

---

---

**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЗВ'ЯЗКУ»**

---

---

**НАУКОВІ ЗАПИСКИ  
УКРАЇНСЬКОГО НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО  
ІНСТИТУТУ ЗВ'ЯЗКУ**

Науково-виробничий збірник

**1(25) • 2013**

---

---

---

---

## Наукові записки УНДІЗ

Науково-виробничий збірник

Свідоцтво про державну реєстрацію – КВ №12133-1022Р від 26.12.2006 р.

Наукове фахове видання України –

Постанова президії ВАК України №1-05/5 від 1.07.2010 р.

---

---

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

**Беркман Л. Н.**, д.т.н., проф., академік Академії зв'язку України, почесний зв'язківець України

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

**Семенко А. І.**, д.т.н., проф., лауреат Державної премії СРСР

**Колченко Г. Ф.**, к.т.н., с.н.с., доц.

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

**Віноградов М. А.**, д.т.н., проф., почесний радист СРСР

**Гайворонська Г. С.**, д.т.н., проф.

**Гребенніков В. О.**, к.т.н., с.н.с.

**Зайцев Г. Ф.**, д.т.н., проф., Заслужений діяч науки УРСР, лауреат Державної премії України, почесний зв'язківець України

**Захарченко М. В.**, д.т.н., проф., академік Міжнародної академії інформатизації, академік Всесвітньої академії наук комплексної безпеки, академік Академії зв'язку України, Заслужений працівник народної освіти України, майстер зв'язку СРСР, почесний зв'язківець України

**Каток В. Б.**, к.т.н., доц., лауреат Державної премії України, почесний зв'язківець України

**Лемешко О. В.**, д.т.н., проф.

**Лучук А. М.**, д.т.н., проф., Заслужений діяч науки УРСР, лауреат Державної премії України, почесний зв'язківець України

**Поповський В. В.**, д.т.н., проф., академік Академії зв'язку України, академік Академії прикладної радіоелектроніки України

**Почерняєв В. М.**, д.т.н., проф., академік Академії зв'язку України, академік Аерокосмічної академії України

**Савченко Ю. Г.**, д.т.н., проф.

**Тарасенко В. П.**, д.т.н., проф., академік Академії інженерних наук України, Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР

**Торошанко Я. І.**, к.т.н., с.н.с.

№1(25) • 2013

*Рекомендовано до друку Науково-технічною радою УНДІЗ (протокол №1 від 20.02.2013 р.)*

