

# Виявлення шумового сигналу в адитивній суміші на основі кумулянта другого порядку

Березницький А. Є., ORCID [0000-0001-8327-2519](https://orcid.org/0000-0001-8327-2519)

Кафедра акустичних та мультимедійних електронних систем, [ames.kpi.ua](http://ames.kpi.ua)

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)

Київ, Україна

**Анотація**—Проведено аналіз чутливості застосування кумулянта другого порядку адитивної суміші шумового сигналу і шумової завади до виявлення сигналу. Досліджувались нормальний, рівномірний та показниковий розподіли сигналу з різними середніми квадратичними відхиленнями, для завади – стандартний нормальний розподіл. Для ймовірності правильного виявлення сигналу 0,99 при ймовірності помилки першого роду 0,01 розраховано порогові значення та мінімальні об'єми вибірки, які забезпечують задані ймовірності, виходячи з гауссівського розподілу оцінки кумулянта другого порядку. Результати моделювання підтвердили розрахунки, експериментальна ймовірність правильного виявлення отримана не менше заданої.

**Ключові слова** — адитивна суміш; виявлення сигналу; дисперсія; закон розподілу; кумулянти; кумулянтний аналіз; точкова оцінка; шумова діагностика; шумова завада; шумовий сигнал

## I. ВСТУП

Для визначення технічного стану об'єктів енергетики з метою забезпечення їхньої експлуатаційної надійності, довговічності і безпеки створюються та вдосконалюються системи функціональної діагностики [1]–[3]. Значне місце серед них посідають системи шумової діагностики, які базуються на аналізі акустичних діагностичних сигналів [1]–[7], що створюються самими об'єктами діагностування.

Одними з основних завдань шумової діагностики є виявлення та розрізнення шумових сигналів на фоні шумової завади, на основі чого здійснюється контроль та діагностика об'єктів енергетики.

Одним із перспективних напрямків шумової діагностики є кумулянтні методи [1], [8], що базуються на кумулянтному аналізі діагностичних сигналів, який передбачає аналіз їхніх кумулянтів і кумулянтних коефіцієнтів. На практиці замість теоретичних значень кумулянтів використовують їхні експериментальні значення у вигляді точкових оцінок.

Наразі кумулянтні методи широко використовуються [1], [4]–[6], [9]–[16] при вирішенні різноманітних задач в радіотехніці, акустиці та ін. за наявності негауссівських процесів. При цьому найчастіше серед параметрів таких процесів використовуються коефіцієнти асиметрії та ексцесу.

В задачах виявлення розглядається адитивна суміш шумового сигналу і шумової завади. Однак у відомій літературі відсутні результати щодо характеристик виявлення сигналу у складі адитивної суміші з завадою за допомогою використання кумулянтних методів. Метою статті є дослідження чутли-

вості кумулянта другого порядку до виявлення шумового сигналу на фоні шумової завади. Дослідження буде проведено на основі точкових оцінок кумулянта другого порядку по вибірці миттєвих значень сигналу.

## II. АДИТИВНА СУМІШ СИГНАЛУ ТА ЗАВАДИ

Шум роботи справного об'єкта представляється як шумова завада  $\xi_3(t)$ . При виникненні несправності (дефекту) виникає додатковий сигнал  $\xi_c(t)$ . Сигнал та завада є незалежними стаціонарними випадковими процесами. Разом вони утворюють адитивну суміш  $\xi(t) = \xi_c(t) + \xi_3(t)$ . Наприклад, шум трубопроводів системи теплозабезпечення [1] – шумова завада, тоді сигнал витоку рідини з трубопроводу в разі виникнення течі, буде додатковим шумовим сигналом.

Кумулянти використовуються як характеристики розподілів сигналу, завади та суміші. Кумулянти – це коефіцієнти розкладу логарифму характеристичної функції випадкової величини в ряд Маклорена в околі нуля [8]:

$$\kappa_s = i^{-s} \left( \frac{d^s \ln f(u)}{du^s} \right)_{u=0},$$

де  $s$  – порядок кумулянта,  $i = \sqrt{-1}$ ,  $f(u)$  – характеристична функція.

