы, регистрируемые радиолокационными поляриметрами, являются случайными процессами (СП) со сложной вероятностной и корреляционной структурой, зависящей от многих факторов, связанных как с параметрами радиолокационной станции (РЛС), так и со свойствами отражающих объектов [3, 4].

Для решения таких задач дистанционного зондирования, как дистанционное определение свойств Земных покровов, обнаружение объектов с заданными электрофизическими или геометрическими свойствами или малоразмерных объектов в условиях интенсивных помех от подстилающих поверхностей [1], необходимо исследование влияния свойств объектов отражения на параметры отраженного сигнала. Для изучения такого рода зависимостей требуется большой объем экспериментальных данных об отражающих свойствах различных объектов дистанционного зондирования в различных условиях наблюдения. Проведение экспериментальных исследований связано с рядом трудностей как технического, так и экономического характера. Восполнить недостаток необходимых данных возможно за счет математического моделирования процессов, воспроизводящих свойства реальных сигналов, регистрируемых РЛС.

В данной статье рассматриваются основные статистические свойства реальных радиолокационных сигналов, предлагается методика моделирова-

ния случайных процессов с негауссовыми законами распределения, в основе которой лежат прямое и обратное преобразования Джонсона [5]. Приводятся результаты моделирования случайных процессов, воспроизводящих свойства радиолокационных сигналов, полученных в результате натуральных экспериментов.

**Цель работы** – разработка метода моделирования случайных процессов, воспроизводящих вероятностные и корреляционные свойства реальных радиолокационных поляриметрических сигналов.

**1. Постановка задачи моделирования**

В работах [1 – 4, 6 – 9] было теоретически обосновано и показано на основании экспериментальных данных, что статистические характеристики регистрируемых радиолокационных сигналов определяются параметрами отражающего объекта (формой и геометрическими размерами, шероховатостью, электрофизическими свойствами, характером и скоростью движения, ракурсом наблюдения и т.п.) и также зависят от параметров РЛС (мощности излучаемого сигнала, ширины диаграммы направленности, длительности радиолокационного импульса, поляризации при излучении и приеме).

Известно [6], что отраженный от объекта радиолокационный сигнал  $\dot{E}_R$  связан с излученным сигналом  $\dot{E}_S$  комплексной поляризационной матрицей рассеяния (ПМР)  $\dot{S}$  размером  $2 \times 2$  как

$$\dot{E}_R = \dot{S} \cdot \dot{E}_S. \quad (1)$$

ПМР описывает отражающие свойства объекта на ортогональных поляризациях  $a$ ,  $b$ :

$$\dot{S} = \begin{bmatrix} \dot{S}_{aa} & \dot{S}_{ab} \\ \dot{S}_{ba} & \dot{S}_{bb} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где первый индекс соответствует поляризации при излучении, второй – при приеме. Квадраты модулей элементов ПМР соответствуют эффективным поверхностям рассеяния объекта. Для моностатической РЛ  $\dot{S}_{ab} = \dot{S}_{ba}$  [1, 3]. В качестве ортогональных поляризаций  $a$ ,  $b$ , как правило, используют вертикальную (V) и горизонтальную (H) поляризации.

В общем случае элементы поляризационной матрицы рассеяния являются функциями времени и представляют собой случайные процессы, статистические свойства которых зависят от указанных выше свойств объектов отражения. Как показывают экспериментальные исследования [1, 9 – 13], отраженные сигналы характеризуются негауссовыми законами распределения и сложной корреляционной структурой.

В качестве примера на рис. 1 представлен сигнал, отраженный качающимся на морской поверхности вертикально ориентированным металлическим штырем диаметром 8 мм и длиной 1 м при вертикальной поляризации излучения и приема, измеренный с помощью радиолокационного поляриметра 3х-см диапазона [1, 9, 10], на рис. 2 – гистограмма сигнала (рис. 1), на рис. 3 – корреляционная функция сигнала (рис. 1). Анализ экспериментальных данных показал, что данный сигнал является случайным процессом и характеризуется негауссовым законом распределения и сложной автокорреляционной функцией (АКФ).