**Адреса редакції:** Український НДІ зв'язку. Вул. Солом'янська, 3, м. Київ, 03110

**Тел.** +380 (44) 248 86 67; +380 (50) 555 51 14.

**Ел. пошта:** toroshanko@ukr.net **Сайт:** <http://undiz.org.ua>

©Український науково-дослідний інститут зв'язку, 2013

З М І С Т

<b>Гребенніков В.О., Колченко Г.Ф.</b> Проблема загальнодоступності основних телекомунікаційних і інформаційних послуг в Україні та загальні підходи до її розв'язання	5
<b>Борисович В.И., Триска Н.Р.</b> Актуальные вопросы технического регулирования в сфере частотно-временного обеспечения телекоммуникаций	13
<b>Варфоломеева О.Г., Колченко Г.Ф. Шестак Н.А.</b> К вопросу сертификации систем управления телекоммуникационными сетями	21
<b>Дикарев А.В.</b> Поддиапазонное распределение видеоданных	25
<b>Родионов С.С., Шматко В.С.</b> Оценка алгоритмов поиска неисправности с учетом времени наблюдения за реализацией случайного процесса	28
<b>Аношков В.М., Ружинський В.Г.</b> Оптимізація часу зайняття інформаційних каналів при очікуванні відповіді вхідного абонента у телефонній мережі	31
<b>Фендрі Мохамед Аймен.</b> Лінійні сигнали у ВОСП міських телефонних мереж	34
<b>Кременецька Я.А.</b> Використання ефектів сильних полів в нанорозмірних діодних структурах	37
<b>Варфоломеева О.Г., Колченко Т.В.</b> Нові підходи до управління телекомунікаційними мережами	41
<b>Самков А.В.</b> Нелинейные ограничители перенапряжения в системах высоковольтного электропитания	44
<b>Дидковский Р.М., Бокла Н.И.</b> Моделирование системы связи с расширением спектра последовательностью Баркера	49
<b>Яремчук Ю.С.</b> Отримання аналітичних залежностей прискореного обчислення елементів рекурентних послідовностей для розробки асиметричних криптографічних протоколів	57
<b>Марченко Н.Б., Нечипорук О.П.</b> Особливості реалізації швидких вікон і аналіз похибок, що виникають при їх застосуванні	62
<b>Нечипорук В.В.</b> Цифрова ортогональна фільтрація просторово-часових сигналів в багатоканальних кореляційних системах	69
<b>Томайлы Д.А.</b> Пути решения проблемы утечек данных с использованием стеганографических методов сокрытия информации	73
<b>Бірюков М.Л., Триска Н.Р., Поляков М.В.</b> Дослідження програмної реалізації стандарту IEEE 1588 в форматі відкритого протоколу PTPd	78
<b>Артамонов Є.Б.</b> Метод визначення причин і місць втрати теплоносія у тепловій мережі	83
<b>Гресь О.В., Політанський Р.Л., Шпатар П.М., Верига А.Д.</b> Алгоритм шифрування інформації з використанням псевдовипадкових послідовностей	88
<b>Кременецький Г.М.</b> Аналіз та формування необхідних команд WEB-сервісів для спеціалізованих обчислювальних мереж, що динамічно кластеризуються	93
<b>Васильєв О.С.</b> Методи розпізнавання окремих образів в системах автопілоту безпілотних літальних апаратів	99
<b>Громов В.І., Борисов О.В.</b> Аналіз методів оцінки сигналів в системах з просторово-часовою обробкою	102
<b>Побивайло В.В., Артеменко Т.М., Мойсєнко О.М.</b> Методика оцінки характеристик сигналів у системах безпроводного доступу	107
<b>Манько О.О.</b> Принципи числового моделювання оптичних рефлектограм та шумових властивостей оптичних трактів.	112

C O N T E N T S

<b>Hrebennikov V.O., Kolchenko H.F.</b> A problem of universal accessibility of basic telecommunication and information services in Ukraine and general approaches its decision	5
<b>Borysovych V.I., Triska N.R.</b> Topical issues of technical regulation for frequency and time support of telecommunications	13
<b>Varfolomeieva O.H., Kolchenko H.F., Shestak N.A.</b> To the question of telecommunication networks management system certification	21
<b>Dikariev O.V.</b> Sub-range distribution of video data	25
<b>Rodionov S.S., Shmatko V.S.</b> Estimation of algorithms of search of malfunction taking into account time of looking after realization of random process	28
<b>Anoshkov V.M., Ruzhynskiy V.H.</b> Optimization of information channels holding time during waiting of called subscriber's answer in telephone network	31
<b>Fendri Mohamed Aimen.</b> Line signals in fiber optics transmission system of city telephone networks	34
<b>Kremenetska Ia.A.</b> The use of the strong fields effects in nanosize diode structures	37
<b>Varfolomeieva O.H., Kolchenko T.V.</b> New approaches at management of telecommunication networks	41
<b>Samkov O.V.</b> Nonlinear surges in the systems of high-voltage power supply	44
<b>Didkowskyi R.M., Bokla N.I.</b> Modeling of spread-spectrum communication system utilizing Barker sequence	49
<b>Iaremchuk Iu.Ie.</b> Receipt of analytical dependences speed-up calculation of elements of recurrent sequences for development of asymmetric cryptographic protocols	57
<b>Marchenko N.B., Nechyporuk O.P.</b> Features fast implementation of windows and analysis of error in their application	62
<b>Nechyporuk V.V.</b> Digital filtering of orthogonal space-time correlation of signals in multichannel systems	69
<b>Tomaily D.O.</b> Ways to solve a problem of information leakage with use of steganographic information hiding methods	73
<b>Biriukov N.L., Poliakov M.V., Triska N.R.</b> The research of the software implementation of the IEEE 1588 standard as an open PTPd protocol	78
<b>Artamonov Ie.B.</b> Method of determining the cause and location of the loss of coolant in the heating systems	83
<b>Hres' O.V., Politanskyi R.L., Shpatar P.M., Veryha A.D.</b> Data encryption algorithm using pseudorandom sequence	88
<b>Kremenets'kyi H.M.</b> Analysis and formation of necessary web-services commands to dynamical clustering specialized computer networks	93
<b>Vasyl'iev O.S.</b> Methods of image recognition in autopilot system of unmanned aerial vehicles	99
<b>Hromov V.I., Borysov O.V.</b> An analysis of methods of estimation of signals is in systems with spatio-temporal treatment	102
<b>Pobyvailo V.V., Artemenko T.M, Moiseienko O.M.</b> Methodology to evaluate the characteristics of signals in wireless	107
<b>Manko O.O.</b> Principles of numerical modeling of optical reflectograms and noise properties of optical tracts	112