Кумулянт другого порядку є центральним моментом другого порядку, тобто дисперсією [8], [17], [18]:

$$\kappa_2 = \mu_2 = \sigma^2 = D,$$



де  $\mu_2$  – центральний момент другого порядку,  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення (СКВ).

Важливою властивістю кумулянтів, що зумовлює зручність їхнього використання як характеристики розподілу суміші, є властивість адитивності:

$$\kappa_s [\xi_1 + \xi_2] = \kappa_s [\xi_1] + \kappa_s [\xi_2], \quad (1)$$

де  $\xi_1$  і  $\xi_2$  – незалежні випадкові величини. В подальшому як значення величин  $\xi_1$  та  $\xi_2$  будемо використовувати значення процесів  $\xi_3(t)$  та  $\xi_c(t)$ .

### III. ПЕРЕВІРКА СТАТИСТИЧНИХ ГІПОТЕЗ ВІДНОСНО ОЦІНОК КУМУЛЯНТА ДРУГОГО ПОРЯДКУ

На практиці процес  $\xi(t)$  подається вибіркою його відліків  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N$  об'єму  $N$ .

Точкова оцінка кумулянта другого порядку має вигляд [1], [17], [18]:

$$\hat{\kappa}_2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (\xi_k - \hat{m})^2,$$

де  $\hat{m}$  – оцінка математичного сподівання

$$\hat{m} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_k.$$

Відомо [19], що точкові оцінки, які є випадковими величинами, мають асимптотично гауссівський розподіл, що випливає з центральної граничної теореми. Тому функція розподілу оцінок кумулянтів подається наступним чином:

$$F_{\hat{\kappa}_s}(x) = \Phi\left(\frac{x - \mathbf{M}[\hat{\kappa}_s]}{\sqrt{\mathbf{D}[\hat{\kappa}_s]}}\right), \quad (2)$$

де  $\mathbf{M}[\hat{\kappa}_s]$  та  $\mathbf{D}[\hat{\kappa}_s]$  – математичне сподівання та дисперсія оцінки кумулянта порядку  $s$  відповідно,

$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-0,5x^2) dx$  – інтеграл імовірності.

Математичне сподівання та дисперсія оцінки кумулянта другого порядку мають вигляд відповідно [17], [18]:

$$\mathbf{M}[\hat{\kappa}_2] = \frac{N-1}{N} \mu_2; \mathbf{D}[\hat{\kappa}_2] = \frac{\mu_4 - \mu_2^2}{N}. \quad (3)$$

При  $\hat{\kappa}_2 \neq 0$  відносна помилка оцінювання записується так:

$$\delta(\hat{\kappa}_2) = \frac{1}{\kappa_2} \sqrt{\mathbf{D}[\hat{\kappa}_2]}. \quad (4)$$

З формул (3–4) випливає співвідношення для розрахунку мінімального об'єму вибірки, який задовольнить відносно помилку:

$$N_{\min} = \frac{\mu_4 - \mu_2^2}{[\kappa_2 \delta(\hat{\kappa}_2)]^2}. \quad (5)$$

Прийняття рішення про наявність сигналу здійснюється на основі перевірки двох статистичних гіпотез [19] відносно кумулянта другого порядку суміші  $\xi(t)$ . Гіпотеза  $H_0: \kappa_2 = \kappa_2[\xi_3]$  – сигнал відсутній, гіпотеза  $H_1: \kappa_2 = \kappa_2[\xi]$  – сигнал наявний. Імовірності помилок першого та другого роду  $\alpha = \mathbf{P}(H_1 | H_0)$  і  $\beta = \mathbf{P}(H_0 | H_1)$  відповідно. Тоді ймовірність правильного виявлення описується формулою

$$d = 1 - \beta = \mathbf{P}(H_1 | H_1).$$

Для подальших розрахунків зафіксовано значення помилки першого роду та відносної помилки оцінювання  $\alpha = 0,01$  і  $\delta = 0,01$  відповідно. Для прийняття рішення про вибір гіпотези використовується порогове значення  $\Gamma_0$ . При його перевищенні оцінкою кумулянта  $\hat{\kappa}_2 > \Gamma_0$  приймається рішення про наявність сигналу (гіпотеза  $H_1$ ), а в протилежному випадку – про його відсутність (гіпотеза  $H_0$ ).