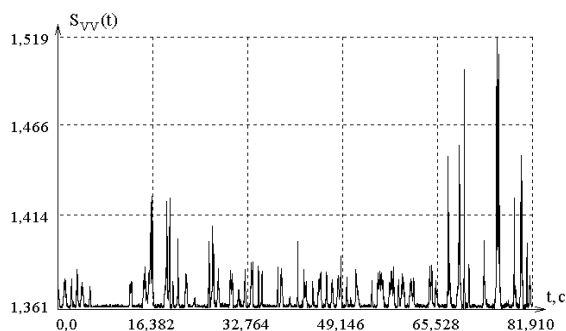


Рис. 1. Сигнал, отраженный металлическим штырем

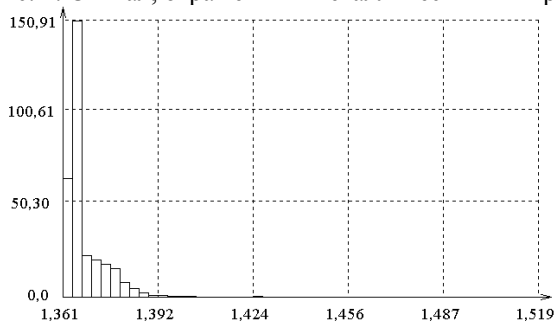


Рис. 2. Гистограмма сигнала (рис. 1), отраженного металлическим штырем

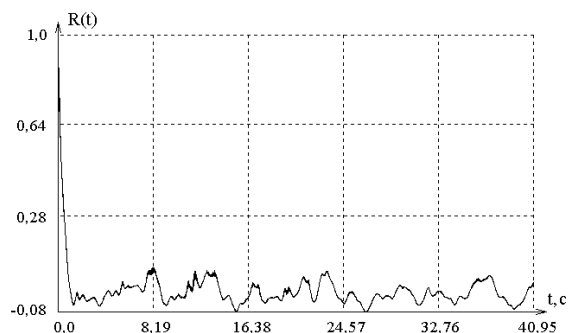


Рис. 3. АКФ сигнала (рис. 1), отраженного металлическим штырем

Таким образом, задача математического моделирования радиолокационных поляриметрических сигналов сводится к моделированию СП с негауссовыми законами распределения и некоторыми заданными корреляционными свойствами.

## 2. Аппроксимация негауссовых СП распределениями Джонсона

Для разработки алгоритмов моделирования негауссовых СП с заданными корреляционными свойствами удобно привести исследуемые сигналы к единой статистической модели. В качестве такой модели было выбрано семейство распределений Джонсона [14], так как оно является наиболее «гибким» и позволяет аппроксимировать большинство известных унимодальных и бимодальных распределений (от нормального и логарифмически-нормального до распределения арксинуса).

В основе распределений Джонсона лежат нелинейные преобразования нормально распределенной случайной величины (СВ) вида:

$$z = \gamma + \eta\tau(x, \varepsilon, \lambda),$$

$$\eta > 0, \lambda > 0, -\infty < \gamma < \infty, -\infty < \varepsilon < \infty, \quad (3)$$

где  $z$  – нормированная СВ, распределенная по нормальному закону;

$\tau$  – произвольная функция;

$x$  – СВ, распределенная по закону Джонсона;

$\gamma$ ,  $\eta$ ,  $\varepsilon$ ,  $\lambda$  – параметры распределения Джонсона ( $\gamma$ ,  $\eta$  – параметры формы,  $\lambda$  – параметр масштаба,  $\varepsilon$  характеризует центр распределения).

Известны [14] функции  $\tau$  трех видов:

$$\tau_1(x, \varepsilon, \lambda) = \ln\left(\frac{x - \varepsilon}{\lambda}\right), \quad x \geq \varepsilon, \quad (4)$$

$$\tau_2(x, \varepsilon, \lambda) = \ln\left(\frac{x - \varepsilon}{\lambda + \varepsilon - x}\right), \quad \varepsilon \leq x \leq \varepsilon + \lambda, \quad (5)$$

$$\tau_3(x, \varepsilon, \lambda) = \text{Arsh}\left(\frac{x - \varepsilon}{\lambda}\right), \quad -\infty < x < \infty. \quad (6)$$

Функциям  $\tau_1 - \tau_3$  соответствуют S1, S2 и S3

распределения Джонсона, которые определены для случайных величин, ограниченных снизу (4); для случайных величин, ограниченных и сверху, и снизу (5), и для неограниченных СВ (6) Плотность распределения, например, для  $\tau_2$  имеет следующий вид:

$$f_2(x) = \frac{\eta}{\sqrt{2\pi}} \frac{\lambda}{(x-\varepsilon)(\lambda-x+\varepsilon)} \times \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\gamma + \eta \ln\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda-x+\varepsilon}\right)\right]^2\right\},$$

$$\varepsilon \leq x \leq \varepsilon + \lambda, \eta > 0,$$

$$-\infty < \gamma < \infty, \lambda > 0, -\infty < \varepsilon < \infty. \quad (7)$$

На рис. 4 в качестве примера представлены Sb-распределения Джонсона при различных значениях параметров  $\gamma, \eta$ .