5. Ширман Я.Д. Разрешение и сжатие сигналов / Я.Д. Ширман. – М.: Сов. радио, 1974. – 360 с.
6. Зелкин Е.Г. Атомарные функции в задачах синтеза антенн и новые синтезированные окна / Е.Г. Зелкин, В.Ф. Кравченко. – Радиотехника и электроника. – 2001. – Т. 46, №8. – С.903-931.
7. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд. – М.: Мир, 1978. – 848 с.

УДК 519.21

Нечипорук В.В., к.т.н. (Національний авіаційний університет)

### ЦИФРОВА ОРТОГОНАЛЬНА ФІЛЬТРАЦІЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ СИГНАЛІВ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ КОРЕЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

**Нечипорук В.В. Цифрова ортогональна фільтрація просторово-часових сигналів в багатоканальних кореляційних системах.** Розглядається задача обґрунтування способів моделювання різних процесів, зокрема RC-шуму. Описуються найпростіші моделі шумів з дискретним часом, особливості і властивості таких моделей, побудовано графіки оцінки кореляційної функції та спектральної щільності потужності RC процесу.

**Ключові слова:** ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ СИГНАЛ, ФУНКЦІЯ РОЗПОДІЛУ, КОРЕЛЯЦІЙНА ФУНКЦІЯ, ПОРОДЖУЮЧИЙ ПРОЦЕС, RC-ШУМ, ФОРМУЮЧИЙ ФІЛЬТР

**Нечипорук В.В. Цифровая ортогональная фильтрация пространственно-временных сигналов в многоканальных корреляционных системах.** Рассматривается задача обоснования способов моделирования различных процессов, в частности RC-шума. Описываются простые модели шумов с дискретным временем, особенности и свойства таких моделей, построены графики оценки корреляционной функции и спектральной плотности мощности RC процесса.

**Ключевые слова:** ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СИГНАЛ, ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, КОРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ, ПОРОЖДАЮЩИЙ ПРОЦЕСС, RC-ШУМ, ФОРМИРУЮЩИЙ ФИЛЬТР

**Nechyporuk V.V. Digital filtering of orthogonal space-time correlation of signals in multichannel systems.** The problem of justification of how different processes, including RC-noise. We describe a simple model with a discrete time noise, characteristics and properties of these models, as the graphs estimate the correlation function and power spectral density of RC process.