Математичне сподівання та дисперсія оцінки кумулянта другого порядку за відсутності сигналу, враховуючи формулу (3), відповідно дорівнюють:

$$\mathbf{M}[\hat{\kappa}_2(\xi_3)] = \frac{N-1}{N} \sigma_3^2; \mathbf{D}[\hat{\kappa}_2(\xi_3)] = \frac{\mu_4(\xi_3) + \sigma_3^4}{N}.$$

А за наявності сигналу згідно формул (1) і (3) математичне сподівання та дисперсія оцінки кумулянта другого порядку суміші відповідно мають вигляд:

$$\mathbf{M}[\hat{\kappa}_2(\xi)] = \frac{N-1}{N} (\sigma_3^2 + \sigma_c^2);$$

$$\mathbf{D}[\hat{\kappa}_2(\xi)] = \frac{\mu_4(\xi_3) + \mu_4(\xi_c) + 4\sigma_3^2\sigma_c^2 - \sigma_3^4 - \sigma_c^4}{N}.$$

Тоді порогове значення  $\Gamma_0$  знаходиться наступним чином. Імовірність того, що значення оцінки  $\hat{\kappa}_2(\xi)$  потраплять в інтервал  $(-\infty; \Gamma_0)$ , є значенням функції розподілу оцінки кумулянта другого порядку за наявності завади в точці  $\Gamma_0$ :

$$\mathbf{P}\{\hat{\kappa}_2 < \Gamma_0\} = F_{\hat{\kappa}_s}(\Gamma_0) = 0,99. \quad (6)$$

Після підстановки формули (6) в формулу (2), користуючись табличними значеннями інтеграла імовірності, отримується вираз для знаходження порогового значення [1], [5]:

$$\Gamma_0 = 2,32 \sqrt{\mathbf{D}[\hat{\kappa}_2(\xi_3)] + \mathbf{M}[\hat{\kappa}_2(\xi_3)]}. \quad (7)$$

### IV. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІЯВЛЕННЯ СИГНАЛУ В ЗМОДЕЛЬОВАНІЙ СУМІШІ

Експериментальне дослідження виявлення сигналу в адитивній суміші здійснювалося методом моделювання шумової завади та сигналу в програмному пакеті MATLAB® [20]. Суміш утворювалась

шляхом поелементного додавання значень реалізацій випадкових величин, що відповідають сигналу та заваді.

Як заваду було обрано нормально розподілену випадкову величину із математичним сподіванням  $m_3 = 0$  та СКВ  $\sigma_3 = 1$ . Для реалізацій сигналу було обрано випадкову величину, що має нормальний  $N[m, \sigma]$ , рівномірний  $R[a, b]$  та показниковий  $\text{Exp}[\lambda]$  розподіли [21]. Математичне сподівання для нормального та рівномірного розподілів  $m_c = 0$ . Математичне сподівання для показникового розподілу визначалось через його СКВ.

Для моделювання були здійснені такі розрахунки для різних СКВ сигналу: параметра  $\sigma$  нормального розподілу, параметрів  $a, b$  рівномірного розподілу, параметра  $\lambda$  показникового розподілу, необхідних мінімальних об'ємів вибірки за формулою (5) та порогових значень за формулою (7), які забезпечують імовірність помилки першого роду  $\alpha = 0,01$  та імовірність правильного виявлення  $d = 0,99$ . Результати цих розрахунків наведено в табл. 1.

Зі зменшенням СКВ сигналу спостерігається збільшення необхідного об'єму вибірки та зменшення порогового значення. Найменший об'єм вибірки потрібний для сигналу з нормальним розподілом, а найбільший – з показниковим.

