

УДК 621.391

Розрахунок ймовірності виявлення радіосигналів у залежності від технічних характеристик засобу радіомоніторингу

Слюсарчук О. О.

Науково-дослідний інститут Міністерства оборони України, м. Київ, Україна

E-mail: SAA2812@ukr.net

У сучасному світі розподіл радіочастотного ресурсу жорстко контролюється державними органами країн для якісної роботи різних систем радіозв'язку, радіолокації та радіонавігації, які працюють в інтересах різних служб. Завдяки сучасним радіозасобам можливо забезпечити зв'язок, незалежно від географічного розташування кореспондентів. Під час налаштування нових систем радіозв'язку, пошуку нових джерел радіовипромінювань, здійснення контролю за радіовипромінюючими засобами досить часто постає питання розрахунку ймовірності виявлення певного радіосигналу існуючим складом апаратури, яка має визначені технічні характеристики. Метою запропонованої статті є розрахунок ймовірності виявлення радіосигналів у залежності від технічних характеристик засобу радіомоніторингу при веденні пошуку, при умові, що частота роботи радіосигналу знаходиться в межах діапазону пошуку та енергетичні параметри сигналу є достатніми для його виявлення. У статті проаналізовані існуючі підходи до визначення ймовірності виявлення радіосигналів у радіомережах (радіонапрямках) при визначених частотно-часових характеристиках радіоприймальних пристроїв. Крім того запропоновано науково-методичний апарат, який доцільно використовувати під час планування виконання завдань пошуку нових джерел радіовипромінювань. В результаті проведення досліджень, було встановлено залежність ймовірності виявлення радіосигналів від частотно-часових характеристик радіоприймального пристрою. Крім того у статті наведені графіки залежності ймовірності виявлення радіосигналів від часових характеристик радіоприймального пристрою, які побудовані відповідно до запропонованого науково-методичного апарату та за допомогою програмного забезпечення "Mathcad 14.0", а також визначені шляхи підвищення ймовірності виявлення радіосигналів. Зокрема, для підвищення ймовірності виявлення радіосигналів необхідно зменшувати діапазон пошуку частот та часові характеристики технічних процесів радіоприймального пристрою. Крім того доцільно розглядати можливість збільшення часу пошуку сигналу та смуги пропускання радіоприймального пристрою. Науково-методичний апарат, який описаний в статті, може бути використаний під час дослідження апріорних результатів пошуку нових джерел радіовипромінювань визначеним складом апаратури з певними технічними характеристиками.

Ключові слова: пошук; джерело радіовипромінювання; ймовірність виявлення; смуга частот; тривалість; час; засіб радіомоніторингу

DOI: [10.20535/RADAP.2021.86.52-57](https://doi.org/10.20535/RADAP.2021.86.52-57)

1 Актуальність досліджень

У XXI столітті гостро постає питання визначення розподілу радіочастотного ресурсу між різними системами радіозв'язку, радіолокації та навігації. Саме за допомогою радіозасобів можливо досягнути територіальної незалежності перебування кореспондентів та значно зменшувати час на виконання поставлених завдань.

Водночас, на етапі налаштування нових систем радіозв'язку та здійснення завдань контролю за дотриманням радіочастотного ресурсу необхідно мати інструмент, який дозволяє виконувати поставлені завдання.

Одним із перших етапів, який передбачається для виконання вищезазначених завдань, є виявлення нових радіосигналів у широкому діапазоні радіочастот, інколи навіть апріорно невідомому, за допомогою наявних засобів радіомоніторингу.

Органами контролю і регулювання використання радіочастотного спектру із застосуванням різних типів приймачів безперервні сигнали можуть бути гарантовано виявлені [1], а періодичні (імпульсні) сигнали можуть з'явитися на конкретній частоті у межах діапазону пошуку у момент, коли приймач налаштований на іншу частоту, що робить їх пошук імовірнісним.