**Keywords:** SPACE-TIME SIGNAL, DISTRIBUTION FUNCTION, CORRELATION FUNCTION, GENERATING PROCESS, RC-NOISE, SHAPING FILTER

Дана робота присвячена математичним моделям шумів, що відіграють виняткову роль як первинні моделі при моделюванні більш складних процесів, наприклад, смугового процесу. В залежності від області науки, в якій застосовується метод моделювання, моделі бувають фізичні, біологічні, астрономічні, математичні, тощо. Дана робота присвячена математичним моделям. Їх зручно поділяти на аналогові (з неперервним часом) і цифрові (дискретним часом). В роботі ставиться задача достатньо вичерпно описати найпростіші моделі шумів з дискретним часом, обґрунтувати формули їх теоретичних параметрів, проілюструвати графічно формули, а також описати особливості і властивості таких моделей.

Сигнали можуть бути об'єктами теоретичних досліджень і практичного аналізу лише в тому випадку, якщо вказаний спосіб їх математичного опису – математична модель сигналу. Математичний опис дозволяє абстрагуватися від фізичної природи сигналу та матеріальної форми його носія, проводити класифікацію сигналів, виконувати їх порівняння, встановлювати степінь тотожності, моделювати системи обробки сигналів. Як правило, опис сигналу задається функціональною залежністю певного інформаційного параметра сигналу від незалежної змінної. Вибір математичного апарату опису визначається простотою та зручністю його використання при аналізі і обробці інформаційних сигналів [1]. При реєстрації на детекторі сигналів, що несуть цільову для даного виду вимірювань інформацію, у сукупності з основним сигналом одночасно реєструються і побічні сигнали – шуми та

завади різноманітної природи. До завад також відносяться спотворення корисних сигналів при виявленні різних дестабілізуючих факторів на процеси вимірювання. Виділення корисних складових із загальної кількості зареєстрованих сигналів або максимальне зниження шумів і завад в інформаційному сигналі при збереженні його корисних складових є однією з основних задач первинної обробки сигналів (результатів спостережень). Слід зауважити, що поділ сигналів на корисні і ті, що заважають (шумові) є досить умовними. Джерелами шумових сигналів є певні фізичні процеси, явища, об'єкти. При виявленні природи шумових сигналів вони можуть переводитись в розряд інформаційних [1].

Як правило, сигнали отримані з виходу різних датчиків містять поряд з корисним сигналом різного роду завади, потужність яких нерідко перевищує потужність корисного сигналу. В зв'язку з чим, удосконалюються приймальні системи, що розраховані на роботу в умовах інтенсивних завад. Тому розробка автоматизованих систем обробки інформації з підвищеною завадостійкістю є актуальною задачею, що має суттєве прикладне значення.

Слід зауважити, що подібного роду задачі виникають в гідроакустиці, радіоастрономії, в теорії автоматичного керування, в сейсморозвідці, геодезії та інших областях науки і техніки.

Розглянемо реалізації алгоритмів просторово-часової обробки сигналів. Для опису таких сигналів використаємо полігармонічну модель сигналу із скінченною потужністю. За полігармонічний сигнал приймається детермінована функція часу, яка є періодичною із скінченним числом гармонік, що розташовані в обмеженій смузі частот [3]:

$$Q(t) = \sum_{m=1}^n A_m \cos(\omega_m t + \theta_m), \quad (1)$$

де  $t$  – час, може бути неперервним або дискретним;  $\omega_m \in (\omega_i, \omega_a)$  – частота гармонік, розташованих в обмеженій смузі;  $A_m$  та  $\theta_m$ ,  $m \in [1, n]$  – відповідно амплітудно-частотна та фазово-частотна характеристики сигналу  $Q(t)$ , що відрізняються від нуля на скінченному числі значень  $\{\omega_m, m \in [1, n]\}$ .