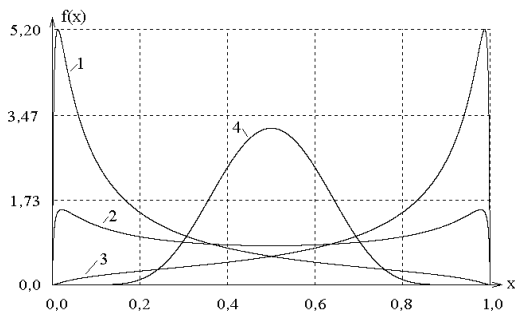


Рис. 4. Плотности Sb-распределения Джонсона при различных значениях параметров  $\gamma, \eta$ :

- 1 —  $\gamma = 1,0, \eta = 0,6$ ; 2 —  $\gamma = 0,0, \eta = 0,5$ ;
- 3 —  $\gamma = -1,0, \eta = 0,6$ ; 4 —  $\gamma = 0,0, \eta = 2,0$

Недостатком распределений Джонсона является отсутствие аналитической связи между параметрами  $\gamma, \eta, \varepsilon, \lambda$  и статистическими оценками, получаемыми в результате обработки экспериментальных данных [15], однако значения параметров Джонсона могут быть найдены итерационными алгоритмами с использованием метода моментов [14].

### 3. Методика моделирования негауссовых СП с заданной АКФ

В настоящее время достаточно хорошо разработаны методы моделирования случайных величин с негауссовыми законами распределения, в том числе и основанные на использовании распределений Джонсона [14]. В работе [15] предложены методы аппроксимации многомерных экспериментальных данных на основе многомерного распределения Джонсона [16]. Также широко известны методы моделирования гауссовых СП с заданными корреляционными свойствами (метод линейной свертки, спектральный и матричный методы) [17]. В работе [17] предложен метод моделирования негауссовых СП с заданной автокорреляционной функцией, основанный

на нелинейных преобразованиях нормальных стационарных случайных процессов. Однако возможности данного метода существенно ограничены из-за сложностей, связанных с подбором вида требуемого нелинейного преобразования [17, 18].

Для моделирования негауссовых случайных процессов с заданными корреляционными свойствами может быть предложен метод, основанный на прямом и обратном преобразованиях Джонсона.

Предположим, существует исходный СП  $x_I(t)$  с негауссовым законом распределения и некоторой автокорреляционной функцией  $R_I(\tau)$ . Методика моделирования заключается в следующем:

- выполняется аппроксимация исходного СП  $x_I(t)$  одним из распределений Джонсона, т.е. осуществляется подбор параметров  $\gamma_x, \eta_x, \varepsilon_x, \lambda_x$ ;

- к исходному процессу  $x_I(t)$  применяется обратное преобразование Джонсона (ОПД) вида (3), в результате которого СП  $x_I(t)$  преобразуется в процесс  $x_N(t)$  с нормальным законом распределения;

- для полученного нормального СП  $x_N(t)$  вычисляется автокорреляционная функция  $R_N(\tau)$ ;

- выполняется моделирование СП  $y(t)$  с нормальным законом распределения (для моделирования отсчетов нормально распределенных СВ можно использовать стандартный алгоритм, основанный на суммировании большого количества отсчетов равномерно распределенных величин [17]);

- осуществляется преобразование полученного некоррелированного нормально распределенного СП  $y(t)$  в коррелированный СП с АКФ  $R_N(\tau)$  одним из известных методов (спектральным, матричным методом или методом линейной свертки) [17];

- полученный коррелированный СП  $y(t)$  с нормальным законом распределения и корреляционной функцией  $R_N(\tau)$  при помощи прямого преобразования Джонсона (ППД) преобразуется в процесс  $y_J(t)$  с параметрами Джонсона  $\gamma_x, \eta_x, \varepsilon_x, \lambda_x$ ; для распределения Sb прямое преобразование Джонсона имеет вид:

$$y_i = \frac{\lambda \exp\left\{\frac{x_i - \gamma}{\eta}\right\}}{1 + \exp\left\{\frac{x_i - \gamma}{\eta}\right\}} + \varepsilon. \quad (8)$$

Свойства полученного процесса  $y_J(t)$  будут аналогичны статистическим и корреляционным свойствам исходного СП  $x_I(t)$ .

