

1 **ОБОБЩЕННО-ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ**
2 **СПУТНИКОВЫХ И**
3 **РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ**

4
5 **Тукубаев З.Б.**

6 *(Международный Казахско-Турецкий университет имени*
7 *Ясауи, г.Туркестан, Казахстан)*

8 zuhr@pochta.ru, zuhr08@rambler.ru
9

10 **GENERALLY IMITATIONAL MODELS OF SATELLITE**
11 **AND RADIORELAY LINKS.**

12
13 *The algorithm of imitation and grafical representation of signals in*
14 *radiorelay and satellite chanel of global networks in general gauss*
15 *model base is developed in this article.*

16 *В статье разработан алгоритм имитационного моделирования и*
17 *анимации фединговых радиоканалов по общей гауссовской модели в*
18 *условиях зависимых ортогональных составляющих поля волны.*
19

20 **Ключевые слова:** имитационное моделирование, фединговый
21 канал, интерференционные замирения, реальное время, фильтрация
22 процессов, передаточная функция фильтра.
23

24 В настоящее время широко используются в глобальных сетях
25 связи и Интернет спутниковые и радиорелейные линии связи (ЛС)
26 миллиметрового диапазона частот {1.7-46}. В таких ЛС
27 наблюдается ярко выраженная многолучевость распространения
28 радиоволн. Такое же явление можно наблюдать в ЛС
29 тропосферного и ионосферного распространения радиоволны УКМ
30 (декаметрового), УКВ (ультракоротковолнового) диапазонов
31 частот.

32 Эти диапазоны частот также широко используются в
33 глобальных сетях передачи данных. Частные случаи многолучевой
34 модели распространения радиоволн встречаются в ЛС между
35 космическими или летательными аппаратами любых диапазонов
36 частот, в радиорелейных ЛС, в ЛС между морскими судами, в ЛС



1 дальней связи с летательными аппаратами и в спутниковых ЛС
 2 метрового и дециметрового диапазонов (при отражении радиоволн
 3 от земной поверхности).

4 Существующие обобщенные модели распространения
 5 радиоволн Кловского Д.Д. [2.20-21] и Камнева Е.Ф. и др.[3.13-17]
 6 охватывают, практически, все частные модели и имеют очень
 7 важное значение при автоматизации исследовании и
 8 проектировании современных систем передачи данных по радио и
 9 спутниковым каналам.

10 В аналитической форме эти модели не удобны для
 11 исследования и разработки систем, а использование их в реальном
 12 времени для управления не возможно.

13 Разработка обобщенно-имитационных моделей (ОИМ) на
 14 базе вышеотмеченных моделей расширяет их возможности и делает
 15 пригодным для использования в реальном времени.

16 Четырехпараметрическая модель Кловского представляется в
 17 форме:

$$18 \quad W(\nu) = \frac{\nu}{\sigma_x \sigma_y} \cdot e^{-\frac{m_y^2 + \nu^2}{2\sigma_y^2} - \frac{m_x^2}{2\sigma_x^2}} \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{H_{2K}(\alpha)}{(2K)!! 2^K} \cdot \left(\frac{\sigma_y}{m_y}\right)^K \cdot \left(\frac{1}{\sigma_x^2} - \frac{1}{\sigma_y^2}\right) \cdot I_K\left(\frac{m_y}{\sigma_y^2}\right),$$

19 где: H_{2K} - полином Эрмита K - степени; I_K - функция
 20 Бесселя K - го порядка;

21 В модели Кловского рассматриваются случаи
 22 стохастического поля с независимыми ортогональными
 23 компонентами; в практических случаях это достигается
 24 применением фазовращателей. ОИМ для такого случая
 25 разработаны в работах [4,5,6]. В некоторых случаях не удается
 26 получить независимость ортогональных составляющих. Такие
 27 случаи, когда ортогональные составляющие коррелированы
 28 коррелированы рассмотрены в обобщенной модели Камнева Е.Ф.
 29 др. [3], которая представляется в форме:

$$30 \quad W(X, Y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-\rho_{xy}^2}} \exp\left\{-\frac{1}{2(1-\rho_{xy}^2)}\left[\frac{(X-m_x)^2}{\sigma_x^2} - 2\rho_{xy}\frac{(X-m_x)(Y-m_y)}{\sigma_x\sigma_y} + \frac{(Y-m_y)^2}{\sigma_y^2}\right]\right\}.$$

31 Последняя модель охватывает частные модели
 32 полностью; а остальные 4 частные модели при $a=0$ практически



1 нецелесообразны, где: $a = E_o / \sqrt{\sigma_x \sigma_y}, E = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$.