На рис. 1 наведено графік залежності ймовірності правильного виявлення від СКВ сигналу з нормальним розподілом при заваді з нормальним розподілом  $N[0,1]$  для різних об'ємів вибірки.

З графіків на рис. 1 видно, що ймовірність правильного виявлення при об'ємі вибірки  $10^6$  для СКВ 0,1, прямує до одиниці. В реальному випадку при використанні аналогово-цифрового перетворювача для запису суміші такий об'єм вибірки при частоті дискретизації 48000 Гц вимагав би тривалість запису більше 20 с.

Для забезпечення достовірності результатів моделювання обрано кількість реалізацій оцінки другого кумулянта  $k = 10^4$ . Для цієї кількості у випадку нормального розподілу сигналу  $N[0;0,15]$  було побудовано ядерну оцінку щільності ймовірності оцінки кумулянта другого порядку (рис. 2).

Рис. 2 відображає наблизений до нормального розподіл точкових оцінок дисперсії у випадках відсутності та наявності сигналу. Також зображено порогове значення  $\Gamma_0$ . Площа, обмежена кривою завади, праворуч від порогового значення відповідає ймовірності помилки першого роду, а площа, обмежена графіком суміші, праворуч від порогу – ймовірності правильного виявлення сигналу.

ТАБЛИЦЯ 1 РОЗРАХОВАНІ ПАРАМЕТРИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ

СКВ сигналу	Вхідні дані		Параметри розрахунку		
	Розподіл сигналу	Параметри розподілу	Об'єм вибірки	Порогове значення	
0,11	$N[m, \sigma]$	0; 0,11	298527	1,00600499	
	$R[a, b]$	-0,1905; 0,1905	327471	1,00573347	
	$\text{Exp}[\lambda]$	9,0909	329995	1,00571115	
0,12	$N[m, \sigma]$	0; 0,12	211241	1,00713862	
	$R[a, b]$	-0,2078; 0,2078	235392	1,00573347	
	$\text{Exp}[\lambda]$	8,3333	237571	1,00673143	
0,13	$N[m, \sigma]$	0; 0,13	153759	1,00713862	
	$R[a, b]$	-0,2252; 0,2252	174481	1,0078547	
	$\text{Exp}[\lambda]$	7,6923	176096	1,0078186	
0,14	$N[m, \sigma]$	0; 0,14	114614	1,00969138	
	$R[a, b]$	-0,2425; 0,2425	132345	1,00901882	
	$\text{Exp}[\lambda]$	7,1429	133776	1,00898	
0,15	$N[m, \sigma]$	0; 0,15	87224	1,01110932	
	$R[a, b]$	-0,2598; 0,2598	102724	1,01023689	
	$\text{Exp}[\lambda]$	6,6667	103834	1,01018202	