## 4. Анализ результатов моделирования

### 4.1. Моделирование сигнала, полученного при отражении от диполя

Для проверки методики, предложенной в п. 3, выполнялось моделирование СП с заданными статистическими и корреляционными свойствами на примере дипольной модели [6].

Предположим, что в фазовой плоскости некоторой плоской электромагнитной волны расположен электрический диполь с действующей высотой (длиной)  $h$ ; ориентация этого диполя относительно выбранной прямоугольной системы координат определяется углом  $\theta$  (рис. 5). Амплитуды ортогональных компонент падающей волны в заданной системе координат равны  $E_{xi}$  и  $E_{yi}$  (рис. 5).

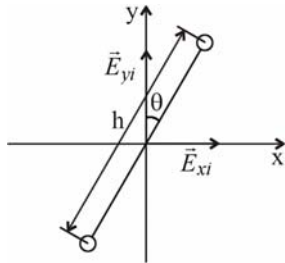


Рис. 5. Дипольная модель рассеяния

ПМР может быть определена как [6]:

$$\begin{aligned} \dot{E} &= \begin{bmatrix} \dot{E}_{HH} & \dot{E}_{HV} \\ \dot{E}_{VH} & \dot{E}_{VV} \end{bmatrix} = \\ &= Kh^2 \begin{bmatrix} \sin^2 \theta \dot{E}_{xi} & \sin \theta \cos \theta \dot{E}_{xi} \\ \sin \theta \cos \theta \dot{E}_{yi} & \cos^2 \theta \dot{E}_{yi} \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (9)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий длину электромагнитной волны и входное сопротивление диполя;

$\dot{E}_{xi} = E_{xi} e^{j\varphi_{xi}}$ ,  $\dot{E}_{yi} = E_{yi} e^{j\varphi_{yi}}$  – составляющие падающей волны;

$\varphi_{xi}$ ,  $\varphi_{yi}$  – фазы компонент  $\dot{E}_{xi}$  и  $\dot{E}_{yi}$  соответственно.

Предположим, что диполь совершает гармонические непрерывные колебания в диапазоне углов  $\Delta\theta$ ; длина диполя от отсчета к отсчету изменяется по нормальному закону. Система координат  $\{x, y\}$  ориентирована таким образом, что ось  $x$  сонаправлена с вектором  $\vec{H}$  горизонтальной поляризации, а ось  $y$  – с вектором  $\vec{V}$  вертикальной поляризации. На диполь падает линейно поляризованная волна с вертикальной поляризацией.  $VV$  компонента ПМР моделируется согласно (9). На рис. 6 – 8 представлены общий вид сигнала, полученного при отражении от диполя при вертикальной поляризации зондирования и приема, его гистограмма и АКФ.

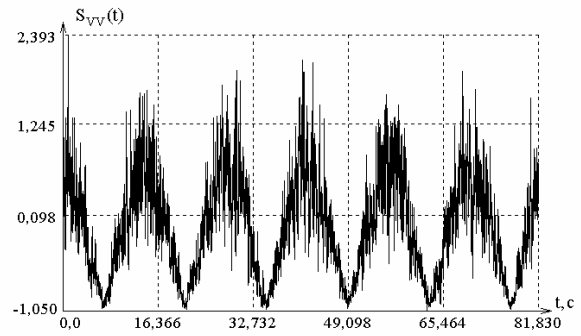


Рис. 6. Элемент  $VV$  ПМР диполя ( $\Delta\theta = \pm 70^\circ$ )