Для оцінки ефективності використання тих чи інших засобів доцільно застосовувати ймовірність виявлення радіосигналів [1–8].

Аналіз досліджень і публікацій показав, що у:

– [9] описаний та графічно проілюстрований процес послідовного пошуку за частотою;

– [9, 10] визначений взаємозв'язок частотно-часових характеристик сигналів та технічних характеристик радіоприймачів;

– [1–4, 11, 12] запропонований розрахунок ефективності пошуку з певними обмеженнями й неточностями;

– [3], с. 25 запропонована формула розрахунку ймовірності виявлення сигналів за час пошуку $t_{\Pi} > T$

$$P = 1 - e^{-\frac{\Delta F_p T_{\Pi}}{\Delta f_{СП} T}}, \quad (1)$$

де ΔF_p – діапазон пошуку, T_{Π} – період перебудови приймача, $\Delta f_{СП}$ – смуга пропускання приймача, T – період повторення сигналу.

Проаналізувавши запропоновану формулу можна дійти висновку, що для збільшення ймовірності виявлення необхідно:

збільшити діапазон пошуку ΔF_p ;

зменшити смугу пропускання приймача $\Delta f_{СП}$;

збільшити період перебудови приймача T_{Π} .

Всі ці шляхи суперечать логічним судженням. Крім того у формулі не враховуються тривалості сигналу і пошуку;

– [1], с. 90 запропонована формула розрахунку ймовірності виявлення радіосигналу

$$P = 1 - e^{-\frac{\Delta f t_{\Pi}}{\Delta F_p T}}. \quad (2)$$

Відповідно до цієї формули, збільшення ймовірності виявлення радіосигналу можливо досягти за рахунок:

збільшення смуги приймання Δf і часу пошуку радіосигналу t_{Π} ;

зменшення смуги пошуку ΔF_p і періоду повторення сигналу T , але не залежить від тривалості роботи радіосигналу, що не є логічним (ймовірність виявлення короткотривалих сигналів повинна бути менша у порівнянні з довготривалими (безперервними));

– [4], с. 350 розглядається багатоступеневий пошук сигналів. Автори пропонують здійснювати 2-3 ступеневий пошук. Проте не враховується завантаженість діапазону радіочастот (наприклад, на першому ступені пошуку на різних частотах у одній смузі приймання можуть бути сигнали різної тривалості і з різними періодами слідування). Логічним

було використовувати одноступеневий пошук із застосуванням ширококугових приймачів у поєднанні з спектральним представленням;

– [11, 12] розглядається ймовірність виявлення сигналів з псевдовипадковим перелаштуванням частоти (ППРЧ). Проте для використання отриманих результатів необхідно ввести числові обмеження, які дозволяють обчислити ймовірності виявлення сигналів з ППРЧ лише в лабораторних дослідах.

Таким чином, на даний час існують різні підходи до обчислення ймовірності виявлення сигналів при веденні пошуку.

2 Постановка задачі

У статті за мету ставиться завдання розрахунку ймовірності виявлення радіосигналів у залежності від технічних характеристик засобу радіомоніторингу при веденні пошуку, при умові, що частота роботи радіосигналу знаходиться в межах діапазону пошуку, енергетичні параметри сигналу є достатніми для його виявлення.

3 Виклад матеріалу дослідження

Логічним буде припустити, що обов'язковими умовами виявлення радіосигналів є:

– забезпечення енергетичного доступу до радіосигналу, при умові, що приймач налаштований на частоту, на якій здійснюється передавання інформації, тобто сигнал буде гарантовано виявлений;

– тривалість роботи радіосигналу більша, ніж час, який необхідний приймачу для приймання, перетворення, передачі отриманого сигналу для подальшої обробки іншими засобами та прийняття рішення, що виявлена частота.

