

В.В. Хижняк<sup>1</sup>, А.О. Литовченко<sup>1</sup>, А.Г. Дмитрієв<sup>2</sup><sup>1</sup>Інститут державного управління у сфері цивільного захисту, Київ<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ОЦІНКА РОЗПОДІЛЕННЯ ЙМОВІРНІСТЕЙ ТА КОРЕЛЯЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ

Описані методи розрахунку ймовірнісних характеристик вимірювальних сигналів при їх перетвореннях в типових елементах інформаційно-вимірювальних систем, які можуть бути покладені в основу оцінки розподілення ймовірності та відповідних кореляційних функцій при моделюванні типових перетворювачів і елементів інформаційно-вимірювальних систем. Описані методи розрахунку ймовірнісних характеристик вимірювальних сигналів при їх перетвореннях у типових елементах інформаційно-вимірювальних систем можуть бути покладені в основу оцінки одномірних законів розподілення щільності ймовірності для безперервних випадкових процесів і законів.

**Ключові слова:** інформаційно-вимірювальні системи, випадкові процеси, метрологічні характеристики, ймовірнісні моделі.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Теоретичною основою аналітичного ймовірнісного моделювання інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) є теорія випадкових процесів, що досліджується в роботах І.Є. Казакова, Н.А. Лівшица, Б.Р. Левіна, В.Н. Пугачева, В.І. Тихонова, В. Шварца [1–2] та інших стосовно задач статистичної радіотехніки та ймовірнісного аналізу систем управління.

Однак особливості ІВС як об'єктів моделювання, наявність різноманітних перетворювачів та елементів, виділення інформативного параметра, як основи побудови математичних моделей, та подання ймовірнісних характеристик масивами даних вимагають проведення значного обсягу досліджень, спрямованих на розробку математичного, алгоритмічного та технічного забезпечення аналітичного ймовірнісного моделювання ІВС.

Одним із головних питань при побудові ймовірнісних моделей систем є рівень деталізації їх опису. Найбільш повно випадкові процеси описуються багатомірними законами розподілення щільності ймовірності

$$f [x(t), x(t), \dots, x(t)],$$

де  $x(t), x(t), \dots, x(t)$  – реалізації випадкового процесу в різних моментах часу [3–4].

Якщо ми оперуємо зі стаціонарними процесами, то для будь-якого інтервалу часу  $\tau$  справедливе рівняння

$$f [x(t), x(t), \dots, x(t)] = f [x(t+\tau), x(t+\tau), \dots, x(t+\tau)]. \quad (1)$$

В подальшому, без спеціальних застережень, мова буде йти про стаціонарні випадкові процеси, що дозволяють з достатньо високою для більшості практичних випадків вірогідністю описувати сталі процеси перетворення інформативних параметрів вимірювальних сигналів в системі.

**Метою статті** є аналіз методів розрахунку ймовірнісних характеристик вимірювальних сигналів при їх перетвореннях в типових елементах інформаційно-вимірювальних систем, які можуть бути покладені в основу оцінки розподілення ймовірностей та відповідних кореляційних функцій при моделюванні типових перетворювачів і елементів інформаційно-вимірювальних систем.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед найбільш часто вживаних критеріїв та показників ефективності ІВС можна виділити метрологічні та технічні характеристики, оцінка яких регламентована державними стандартами. Для вимірюючих систем – це закони розподілення щільності ймовірності результату вимірювання, похибок від впливаючих факторів і відповідні кореляційні функції. Для систем контролю та діагностики – це ймовірність виконання задачі ІВС та достовірність [2; 4–5].

Іншу важливу групу оцінок складають узагальнені функціонально-статистичні, інформаційні та інформаційно-енергетичні критерії, прикладами яких можуть служити кількість вимірювальної інформації, інформаційний коефіцієнт корисної дії, функціонально-статистичний критерій І.В. Кузьміна, інформаційно-енергетичні критерії П.В. Новицького тощо [6–8]. Для визначення цих характеристик достатнім є опис процесу парою функцій:

$$\{f(x), K(t, t)\}, \quad (2)$$

де  $f(x)$  – одномірний закон розподілення значень випадкового процесу  $x$ ;  $K(t, t)$  – його кореляційна функція, що характеризує зв'язок значень  $x$  в різні моменти часу  $t$  і  $t$ .