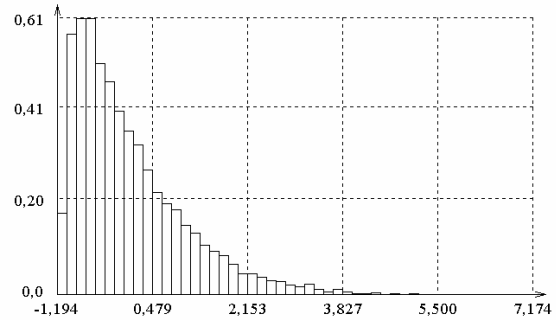


Рис. 7. Гистограмма элемента  $VV$  ПМР диполя

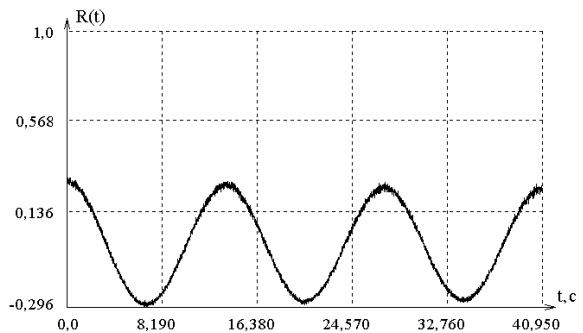


Рис. 8. АКФ элемента  $VV$  ПМР диполя

Для полученного сигнала (рис. 6) выполняется моделирование СП по методике п. 3:

– исходный случайный процесс аппроксимируется распределением Джонсона (рис. 9);

– к исходному СП применяется ОПД вида (3) и вычисляется АКФ полученного нормального случайного процесса (рис. 10);

– моделируется некоррелированный СП с нормальным законом распределения по следующему алгоритму:

$$y_i = \sqrt{\frac{12}{n}} \left( \sum_{j=1}^n r_j - \frac{n}{2} \right), \quad (10)$$

где  $n = 12 \dots 48$ ;

$r_j$  – случайная величина, равномерно распределенная в интервале  $[0 \dots 1]$ ;

– некоррелированный нормальный случайный процесс спектральным методом [17] преобразуется в нормальный коррелированный СП (исходная и ре-

зультуюча автокорреляційні функції представлені на рис. 11);

– к нормальному коррелированному СП применяется ППД.

На рис. 12 – 14 представлены результирующий случайный процесс, гистограмма его плотности распределения и исходная и результирующая автокорреляционные функции.

Анализ показал, что статистические и корреляционные свойства полученного СП с достаточной степенью точности соответствуют свойствам исходного сигнала, что подтверждает адекватность предложенной в п. 3 методики. Следует отметить, что данная методика применима только для стационарных случайных процессов и некоторых частных случаев нестационарных процессов.

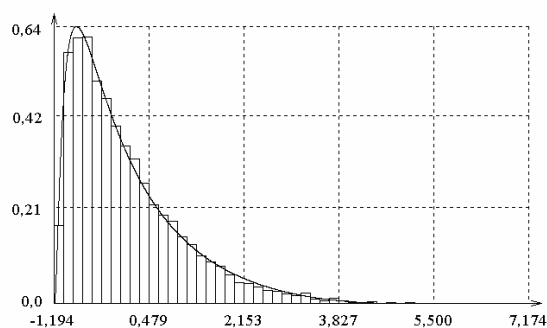


Рис. 9. Аппроксимация гистограммы исходного СП распределением Джонсона

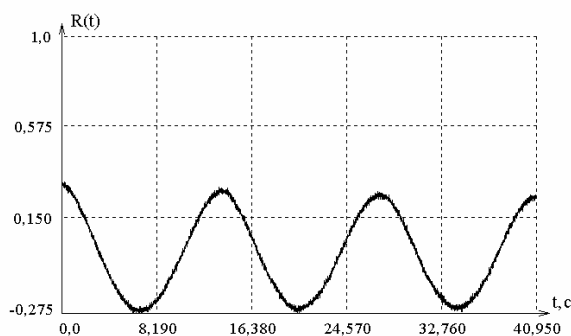


Рис. 10. АКФ нормального случайного процесса, полученная в результате ОПД

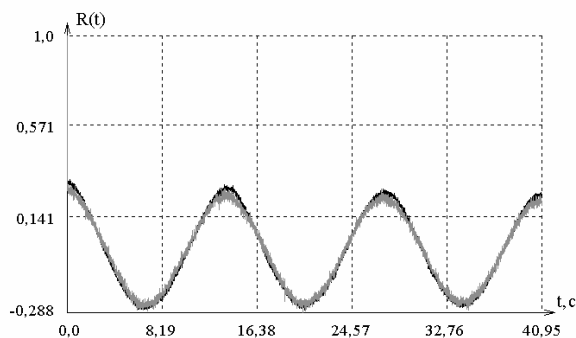


Рис. 11. АКФ исходного нормального СП и СП, полученного из некоррелированного нормального СП в результате коррелирующих преобразований