Взаємне кореляційне перетворення двох полігармонічних сигналів  $Q_1(t)$  та  $Q_2(t)$  визначаються наступним чином:  $r_{12}(\tau) = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^n A_m^{(1)} A_m^{(2)} \cos(\omega_m \tau + \Delta\theta_m)$ , де  $\{A_m^{(1)} A_m^{(2)}, m \in [1, n]\}$  – взаємний амплітудно-частотний спектр;  $\{\Delta\theta_m = \theta_m^{(2)} - \theta_m^{(1)}, m \in [1, n]\}$  – взаємний фазово-частотний спектр.

Чимало різних явищ в електротехніці, фізиці, механіці може бути описано за допомогою моделі (1). Така модель вичерпно описує зареєстровані в точці прийому корисні відображені та заломлені хвилі, штучно створені за допомогою вібраторів. Всі інші хвилі, що перешкоджають виділенню та обробці корисних шумів та проведенню вимірювань їх параметрів, відносяться до розряду завад. Загалом поділ отриманих сигналів на корисні та завади має умовний характер і залежить від методу отримання сигналу та мети його використання. Проте, частіше за все, при дослідженні взаємних амплітудно-частотних та фазово-частотних характеристик хвиль, до категорії корисних сигналів відносять детерміновані полі гармонічні процеси, до категорії завад – випадкові сигнали. У зв'язку з широким розповсюдження цифрової реєстрації та обробки просторово-часових сигналів, необхідність детальної розробки моделей з дискретним часом не викликає сумнівів. Авторами були отримані спектральні і кореляційні характеристики дискретних білого, забарвленого [2], RC- та RLC-шумів [3]. В даній роботі наведемо характеристики лише дискретного RC-шуму, який найчастіше зустрічається на практиці.

Дискретний RC-шум – це процес з дискретним часом та низькочастотним енергетичним спектром. Він формується з білого шуму фільтром з імпульсною перехідною характеристикою:

$$\varphi(t) = u e^{-\alpha t} U(t), \quad U(t) = \begin{cases} 1, & t > 0, \\ 0, & t \leq 0. \end{cases}$$

де  $u$  коефіцієнт передачі фільтра;  $t \in (-\infty, \infty)$ ;  $\alpha > 0$ ;  $U(t)$  – одинична функція.

Комплексна передаточна характеристика записується наступним чином:

$$Y(\omega) = \frac{e^{\alpha u}}{e^{\alpha} - e^{-i\omega}}, \quad \omega \in [-\pi, \pi].$$

За допомогою такої імпульсно-частотної характеристики може бути описано більшість реальних низькочастотних фільтрів. Тоді дискретний RC-шум можна записати наступним чином у вигляді ковзної суми [3]:

$$\xi(t) = \sum_{\tau=0}^{\infty} u e^{-\alpha \tau} \zeta(t - \tau), \quad t \in (-\infty, \infty) \quad (2)$$

Його математичне сподівання  $\mathbf{M}\xi(t) = \kappa_1 \frac{u}{1 - e^{-\alpha}}, \quad (3)$

а параметр  $u$  – коефіцієнт передачі формуючого фільтра – зручно брати рівним 1 або  $u = 1 - e^{-\alpha}$ . Тут  $u = 1 - e^{-\alpha}$  вибирається з умови  $\sum_{t=-\infty}^{\infty} \varphi(t) = 1$ .

Кореляційна функція має вигляд:  $R(s) = \kappa_2 \frac{u^2 e^{-\alpha|s|}}{1 - e^{-2\alpha}} = R(0) e^{-\alpha|s|}; \quad s \in (-\infty, \infty), \quad \alpha > 0 \quad (4)$

Спектральна щільність потужності дискретного RC-шуму визначається згідно:

$$S(\omega) = \frac{\kappa_2 u^2 e^{-\alpha}}{2(ch\alpha - \cos \omega)}, \quad \omega \in [-\pi, \pi] \quad (5)$$

**Перейдемо до практичної частини.** Зупинимося на моделюванні випадкового процесу [3], для якого була розроблена програма і отримані наступні реалізації та значення.