При цьому

$$K(t, t) = \overline{[x(t) - \bar{x}(t)] [x(t) - \bar{x}(t)]}, \quad (3)$$

де риска вгорі позначає усереднення по множині реалізацій випадкового процесу.

Для стаціонарних випадкових процесів:

$$K(t, t) = K(t - t) = K(\tau).$$

Розглянута функція  $f(x)$  загалом містить собою закони розподілення щільності ймовірності, що характеризує аналоговий випадковий сигнал, коли множина моментів часу континуальна, або випадковий сигнал з дискретним часом, але континуальним простором станів.

У випадку цифрового сигналу, коли множина можливих значень (простір станів) дискретного сигналу кінцева або рахункова, розглядається розподілення ймовірностей  $x$ :

$$P(x) \text{ або } P(i), \quad x \in X, \quad \{i = 1, \dots, n\}. \quad (4)$$

Тоді замість (2) необхідно використовувати пару функцій:

$$\{P(i), K(\tau)\}, \quad (5)$$

де  $\tau$  – дискретний час,  $\tau = \tau(j) = \tau \quad \{j = 1, \dots, l\}$ .

## Виклад основного матеріалу

Аналіз відомих теоретичних співвідношень та способів розрахунку імовірнісних характеристик доцільно провести стосовно оцінки імовірнісних характеристик (2) і (5), достатність знань про які, для прогнозування ефективності та якості ІВС, обґрунтовано в [1; 3].

В ІВС можна виділити два основних типи перетворень вимірювальних сигналів: статичне та динамічне.

Для розрахунку імовірнісних характеристик статичних перетворювачів з нелінійною (у загальному випадку) характеристикою перетворення вхідного сигналу  $X$  у вихідний  $Y$ ,  $Y = W(X)$ , зазвичай використовуються відомі співвідношення [4].

Якщо функція перетворення  $W(X)$  монотонна (зростає чи убиває), то застосовується вираз:

$$f_Y(y) = f_x \left[ W^{-1}(y) \right] \cdot \left| \frac{dW^{-1}(y)}{dy} \right|, \quad (6)$$

де  $W^{-1}(y)$  – функція, обернена  $W(x)$ .

У випадку, коли  $W(x)$  монотонна, але має кінцеву кількість інтервалів сталості, використовується співвідношення [2–3]:

$$f_Y(y) = f_x \left[ W^{-1}(y) \right] \cdot \left| \frac{dW^{-1}(y)}{dy} \right| + \sum_{i=1}^m (\delta(y - y_i)) \cdot \int_{a_i}^{b_i} f_x(x) dx, \quad (7)$$

де  $a_i, b_i$  – границі  $i$ -го інтервалу сталості

$$\{i = 1, \dots, n\}; \quad \delta(y) = \begin{cases} 0, & y \neq 0 \\ \infty, & y = 0 \end{cases}.$$

Якщо ж функція  $W(x)$  немонотонна, а  $W^{-1}(y)$  неоднозначна, то має місце вираз:

$$f_Y(y) = \sum_{k=1}^m f_x \left[ W_k^{-1}(y) \right] \cdot \left| \frac{dW_k^{-1}(y)}{dy} \right|, \quad (8)$$

де  $\{k = 1, \dots, m\}$  – визначає інтервал функції  $W^{-1}(y)$ , що використовується.

Може бути також використано співвідношення [2–3]:

$$f_Y(y) = \int_{-\infty}^{\infty} \delta[y - W(x)] f_x(x) dx, \quad (9)$$

яке отримується з попередніх.

На основі вищезазначених співвідношень можуть бути отримані вирази, які описують закон розподілення сигналу на виході нелінійного перетворювача, якщо відомий аналітичний опис вхідного закону розподілення ймовірностей і функції перетворення.

Приклади такого аналізу для різноманітних нелінійних перетворювачів ІВС з характеристиками типу “зона нечутливості”, “обмеження”, релейної, квадратичної, логарифмічної тощо розглянуті в [2–3].