Приймаючи до уваги результати досліджень [13], ймовірність виявлення радіосигналу $P_{\text{вияв}}(t_{\Pi})$ тривалістю $\tau_{\text{сигн}}$ за час пошуку t_{Π} можна визначити як ймовірність збігу $P_{\text{зб}}$ смуги налаштування приймача $\Delta f_{СП}$ і частоти роботи радіосигналу $f_{\text{сигн}}$ у момент наявності сигналу

$$P_{\text{зб}}(f_0) = \frac{\tau_{\text{сигн}} f_{\text{сигн}}}{t_{\Pi} \Delta f_{СП}}. \quad (3)$$

Описаний процес визначення ймовірності збігу смуги налаштування приймача з частотою роботи радіосигналу $f_{\text{сигн}}$ тривалістю $\tau_{\text{сигн}}$ за один крок аналізу за умови наявності енергетично доступного сигналу проілюстрований на Рис. 1. На ньому весь діапазон пошуку ΔF_p розбито на k ділянок, що дорівнюють смузі пропускання $\Delta f_{СП}$. Час пошуку t_{Π} розбитий на n ділянок, які дорівнюють часу аналізу

однієї смуги пропускання t_0 . Приймач послідовно налаштовується на приймання однієї з смуг $\Delta f_{СП}$. Параметри ΔF_p , $\Delta f_{СП}$, t_{Π} , t_0 , n , k і послідовність перелаштування обумовлюють алгоритм перестройки приймача. На Рис. 1 показано випадок, коли при заданих параметрах сигналу і обраному законі перестройки приймача за час пошуку t_{Π} сигнал виявлено не буде.

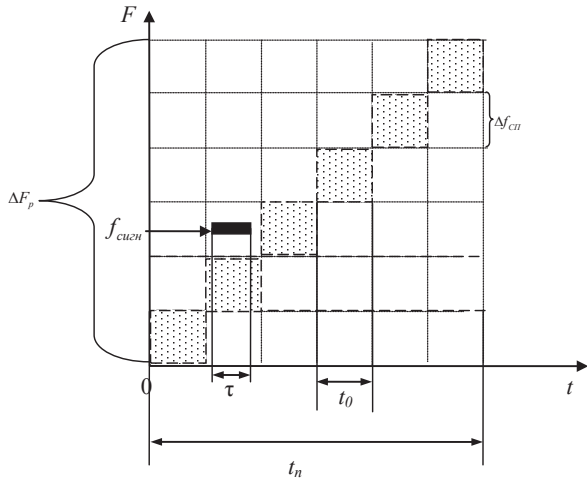


Рис. 1. Ілюстрація визначення ймовірності виявлення радіосигналу $P_{вияв}$

Для визначення ймовірності виявлення роботи радіосигналу за час $t_{\Pi} > t_0$ запишемо ймовірність того, що смуга налаштування приймача і частота роботи джерела радіосигналу за один крок аналізу не співпадуть за наявності сигналу (як це показано на Рис. 1)

$$q = 1 - P_{зб}. \quad (4)$$

Припускаючи, що процеси виявлення джерела радіосигналу на кожному кроці аналізу незалежні, знайдемо ймовірність того, що за n спостережень сигнал знайдено не буде [14, 15]

$$P_{не\ зб}(n) = q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \dots q_n = q^n. \quad (5)$$

Тоді ймовірність виявлення сигналу за n спостережень

$$P_{зб}(n) = 1 - q^n = 1 - (1 - P_{зб})^n. \quad (6)$$

Враховуючи вираз (6), а також те що:

- у смугу пропускання приймача $\Delta f_{СП}$ можуть входити декілька радіосигналів різної тривалості сеансу зв'язку $\tau_{сигн}$;
- радіоприймальний пристрій (РПП) має визначені час обробки прийнятого радіосигналу $t_{обр}$ та час налаштування смуги пропускання РПП на інший діапазон $t_{перСП}$,

емпіричним шляхом було отримано вираз для визначення ймовірності виявлення радіосигналу за