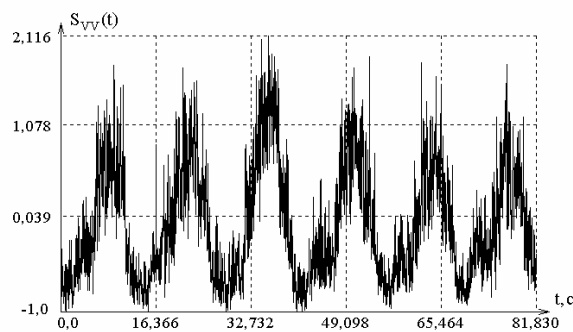


Рис. 12. Реализация СП после ППД

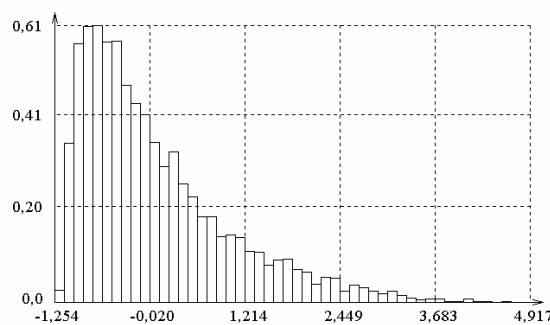


Рис. 13. Гистограмма СП после ППД

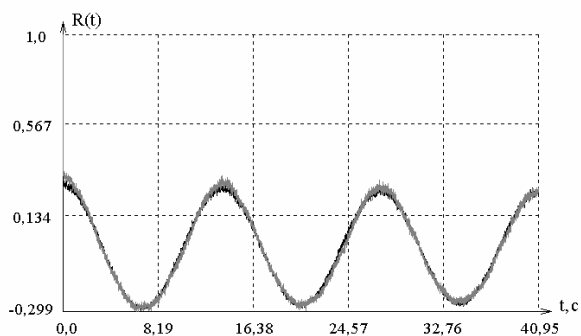


Рис. 14. АКФ исходного СП и СП после ППД

#### 4.2. Моделирование РЛ сигнала по реальным данным

Осуществлялось моделирование РЛ сигнала, полученного при отражении от качающегося на морской поверхности вертикально ориентированного металлического штыря (п. 1). Общий вид зарегистрированного сигнала, его гистограмма и автокорреляционная функция представлены на рис. 1 – 3.

По методике п.4.1 выполнялось моделирование СП, воспроизводящего свойства указанного сигнала.

На рис. 15 показаны результаты аппроксимации гистограммы сигнала распределением Джонсона. На рис. 16 – 18 представлены результирующий СП, его гистограмма и АКФ.

Сравнение исходного сигнала и сигнала, полученного в результате моделирования, а также анализ их статистических и корреляционных свойств позволяют сделать вывод об адекватности предложен-

ной методики и возможности ее использования для моделирования РЛ поляриметрических сигналов.