Однак така методика з низки причин незручна для моделювання нелінійних перетворень в системах аналітичного ймовірнісного моделювання ІВС. До цих причин необхідно віднести:

– по-перше, необхідність попереднього аналізу функції  $Y = W(x)$  для виділення інтервалів сталості,

визначення оберненої функції  $X = W^{-1}(y)$  та її гілок;

– по-друге, складність чисельного інтегрування, диференціювання та інтерполярування функцій, апроксимації дельта-функції, що ускладнює оцінку точності обчислень;

– по-третє, складність обчислень, якщо вхідний закон розподілу чи функція перетворення задані масивами даних.

Такий спосіб обчислення призначений для чисто аналітичних систем та незручний для орієнтації на чисельно-аналітичне моделювання, коли на усіх проміжних етапах моделювання ймовірнісні характерис-

тики описуються не в явному вигляді, а масивами даних.

Кореляційна функція  $K_Y(\tau)$  на виході нелінійного перетворювача визначається з виразу [3]:

$$K_Y(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [W(x_1) - m_Y][W(x_2) - m_Y] \cdot f_{x_1 x_2}(x_1, x_2, \tau) dx_1 dx_2, \quad (10)$$

де  $m_Y = \int_{-\infty}^{\infty} W(x) f_x(x) dx$  – математичне сподівання  $Y$ .

Взаємкореляційна функція  $K_{XY}(\tau)$  визначається як [3]:

$$K_{XY}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [x_1 - m_X][W(x_2) - m_Y] \cdot f_{x_1 x_2}(x_1, x_2, \tau) dx_1 dx_2. \quad (11)$$

Зберігання даних про двомірні розподілення на усіх етапах перетворення вимірювальних сигналів в ІВС пов'язано з необхідністю зберігання тримірних масивів, а також вимагає розробки алгоритмів моделювання їх перетворень в елементах і структурах ІВС.

Це значно ускладнює математичний апарат та засоби моделювання, тобто нівелірує ті достоїнства аналітичного підходу, які роблять перспективним його розвиток стосовно систем моделювання на обчислювальній техніці.

Тому для реалізації ймовірнісних моделей, в яких має місце обчислення  $f_{x_1 x_2}(x_1, x_2, \tau)$ , як наприклад (10) і (11), необхідно розробляти методику апроксимації  $f_{x_1 x_2}(x_1, x_2, \tau)$  по відомим  $f_{x_1}(x_1)$ ,  $f_{x_2}(x_2)$ ,  $K_{x_1 x_2}(\tau)$ .

Визначне значення для оцінки ймовірнісних характеристик відіграє співвідношення між тривалістю перехідного процесу  $T_n$  і інтервалом кореляції  $\tau_k$  випадкового процесу  $x$  на вході перетворювача [9].

Якщо  $\tau_k \gg T_n$ , то можна обмежитися рішенням задачі в квазістатичному наближенні, тобто знехтувати динамічними властивостями і розглядати систему як статичну.

У випадку  $T_n \gg \tau_k$  існує добре розроблена методика оцінки законів розподілення ймовірностей для випадків гауссовських або лінійних вхідних випадкових процесів [9]. У загальному випадку оцінка закону розподілення ймовірностей пов'язана з необхідністю вирішення узагальненого рівняння Колмогорова-Фоккера-Планка, яке є диференціальним рівнянням у часткових похідних [9].

Але цей випадок вимагає індивідуальної постановки задачі і не дає змогу автоматизувати процес машинного моделювання [5].

Найбільш складним для аналізу є випадок, коли  $\tau_k$  співрозмірно  $T_n$ .

Існує низка спрощених методів розрахунку, наприклад, лінеаризації (для випадкових впливів малої інтенсивності), марковських процесів, нормалізації вихідного випадкового процесу тощо [3; 6].

Всі ці методи вимагають евристичних прийомів, орієнтовані на аналітичні розрахунки та безмашинну методологію, у всяк випадку, в плані постановки і підготовки задачі для рішення.