час пошуку t_{Π} :

$$P_{вияв}(t_{\Pi}) = 1 - \left(1 - \frac{\Delta f_{СП} t_{\Pi} \tau_{сигн}}{\Delta F_p^2 (t_0 + t_{обр}) t_{перСП}} \right)^{\frac{\tau_{сигн} t_{\Pi}}{t_0 + t_{обр}}}. \quad (7)$$

Аналіз формули (7) свідчить, що збільшити ймовірність виявлення сигналу збільшення $P_{вияв}$ можна, якщо:

збільшити:

- час пошуку сигналу t_{Π} ;
- смугу пропускання РПП $\Delta f_{СП}$;

зменшити:

- час аналізу однієї смуги пропускання РПП $t_{анСП}$;
- час обробки сигналу РПП $t_{обр}$;
- час перестройки смуги пропускання РПП $t_{перСП}$;
- діапазон пошуку частот ΔF_p .

Також, ймовірність виявлення сигналу збільшується при більш тривалих сеансах зв'язку $\tau_{сигн}$.

Для розрахунку графіків ймовірності виявлення сигналу $P_{вияв}$ за формулою (7) обрано програму "Mathcad 14.0". Для всіх графіків визначаємо у якості:

постійних величин – діапазон пошуку частот $\Delta F_p = 70$ МГц, смугу пропускання РПП $\Delta f_{СП} = 10$ МГц;

змінних величин – час пошуку сигналу t_{Π} , час обробки сигналу РПП $t_{обр}$, час перестройки смуги пропускання РПП $t_{перСП}$, час аналізу однієї смуги пропускання t_0 , тривалість сеансу зв'язку $\tau_{сигн}$.

На рисунках 2-6 наведені графіки визначення ймовірності виявлення радіосигналів, які побудовані за допомогою ПЕОМ та програмного забезпечення "Mathcad 14.0" для різних часових змінних, зокрема:

– $P_{вияв}(t_{\Pi})$, при $t_{\Pi} = 0 \dots 180$ с, $t_0 = 0,2$ с, $t_{обр} = 0,1$ с, $t_{перСП} = 0,1$ с, $\tau_{сигн} = 5$ с (Рис. 2);

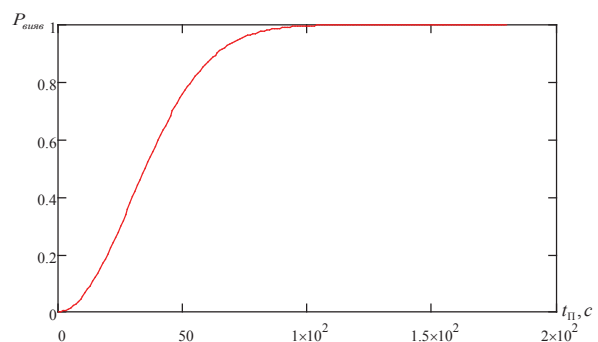


Рис. 2. Графік визначення $P_{вияв}$ при змінній t_{Π}

– $P_{\text{вияв}}(t_{\text{обр}})$, при $t_{\text{обр}} = 0 \dots 10$ с, $t_0 = 0,2$ с, $t_{\text{перСП}} = 0,1$ с, $t_{\text{П}} = 100$ с, $\tau_{\text{сигн}} = 50$ с (Рис. 3);

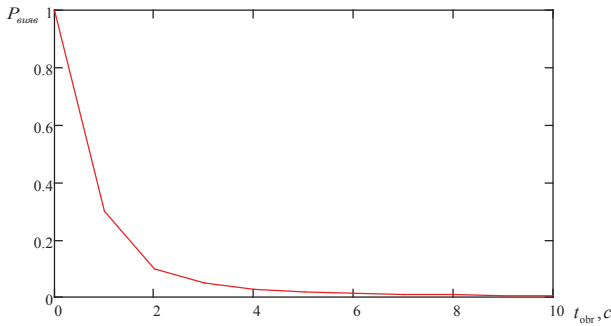


Рис. 3. Графік визначення $P_{\text{вияв}}$ при змінній $t_{\text{обр}}$

– $P_{\text{вияв}}(t_{\text{перСП}})$, при $t_{\text{перСП}} = 0 \dots 100$ с, $t_{\text{обр}} = 0,1$ с, $\tau_{\text{сигн}} = 50$ с, $t_0 = 0,2$ с, $t_{\text{П}} = 100$ с (Рис. 4);