Була отримана реалізація нормального випадкового процесу [1], значень незалежних реалізацій  $\zeta_i, \quad i = 1, 2, \dots, N$  випадкової величини  $\zeta$ . В даному випадку візьмемо об'єм вибірки рівний  $N = 1000$ .

Оцінка математичного сподівання та дисперсії вхідного процесу з некорельованими значеннями визначається згідно формул:  $\kappa_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \zeta_j, \quad \kappa_2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\zeta_j - v_1)^2$ .

Отже  $\kappa_1 = 0.996, \quad \kappa_2 = 0.256$ .

Профільтруємо отриманий випадковий процес за допомогою (1). Знайдемо теоретичну оцінку математичного сподівання і дисперсії RC-шуму:  $v_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \xi_j, \quad \mu_2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\xi_j - v_1)^2$ .

Отже  $v_1 = 3.84, \quad \mu_2 = 0.523$ .

Практичну оцінку математичного сподівання і дисперсії RC-шуму отримаємо з (3):  $v_1 = 3.843, \quad \mu_2 = 0.566$ .

Оцінимо кореляційну функцію по реалізації профільтрованого процесу. За допомогою розробленої програми в середовищі Mathcad будемо графіки (рис. 1) оцінки теоретичної кривої кореляційної функції  $R(s)$  згідно (4) та її практичну реалізацію згідно формули

$$\rho_1(s) = \frac{1}{(n-1)\mu_2} \left[ \sum_{i=0}^{n-s} (\xi_{i+s} - v_1)(\xi_i - v_1) \right]. \quad \text{Оцінка функції по реалізації (рис. 2) визначається згідно формули}$$

$$\rho(s) = \frac{1}{(n-1)\kappa_2} \left[ \sum_{i=0}^{n-s} (\xi_{i+s} - \kappa_1)(\xi_i - \kappa_1) \right].$$

Спектральна щільність потужності  $S(\omega)$ , що одержана в результаті моделювання згідно з теоретичною формулою (5), наведена на рис. 3.

**Висновки.** В роботі було розглянуто та проілюстровано побудову моделі RC-шуму. За допомогою розробленої програми було отримано оцінки математичного сподівання, дисперсії, побудовано графіки кореляційної функції та спектральної щільності.