Запропонований Б.Р. Левіним метод розрахунку [7], який ґрунтується на властивостях лінійних випадкових процесів і пов'язаний з оцінкою кумулянтів вихідного випадкового процесу та наступною апроксимацією закону розподілення, може бути повністю алгоритмізованим і використаним в рамках задач розробки засобів машинного ймовірнісного моделювання.

Разом з тим цьому методу властиві значні похибки, що визначаються самим наближеним поданням за допомогою лінійних випадкових процесів, а також апроксимації розподілень по їх моментах.

Аналогічні проблеми існують для систем з дискретним часом і для цифрових фільтрів [8–9].

Важливим для створення математичного та алгоритмічного забезпечення ймовірнісного моделювання динамічних систем є розроблений В.М. Дубовим [2] алгоритм, оснований на дискретизації вхідного випадкового процесу та послідовної оцінки законів розподілення суми корельованих випадкових процесів відповідно з дискретним аналогом інтеграла Дюамеля.

В основі цього алгоритму лежить оцінка двомірного закону розподілення щільності ймовірності:

$$f(x, x, \tau) = f[x(t)] f[x(t+\tau)/x(t)], \quad (12)$$

де  $f[x(t+\tau)/x(t)]$  – умовна щільність ймовірності перевищення значення  $x$  функцією  $X$  у момент часу  $t+\tau$ , якщо в момент часу  $t$  зафіксовано значення  $x$  з використанням лінійної регресії  $x_2$  по  $x_1$ .

Це дає змогу отримати методику оцінки вихідного закону розподілення у вигляді інтеграла, кратність якого визначається відношенням  $T_n$  і  $\tau_k$ , однак, як показано в [10], лінійна регресія точна тільки для гауссівських процесів, а для більшості інших призводить до виникнення значних похибок, що обмежує застосування цього методу розподілення. Кореляційна функція на виході лінійних динамічних перетворювачів визначається, зазвичай, як перетворення Фур'є (згідно теоремі Вінера-Хінчина [11])

спектральної щільності  $G_Y(\omega)$ , що оцінюється із співвідношення

$$G_Y(\omega) = K(j\omega) G_X(\omega), \quad (13)$$

де  $K(j\omega)$  – комплексний коефіцієнт передачі динамічного перетворювача;  $G_X(\omega)$  – спектральна щільність вхідного випадкового процесу  $X$ .

Взаємна спектральна щільність вхідного і вихідного випадкового процесів:

$$G_{XY}(\omega) = K(j\omega) G_X(\omega). \quad (14)$$

Аналогічні проблеми, однак ще в більш гострій формі, виникають при розрахунку ймовірнісних характеристик на виході нелінійних динамічних систем. У доповнення до описаних вище існують методи, основані на використанні функціональних рядів Вольтера, однак вони носять загальнотеоретичний характер і не можуть вирішити проблему аналітичних ймовірнісних моделей.

Існує також низка проблем, що виникають при ймовірнісному моделюванні різноманітних пристроїв цифрової обробки сигналів та перетворювачів форми інформації (аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі), що потребують спеціального розгляду та розробки типових моделей і алгоритмів.

## Висновки

Описані методи розрахунку ймовірнісних характеристик вимірювальних сигналів при їх перетвореннях у типових елементах ІВС можуть бути покладені в основу оцінки одномірних законів розподілення щільності імовірності для безперервних випадкових процесів (інформативних параметрів вимірювальних сигналів) і законів розподілення імовірності – для дискретних, а також відповідних кореляційних функцій при моделюванні типових перетворювачів та елементів ІВС [12].