2 Несмотря на большую содержательность и адекватность
3 последняя модель в такой форме использовать нецелесообразно; а
4 в реальном времени использовать не возможно. Для такой модели в
5 настоящей работе разработан ОИМ для наиболее общего случая -
6 комплексного стохастического поля с коррелированными
7 ортогональными составляющими.

8 Ортогональные составляющие этих ОИМ имитируются
9 моделированием простого марковского процесса по алгоритмам
10 A1,A2:

$$y[n] = \sigma_y \sqrt{1 - \rho_y^2} N_y(0,1) + \rho_y y[n-1]$$

11 (A1,A2)

$$x[n] = \sigma_x \sqrt{1 - \rho_x^2} N_x(0,1) + \rho_x x[n-1].$$

13 В алгоритме модели Камнева корреляция
14 ортогональных составляющих поля волны достигается корреляцией
15 нормальных псевдослучайных чисел- $N_x(0,1), N_y(0,1)$ с
16 параметрами $m = 0, \sigma_0 = 1$.

17 Медленные интерференционные замирания имитируются
18 логарифмически нормальным процессом (ЛНП), процессами
19 Винера 1 и 2-степеней и нестационарными процессами со
20 стационарными приращениями (НПСП). При этом, ЛНП
21 моделируется фильтрацией процессов A1,A2 через фильтр с
22 экспоненциальной передаточной функцией по алгоритму [4,5]:

$$L_x[n] = e^{x[n]}, L_y = e^{y[n]}.$$

24 Моделирование марковского про
25 производится по алгоритму B1:



$$x[n] = a_0 N[n] + a_1 N[n-1] - b_1 x[n-1] - b_2 x[n-2]$$

1 (B1) $b_1 = -2\rho \cos \gamma_0; b_2 = \rho^2;$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_0 = (1 - \rho^2) \rho \cos \gamma_0; \\ \mathcal{G}_0 = \frac{1 + \rho^2}{2\rho \cos \gamma_0}; \mathcal{G}_{1,2} = \mathcal{G}_0 \pm \sqrt{\mathcal{G}_0^2 - 1}; a_0 = -\sqrt{A_0 \mathcal{G}_{1,2}}; a_1 = \sqrt{\frac{A_0}{\mathcal{G}_{1,2}}}; \end{array} \right\}$$

2 где $N[n], N[n-1]$ - нормальные псевдослучайные числа с
3 параметрами $m = 0, \sigma_0 = 1$.

4 Алгоритм моделирования винеровского процесса 1- степени
5 имеет вид B1:

6 (B1) $x[n] = x[n-1] + \sqrt{N_0 \Delta t} \times N[n],$

7 где N_0 -параметр распределения.

8 Винеровский процес второй степени моделируется по
9 алгоритму B2 [4,5]:

10 (B2) $x[n] = a_0 N[n] + a_1 N[n-1] - 2x[n-1] - x[n-2],$

11 Параметры a_0, a_1 -определяются по формулам:

12 $a_0 = \frac{\sqrt{2 - \sqrt{3}}}{\sqrt{6}}; a_1 = \frac{1}{\sqrt{6}} \times \frac{1}{\sqrt{2 - \sqrt{3}}}.$

13 Алгоритм имитации нестационарного процесса со
14 стационарными первыми приращениями имеет вид C1:

15 (C1) $x[n] = a_0 N[n] + a_1 N[n-1] - (1 + \rho)x[n-1]$

16 где параметры a_0, a_1 - определяются по формулам:



$$a_0 = \frac{a\sigma^2\rho}{a_1}; a_1 = \sqrt{c\sigma^2 \frac{1-\rho^2 + d(1+\rho^2) - \sqrt{[1-\rho^2 + d(1+\rho^2)]^2 - 4a^2\rho^2}}{2}};$$

$$c = \frac{2}{\varpi^2}(ch\varpi - 1); a = \frac{sh\varpi - \varpi}{ch\varpi - 1}$$