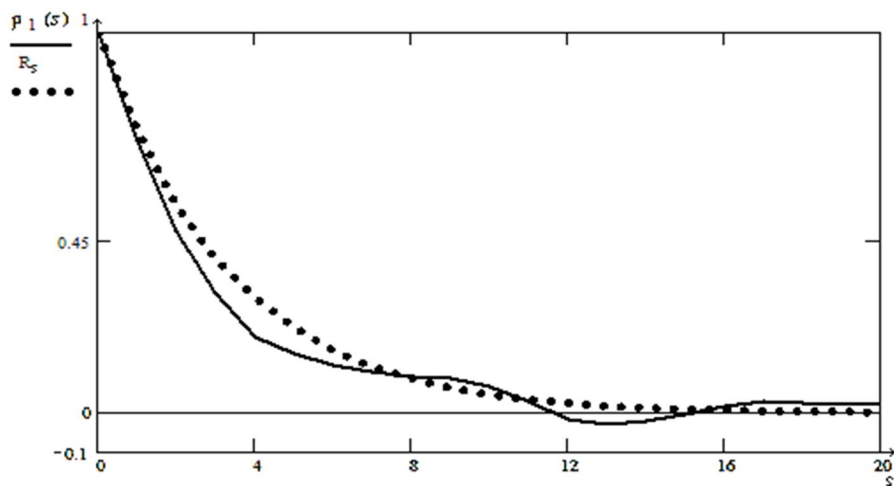


Рис. 1. Графік оцінки кореляційної функції  $R(s)$  та  $\rho_1(s)$

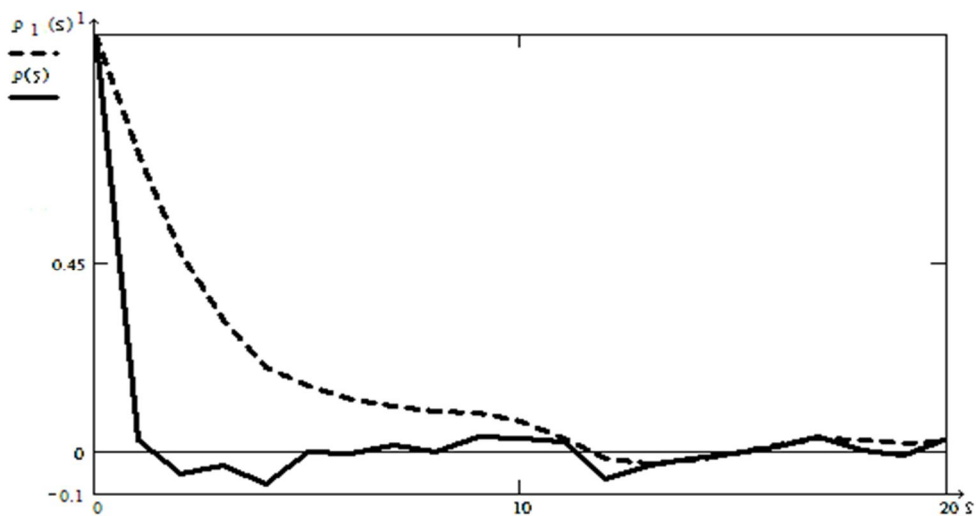


Рис. 2. Графік оцінки кореляційної функції по реалізації  $\rho(s)$  та  $\rho_1(s)$

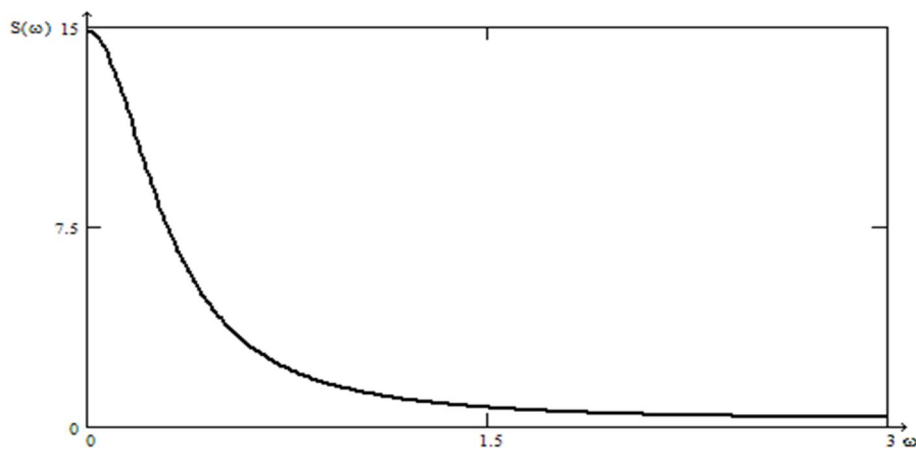


Рис. 3. Графік спектральної щільності потужності  $S(\omega)$ .

### Література

1. Бендат Дж. Прикладной анализ случайных данных / Дж. Бендат, А. Пирсол. . – М.: Мир, 1989. – 540 с.
2. Жаровський Р.О. Моделювання білого шуму з дискретним часом / Р.О. Жаровський, Б.Г. Марченко, Н.Б. Марченко // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2007. – №4. – С. 152-157.
3. Марченко В.Б. Ортогональные функции дискретного аргумента и их приложение в геофизике / В.Б. Марченко. – Київ: Наукова думка, 1992. – 212 с.