## Список літератури

1. Хижняк В.В. Критерії та показники ефективності аналітичних ймовірнісних інформаційно-вимірювальних систем / В.В. Хижняк // Збірник наукових праць ХВУ. – 2002. – № 5(43). – С. 500-508.
2. Маликов В.Т. Анализ измерительных информационных систем / В.Т. Маликов, В.М. Дубовой, Р.Н. Кветный. – Ташкент: ФАН, 1984. – 176 с.
3. Хижняк В.В. Аналіз методів прогнозування технічного стану складних систем та особливості їх застосування при формуванні програм експлуатації державних еталонів / В.В. Хижняк, А.Г. Дмитрієв, А.О. Литовченко // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 4(48). – С. 57-60.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1984. – 366 с.
5. Бендат Дж. Применение корреляционного и спектрального анализа / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1983. – 398 с.
6. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника / В.И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.
7. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б.Р. Левин. – М.: Сов. радио, 1984. – 552 с.
8. Кенделл М.Дж. Статистические выводы и связи / М.Дж. Кенделл, А. Стюарт. – М.: Наука, 1988. – 699 с.
9. Хижняк В.В. Постановка задачі планування спостережень засобами полігонного вимірювального комплексу при проведенні випробувань / В.В. Хижняк // Наука і оборона. – 2015. – № 1. – С. 36-39.
10. Хижняк В.В. Оцінка сумарної похибки вимірювань на основі комплектної атестації вимірювальних процесів при проведенні випробувань авіаційної техніки / В.В. Хижняк, А.Г. Дмитрієв, А.О. Литовченко // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 4(48). – С. 57-60.
11. Хижняк В.В. Удосконалення опосередкованих вимірювань спектральної щільності потужності флуктуацій мір частоти: дис. ... канд. техн. наук / В.В. Хижняк. – К., 1999. – 185с.
12. Хижняк В.В. Контент метрологічного забезпечення в сучасній системі полігонних випробувань авіаційної техніки державної авіації України / В.В. Хижняк, А.О. Литовченко // Наука і оборона. – 2017. – № 2. – С. 52-57.

## References

1. Khizhnyak, V.V. (2002), "Kriterii ta pokazniki effektivnosti analitichnih imovirnisnih informacijno-vimiryval'nih sistem" [Criteria and performance indicators of analytical probabilistic information-measuring systems], *Collection of scientific works Kharkiv Military University*, No. 5(43), pp. 500-508.
2. Malikov, V.T., Dubovoy, V.M. and Kvetny, R.N. (1984), "Analiz izmeritel'nyh informacionnyh sistem" [Analysis of measuring information systems], FAN, Tashkent, 176 p.
3. Khizhnyak, V.V., Dmitriev, A.G. and Litovchenko, A.O. (2016), "Analiz metodiv prognozuvannya tekhnichnogo stanu skladnih sistem ta osoblivosti ih zastosuvannya pri formuvanni program ekspluatatsii derzhavnih etaloniv" [Analysis of the methods for predicting the technical state of complex systems and the peculiarities of their application in the development of programs for the exploitation of state standards], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 4(48), pp. 57-60.
4. Wentzel, E.S. (1984), "Teoriya veroyatnostej" [Probability theory], Science, Moscow, 366 p.
5. Bendat, J. and Pirsol, A. (1983), "Primenenie korrelyacionnogo i spektral'nogo analiza" [Application of correlation and spectral analysis], Mir, Moscow, 398 p.
6. Tikhonov, V.I. (1982), "Statisticheskaya radiotekhnika" [Statistical Radio Engineering], Radio and Communication, Moscow, 624 p.
7. Levin, B.R. (1984), "Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki" [Theoretical bases of statistical radio engineering], Sov. radio, Moscow, 552 p.
8. Kendall, M.J. and Stuart, A. (1988), "Statisticheskie vyvody i svyazi" [Statistical conclusions and connections], Nauka, Moscow, 699 p.

9. Khizhnyak, V.V. (2015), "Postanovka zadachi planuvannya sposterezhen' zasobami poligonnoho vimiryuval'nogo kompleksu pri provedenni viprobuvan'" [Establishment of the task of planning observations by means of the landfill measuring complex during testing], *Science and Defense*, No. 1, p. 36-39.

10. Khizhnyak, V.V., Dmitriev, A.G. and Litovchenko, A.O. (2016), "Ocinka sumarnoi pohibki vimiryuvan' na osnovi kompleknoi atestacii vimiryuval'nih procesiv pri provedenni viprobuvan' aviacijnoi tekhniki" [Estimate of the total measurement error based on the complete attestation of the measuring processes during the testing of aviation engineering], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 4(48), pp. 57-60.