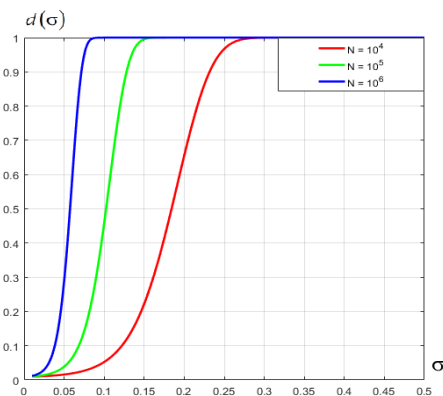


Рис. 1 Залежність ймовірності правильного виявлення

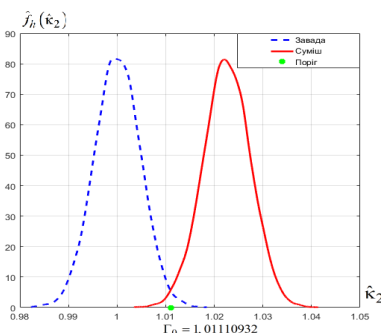


Рис. 2 Ядерна оцінка щільності ймовірності оцінки дисперсії

Таблиця 2 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ

Вхідні дані		Результати моделювання	
СКВ сигналу	Розподіл сигналу	Експериментальна ймовірність правильного виявлення	Відносна помилка оцінки ймовірності правильного виявлення, %
0,11	нормальний	0,9909	0,09
	рівномірний	0,9955	0,56
	показниковий	1	1,01
0,12	нормальний	0,9914	0,14
	рівномірний	0,9951	0,51
	показниковий	1	1,01
0,13	нормальний	0,9905	0,05
	рівномірний	0,996	0,61
	показниковий	1	1,01
0,14	нормальний	0,9904	0,04
	рівномірний	0,9971	0,72
	показниковий	1	1,01
0,15	нормальний	0,9918	0,18
	рівномірний	0,9965	0,66
	показниковий	1	1,01

В табл. 2 наведено результати моделювання. Кожна реалізація була адитивною сумішшю сигналу та завади. Для кожної вибірки було отримано реалізації оцінки другого кумулянта та за допомогою перевірки гіпотез прийнято рішення про наявність або відсутність сигналу. Експериментальна ймовірність правильного виявлення отримана як відношення кількості прийнятих рішень про наявність сигналу до загальної кількості реалізацій. Також обчислено її відносну помилку, яка знаходиться в межах 1,01%.

#### ВИСНОВКИ

Проведено розрахунки та отримано необхідні об'єми вибірки та порогові значення при фіксованих помилках оцінювання для найбільш вживаних розподілів шумових сигналів: нормального, рівномірного та показникового.

В результаті проведення цього дослідження шляхом моделювання було підтверджено, що використання кумулянта другого порядку (дисперсії) дозволяє виявляти сигнал на фоні шумової завади з відомим розподілом. Експериментальна ймовірність правильного виявлення відповідає заданій – для всіх експериментів її значення перевищують 0,99.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] A. I. Krasilnikov, V. S. Beregun, and T. A. Polobyuk, *Kumuliantnye metody v zadachah shumovoi diagnostiki teploenergeticheskogo oborudovaniya [Cumulant methods in the problems of noise diagnostics of heat-power equipment]*. Kyiv: Osvita Ukrainy, 2019, ISBN: 978-617-7777-98-3.
- [2] S. V. Babak, M. V. Myslovich, and R. M. Sysak, *Statisticheskaya diagnostika elektrotehnicheskogo oborudovaniya [Statistical diagnostics of electrical equipment]*. Kyiv: Institut elektrodinamiki NAN Ukrainy, 2015, ISBN: 978-966-02-7704-5.
- [3] V. M. Baranov, A. I. Grizenko, and A. M. Karasevich, *Acusticheskaya diagnostika i kontrol na predpriyatiakh toplivno-energeticheskogo kompleksa [Acoustic diagnostics and control at the enterprises of the fuel-energy complex]*. Moscow: Nauka, 1998, ISBN: 5-02-003639-0.
- [4] V. S. Beregun, A. I. Krasilnikov, and T. A. Polobyuk, "ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF FILTRATION ON THE SENSITIVITY OF THE CUMULANT METHOD OF DETECTING THE ACOUSTIC SIGNALS OF LEAKAGE," *Ind.*

*Heat Eng.*, vol. 40, no. 2, pp. 78–83, Jun. 2018, DOI: [10.31472/ihe.2.2018.11](https://doi.org/10.31472/ihe.2.2018.11).