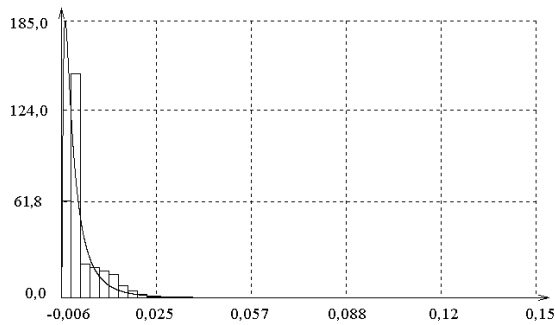


Рис. 15. Аппроксимация гистограммы исходного сигнала распределением Джонсона

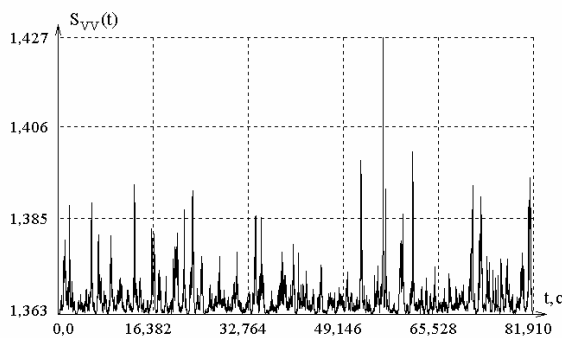


Рис. 16. Реализация СП, полученного в результате прямого преобразования Джонсона

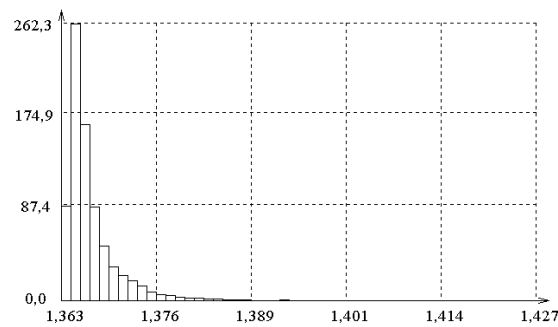


Рис. 17. Гистограмма СП, полученного в результате прямого преобразования Джонсона

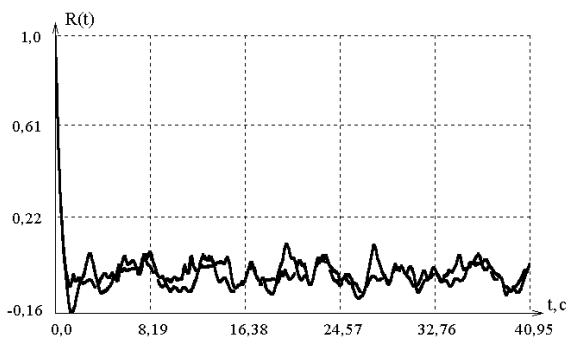


Рис. 18. АКФ исходного СП и СП, полученного в результате прямого преобразования Джонсона

## Заключение

Для решения задачи моделирования радиолокационных поляриметрических сигналов предложена методика моделирования негауссовых случайных процессов с заданным законом распределения и заданной корреляционной функцией, основанная на прямом и обратном преобразованиях Джонсона. Анализ результатов моделирования подтверждает адекватность предложенной методики, что позволит в дальнейшем использовать ее для моделирования радиолокационных поляриметрических сигналов, отраженных объектами ДЗ.

## Литература

1. Popov A.V. Informability of Polarimetric Radar Invariants / A.V. Popov, A. Pogrebnyak // *Proceedings of SPIE, Earth Observing Systems VIII*. – 2003. – Vol. 5151. – P. 74-84.
2. Попов А.В. Використання поляризаційних ознак для визначення електрофізичних параметрів земних поверхонь / А.В. Попов, М.Ф. Бабаков, П.Є. Єльцов // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: зб. наук. праць*. – Хмельницький, 1999. – Вип. 3. – С. 29-33.
3. Радиолокационные методы исследования земли / Ю.А. Мельник, С.Г. Зубкович и др.; под ред. Ю.А. Мельника. – М.: Сов. радио, 1980. – 264 с.
4. Кулемин Г.П. Рассеяние миллиметровых радиоволн поверхностью Земли под малыми углами: моногр. / Г.П. Кулемин, В.Б. Разказовский. – К.: Наукова думка, 1987. – 232 с.
5. Попов А.В. Генератор случайных процессов с произвольным законом распределения / С.В. Кондратюк, А.В. Попов // *Элементы и устройства современных систем железнодорожной автоматики и телемеханики: межвуз. сб. науч. тр.* – X., 1993. – Вип. 23. – С. 59-61.
6. Канарейкин Д.Б. Поляризация радиолокационных сигналов / Д.Б. Канарейкин, Н.Ф. Павлов, В.А. Потехин. – М.: Сов. радио, 1966. – 440 с.
7. Freitas C.C. Land Use and Land Cover Mapping in the Brazilian Amazon Using Polarimetric Airborne P-Band SAR Data / C.C. Freitas, L.S. Soler, S.J.S. Sant'Anna, L.V. Dutra, J.C. Mura, A.H. Correia, J.R. dos Santos // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2008. – Vol. 46, iss. 10, part 1. – P. 2956-2970.
8. Galletti M. Measurement and Characterization of Entropy and Degree of Polarization of Weather Radar Targets / M Galletti, D.H.O. Bebbington, M. Chandra, T. Borner // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2008. – Vol. 46, iss. 10, part 2. – P. 3196-3207.
9. Пономарев В.И. Экспериментальные исследования возможностей адаптивной пространственно-временной поляризационной селекции / В.И. Пономарев, М.Ф. Бабаков, А.В. Попов // *Элек-*

тромагнитные волны и электронные системы. – 1997. – Т. 2, № 5. – С. 93-96.