11. Khizhnyak, V.V. (1999), "Udoskonalennya oposeredkovanih vimiryuvan' spektral'noi shchil'nosti potuzhnosti fluktuacij mir chastoti: dysertacya" [Improvement of indirect measurements of the spectral density of the fluctuation power of the measure of frequency: dissertation], Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 1999, 185 p.

12. Khizhnyak, V.V. and Litovchenko, A.O. (2017), "Kontent metrologichnogo zabezpechennya v suchasnij sistemi poligonnih viprobuvan' aviacijnoi tekhniki derzhavnoi aviacii Ukraini" [Content of metrological support in the modern system of testing aviation equipment of state aviation of Ukraine], *Science and Defense*, No. 2, pp. 52-57.

Надійшла до редколегії 14.11.2018

Схвалена до друку 11.12.2018

**Відомості про авторів:**

**Хижняк Володимир Віталійович**

кандидат технічних наук старший науковий співробітник  
завідувач кафедри Інституту державного управління  
у сфері цивільного захисту,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-0437-749X>

**Литовченко Анастасія Олександрівна**

викладач кафедри  
Інституту державного управління у сфері цивільного  
захисту,  
Київ, Україна,  
<https://orcid.org/0000-0002-6696-8255>

**Дмитрієв Андрій Геннадійович**

кандидат технічних наук старший науковий співробітник  
старший науковий співробітник Харківського  
національного університету Повітряних Сил  
ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-8710-5598>

**Information about the authors:**

**Volodymyr Khizhnyak**

Candidate of Technical Sciences Senior Research  
Head of Department of the Institute of Public Administration  
in the Field of Civil Protection,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-0437-749X>

**Anastasiia Lytovchenko**

Instructor of Department of  
the Institute of Public Administration in the Field  
of Civil Protection,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-6696-8255>

**Andriy Dmytryiev**

Candidate of Technical Sciences Senior Research  
Senior Research Associate of Ivan Kozhedub  
Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-8710-5598>

**ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ**

В.В. Хижняк, А.А. Литовченко, А.Г. Дмитриев

Описаны методы расчета вероятностных характеристик измерительных сигналов при их преобразованиях в типовых элементах информационно-измерительных систем, которые могут быть положены в основу оценки рас-пределения вероятностей и соответствующих корреляционных функций при моделировании типичных преобразователей и элементов информационно-измерительных систем. Описанные методы расчета вероятностных характеристик измерительных сигналов при их преобразованиях в типовых элементах информационно-измерительных систем могут быть положены в основу оценки одномерных законов распределения плотности вероятности для непрерывных случайных процессов и законов.

**Ключевые слова:** информационно-измерительные системы, случайные процессы, метрологические характеристики, вероятностные модели.

**EVALUATION DISTRIBUTION OF PROBABILITY AND CORRELATION FUNCTIONS BY ANALYSIS RESULTS OF METHODS OF CALCULATING PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF MEASUREMENT SIGNALS**

V. Khizhnyak, A. Lytovchenko, A. Dmytryiev

The theoretical basis of the analytical probabilistic modeling of intelligent information-measuring systems is the theory of random processes. The features of the information-measuring systems as objects of modeling, the presence of various converters and elements, the allocation of informative parameters as the basis for the construction of mathematical models and the presentation of the sound characteristics of data arrays require a large amount of research aimed at the development of mathematical, algorithmic and technical support for analytical probabilistic simulation of information-measuring systems. Random processes are described by multi-dimensional probability density distribution laws. We will be talking about stationary random processes that allow with a high enough for most practical cases the probability to describe the steady processes of transforming the informational parameters of the measuring signals in the system. In the article an analysis of the methods for calculating probabilistic characteristics of measuring signals during their transformations in the typical elements of information-measuring systems. Methods for calculating the probabilistic characteristics of measuring signals during their transformations in the type elements of information and measurement systems that can be used as a basis for estimating the distribution of probabilities and corresponding correlation functions in the modeling of typical converters and elements of information-measuring systems are described.

**Keywords:** information-measuring systems, random processes, metrological characteristics, probabilistic models.