- [5] V. S. Beregun and A. I. Krasilnikov, "RESEARCH OF EXCESS KURTOSIS SENSITIVENESS OF DIAGNOSTIC SIGNALS FOR CONTROL OF THE CONDITION OF THE ELECTROTECHNICAL EQUIPMENT," *Tekhnichna Elektrodynamika*, vol. 2017, no. 4, pp. 79–85, Jun. 2017, DOI: [10.15407/techned2017.04.079](https://doi.org/10.15407/techned2017.04.079).
- [6] V. Beregun and A. Krasilnikov, "The Use of Cumulant Methods for Distinction of Diagnostic Signals with Gamma Distribution," in *2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, 2020, pp. 741–746, DOI: [10.1109/ELNANO50318.2020.9088804](https://doi.org/10.1109/ELNANO50318.2020.9088804).
- [7] С. И. Буйло, "Physico-Mechanical, Chemical and Statistical Aspects of Acoustic Emission," *Izv. Altai State Univ.*, no. 1, 2019, DOI: [10.14258/izvasu\(2019\)1-01](https://doi.org/10.14258/izvasu(2019)1-01).
- [8] A. N. Malahov, *Kumuliantnyy analiz sluchaynykh negaussovykh prozovov i ih preobrazovaniy [Cumulant analysis of random non-Gaussian processes and their transformations]*. Moscow: Sovetskoe radio, 1978.
- [9] E. Palahina, M. Gamcová, I. Gladišová, J. Gamec, and V. Palahin, "Signal Detection in Correlated Non-Gaussian Noise Using Higher-Order Statistics," *Circuits, Syst. Signal Process.*, vol. 37, no. 4, pp. 1704–1723, Apr. 2018, DOI: [10.1007/s00034-017-0623-5](https://doi.org/10.1007/s00034-017-0623-5).
- [10] V. S. Beregun, O. V. Harmash, and A. I. Krasil'nikov, "Srednekvadratichskie oshybki ozenok kumuliantnykh koefizientov piatogo i shestogo poriadkov [RMS errors of estimates of cumulant coefficients of the fifth and sixth orders]," in *Electronnoe modelirovaniye*, 2014, pp. 17–28.
- [11] V. V. Palagin, O. V. Ivchenko, and D. A. Wedernikov, *Statystychnye ozinuvannya parametriv negaussovykh korelovaniy vypadkovykh prozoviv [Statistical estimation of parameters of non-Gaussian correlated random processes]*. Cherkasy: Cherkasky derjavny tehnologichny universytet, 2018, ISBN: 978-966-9730-36-7.
- [12] V. Beregun and O. Harmash, "Application of Cumulant Coefficients for Solving the Problems of Testing and Diagnostics in Control Systems," in *2018 IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)*, 2018, pp. 210–213, DOI: [10.1109/MSNMC.2018.8576176](https://doi.org/10.1109/MSNMC.2018.8576176).
- [13] A. Krasilnikov, V. Beregun, and O. Harmash, "Analysis of Estimation Errors of the Fifth and Sixth Order Cumulants," in *2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, 2019, pp. 754–759, DOI: [10.1109/ELNANO.2019.8783910](https://doi.org/10.1109/ELNANO.2019.8783910).
- [14] A. I. Krasil'nikov and V. S. Beregun, "Analysis of Estimation Error of Skewness and Kurtosis of Bunimovich-Rice Processes with Exponentially Power Waveform of Pulses," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 63, no. 8, pp. 430–440, Aug. 2020, DOI: [10.3103/S0735272720080051](https://doi.org/10.3103/S0735272720080051).
- [15] S. W. Zabolotnii, S. S. Martynenko, and S. V. Salypa, "Method of Verification of Hypothesis about Mean Value on a Basis of Expansion in a Space with Generating Element," *Radioelectron. Commun. Syst.*, vol. 61, no. 5, pp. 222–229, May 2018, DOI: [10.3103/S0735272718050060](https://doi.org/10.3103/S0735272718050060).
- [16] Z. L. Warsza and S. V. Zabolotnii, "Polynomial estimation of the measurand parameters for samples from non-Gaussian distributions based on higher order statistics," 2018, pp. 383–400, URL: [https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789813274303\\_0039](https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789813274303_0039).
- [17] H. Cramér, *Mathematical Methods of Statistics*. Princeton University Press, 1999, ISBN: 978-1-4008-8386-8.
- [18] A. Stuart and K. Ord, *Kendall's Advanced Theory of Statistics, Vol. 1. Distribution Theory*. Wiley, 2010, ISBN: 978-0470665305.
- [19] B. U. Lemesheko, S. B. Lemesheko, S. N. Postowalov, and E. W. Chimitova, *Statisticheskiiy analiz dannyh, modelirovaniye i issledovaniye veroyatnosnykh zakonmermostey. Komputernyy podhod [Statistical analysis of data, modeling and investigation of probable patterns. Computer approach]*. Novosibirsk: NGTU, 2011, ISBN: 978-5-7782-1590-0.