Дискретные значения релейского случайного сигнала определяются по алгоритму Д1:

$$(Д1) \quad z[n] = \sigma_0 \sqrt{x^2[n] + y^2[n]},$$

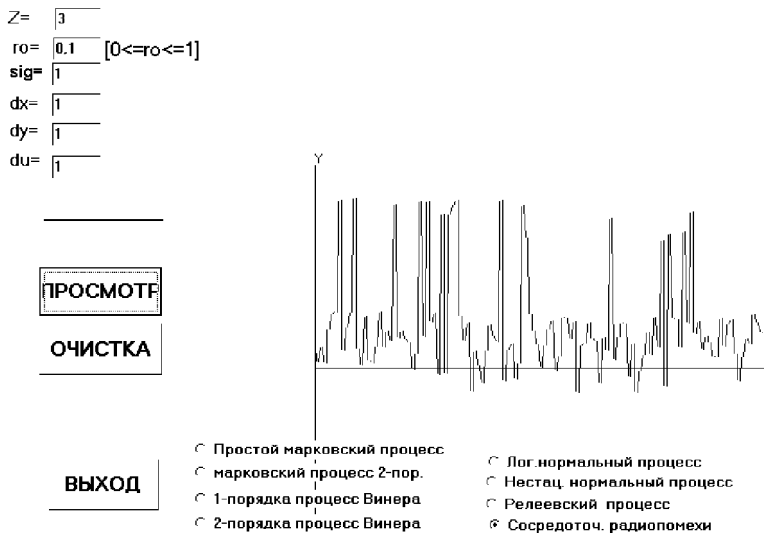
где $x[n], y[n]$ - дискретные значения нормальных процессов.

Алгоритм моделирования сосредоточенных помех (помех посторонних радиостанции) имеет аналогичную форму, что и алгоритм моделирования релейских процессов, но с другими значениями параметров.

Ниже приведены графики реализации различных моделей сигналов на рисунках 1 и 2.

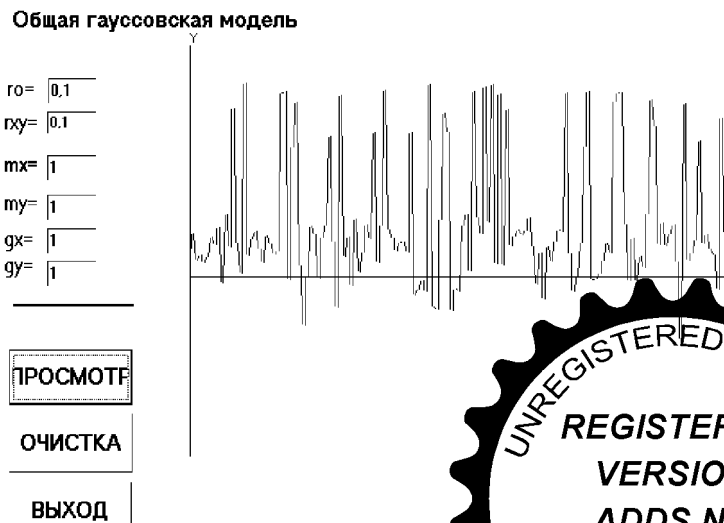
Программы и результаты имитационного моделирования могут быть использованы как отдельные модули в АСНИ и САПР систем передачи данных по фединговым каналам. Их можно использовать в учебных процессах в вузах соответствующих специальностей.





1
2
3

Рис.1. График уровня сигнала - сосредоточенной помехи.



4
5

Рис.2. График уровня четырехпараметр. сосредоточенной помехи.



Л и т е р а т у р а

- 1
- 2
- 3 1. ЧЕРЕНКОВА Е.Л., ЧЕРНЫШЕВ О.В. *Распространение*
- 4 *радиоволн.* – М.: Радио и связь, 1984 г., - 272 с.
- 5 2. КЛОВСКИЙ Д.Д. *Передача дискретных сообщений по*
- 6 *радиоканалам.* – М.: Радио и связь, 1982 г.- 303 с.
- 7 3. КАМНЕВ Е.Ф. *Методы обработки сигналов при наличии*
- 8 *помех в линиях связи.* – М.: Радио и связь, 1985 г. – 223с.
- 9 4. ТУКУБАЕВ З.Б. *Результаты моделирования разнесенного*
- 10 *приема сигналов в условиях общей гауссовской модели*
- 11 *замираний.* НТС “Техника средств связи”, сер. Техника
- 12 *проводной связи, вып.7, -М.: изд.”ЭКОС”,1989 г.*
- 13 5. ТУКУБАЕВ З.Б. *Моделирование разнесенного приема*
- 14 *сигналов и вопросы прогнозирования в условиях общей*
- 15 *гауссовской модели замираний.* НТС “Техника средств связи”,
- 16 *сер. Системы связи, вып.6, -М.: изд. “ЭКОС”,1990 г.*
- 17 6. ТУКУБАЕВ З.Б. *Программа имитационного моделирования и*
- 18 *анимации общего гауссовского процесса.* Труды
- 19 *Международной научной конференции: “Роль и значение*
- 20 *телекоммуникации и информационных технологий в*
- 21 *современном обществе”, Ташкент, 2005 г.*