10. Бабаков М.Ф. Применение поляризационно-модулированных сигналов для селекции и распознавания радиолокационных объектов / М.Ф. Бабаков, А.В. Попов // Зарубежная радиоэлектроника: успехи современной электроники. – 1999. – № 11. – С. 45-50.

11. Doulgeris A.P. Classification With a Non-Gaussian Model for PolSAR Data / A.P. Doulgeris, S.N. Anfinson, T. Eltoft // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2008. – Vol. 46, iss. 10, part 1. – P. 2999-3009.

12. Shuji Sayama. Weibull Distribution and K-Distribution of Sea Clutter Observed by X-Band Radar and Analyzed by AIC / Shuji Sayama, Matsuo Sekine // IEEE Transactions Commun. – 2000. – Vol. E83-B, No. 9. – P. 1978-1982.

13. Shuji Sayama. Log-Normal, Log-Weibull and K-Distributed Sea Clutter / Shuji Sayama, Matsuo Sekine // IEEE Transactions Commun. – 2002. – Vol. E85-B, No. 7. – P. 1375-1381.

14. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах: пер. с англ. / Г. Хан, С. Шапиро. – М.: Мир, 1969. – 396 с.

15. Брашеван А.Н. Негауссовская статистическая модель многомерных экспериментальных данных / А.Н. Брашеван, А.В. Попов // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003. – Т. 2, №3. – С. 126-129.

16. Бабаков М.Ф. Об одном способе аппроксимации распределений многомерных поляриметрических характеристик / М.Ф. Бабаков // Автоматизированные системы управления. – X.: ХАИ, 1981. – Вып. 3. – С. 166-167.

17. Быков В.В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике / В.В. Быков. – М.: Сов. радио, 1971. – 440 с.

18. Кулемин Г.П. Моделирование радиолокационных помех с негауссовым распределением / Г.П. Кулемин, А.А. Курекин, Е.А. Горошко // Радиофизика и электроника. – 2002. – Т. 7, №1. – С. 56-67.

Поступила в редакцию 10.11.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., директор ГНТЦ «Природа» Г.Я. Красовский, Северо-Восточный филиал Национального агентства Украины, Харьков.

#### МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ НЕГАУСОВИХ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ ПЕРЕТВОРЕНЬ ДЖОНСОНА

*М.В. Борцова, А.В. Попов*

Показано, що радіолокаційні поляриметричні сигнали, відбиті об'єктами дистанційного зондування, характеризуються негауссовими законами розподілу і складною кореляційною структурою. Для їх моделювання пропонується виконувати апроксимацію законів розподілу розподілами Джонсона, а для формування випадкових процесів з заданою кореляційною функцією – використовувати пряме і зворотне перетворення Джонсона. Розглянута методика моделювання випадкових процесів з негауссовими законами розподілу та заданими кореляційними функціями. Приведені результати моделювання реальних радіолокаційних сигналів.

**Ключові слова:** моделювання, випадковий процес, закон розподілу, кореляційна функція, перетворення Джонсона, дипольна модель розсіювання.

#### A METHOD OF NON-GAUSSIAN RANDOM PROCESSES MODELING BASED ON THE JOHNSON TRANSFORMS

*M.V. Bortsova, A.V. Popov*

It is shown, that radar polarimetric signals backscattered by objects of remote sensing are characterized by non-Gaussian distributions and complicated correlation structure. For their modeling it is suggested performing approximation of non-Gaussian distributions with the Johnson distributions. It is also suggested using the forward and backward Johnson transforms for random processes with prescribed correlation function generating. The principals of random processes with non-Gaussian distributions and prescribed correlation functions modeling are considered. The results of real radar polarimetric signals modeling are presented.

**Key words:** modeling, random process, distribution, correlation function, Johnson transform, dipole scattering model.

**Борцова Мария Викторовна** – аспірантка кафедри виробництва радіоелектронних систем, Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна, e-mail: ma-sha\_bortsova@rambler.ru.

**Попов Анатолій Владиславович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри виробництва радіоелектронних систем, Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна, e-mail: a.v.popov@inbox.ru.