[20] V. P. Diakonov, *MATLAB i SIMULINK dlia radioinzhenerov* [MATLAB and SIMULINK for radio engineers]. Moscow: DMK Press, 2011.

[21] R. N. Vadzinskiy, *Spravochnik po veroyatnosnym raspredeleniam* [Handbook on probability distributions]. SPb: Nauka, 2001, ISBN: 5-02-024919-X.

Надійшла до редакції 20 березня 2021 р.

UDC 681.518.5:519.213.2

# Detection of Noise Signal in the Additive Mixture Based on the Second-Order Cumulant

A. Ie. Bereznitskyi, ORCID [0000-0001-8327-2519](https://orcid.org/0000-0001-8327-2519)

Department of Acoustics and Acoustoelectronics [ames.kpi.ua](http://ames.kpi.ua)

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", ROR [00syn5v21](https://ror.org/00syn5v21)  
Kyiv, Ukraine

**Abstract**—In order to determine the technical condition of energetic objects with the objective of ensuring their operational reliability, durability and safety, systems of noise diagnostics, which are based on the analysis of acoustic diagnostic signals. A promising area of noise diagnostics are cumulant methods, based on cumulant analysis, which involves the use of cumulants and cumulant coefficients. In known literature no characteristics of detection of a signal within an interference-containing additive mixture with the use of a second-order cumulant (variance) can be found. That is why the objective of the paper is to study the use of cumulant method on the basis of point estimations of variance for a sample of momentary values for detection of an acoustic signal against the background of noise interference.

The research was carried out by way of modeling the additive mixture of signal and interference using the MATLAB® software package. Interference is a model of a noise acoustic signal, which accompanies the operation of properly functional equipment. Signal is a model of an acoustic signal which is created with the occurrence of a malfunction. Signal and interference are independent random variables, so the property of additivity of cumulants was used – the variance of a mixture equals the sum of variances of signal and interference. The decision about the presence of a signal was made on the basis of testing two statistical hypotheses. The null hypothesis – the signal is absent, variance equals to the variance of the interference. The first hypothesis – the signal is present, variance equals to the variance of the mixture. Additional parameters: probability of a Type I error 0,01, probability of correct determination 0,99. The relative error of estimation determined the minimal sample size. These values allowed for the calculation of the threshold value, upon the exceeding of which by the variance estimation, the decision on the presence of signal is made.

For each sample, assessments of variance were made. Experimental probability of correct determination is calculated as a total number of decisions taken regarding the presence of a signal, divided by the number of realizations, and corresponds to the value of the specified probability of correct determination. Its relative error was calculated in order to control the validity of the results. Also, kernel density estimation of the probability of the variance assessment for the case of a signal with normal distribution. As shown by the graphs, the assessments have a distribution that is close to normal.

The conducted study proves that a variance-based cumulant method allows to detect a signal against the background of noise interference. The necessary sample size, which shows the number of the necessary momentary values, is given in the paper. That is to say that with the help of the frequency of an analogue digital converter the needed duration of the recording of a real for assessment of its variance can be obtained, and the decision on the presence or absence of a signal is to be made on the basis of the specified threshold values. The results of the study can be added to the known sample sizes and threshold values for the coefficients of asymmetry and excess with different distributions. Application of the described method requires additional testing on real acoustic signals and has the areas of use in systems of noise diagnostics.

**Keywords** — additive mixture, cumulants, cumulant analysis, distribution law, noise diagnostics, noise interference, noise signal, point estimation, signal detection, variance.