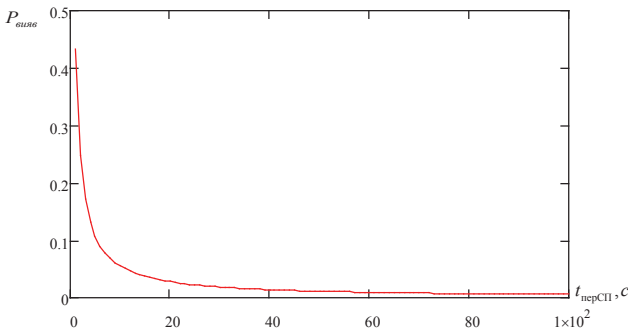


Рис. 4. Графік визначення $P_{\text{вияв}}$ при змінній $t_{\text{перСП}}$

– $P_{\text{вияв}}(t_0)$, при $t_0 = 0 \dots 15$ с, $t_{\text{перСП}} = 0,1$ с, $t_{\text{обр}} = 0,1$ с, $\tau_{\text{сигн}} = 5$ с, $t_{\text{П}} = 100$ с (Рис. 5);

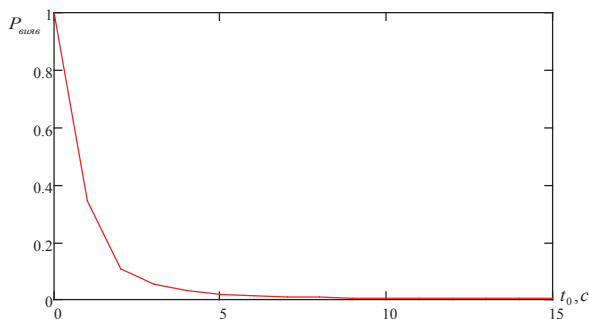


Рис. 5. Графік визначення $P_{\text{вияв}}$ при змінній t_0

– $P_{\text{вияв}}(\tau_{\text{сигн}})$, при $\tau_{\text{сигн}} = 0 \dots 100$ с, $t_0 = 0,2$ с, $t_{\text{обр}} = 0,1$ с, $t_{\text{перСП}} = 0,1$ с, $t_{\text{П}} = 100$ с (Рис. 6).

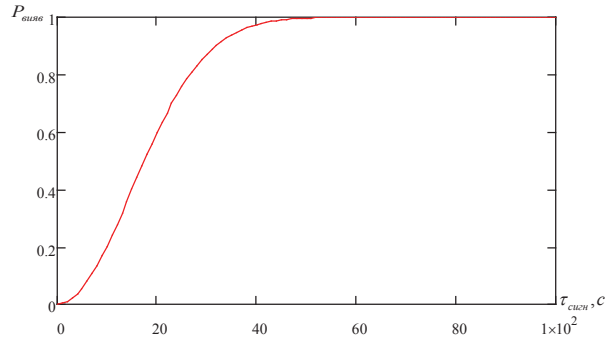


Рис. 6. Графік визначення $P_{\text{вияв}}$ при змінній $\tau_{\text{сигн}}$

З аналізу графіків визначення ймовірності виявлення радіосигналів $P_{\text{вияв}}$ можна зробити висновок, що при заданих частотно-часових характеристиках РПП для гарантованого виявлення радіосигналу необхідно здійснювати пошук не менше 100 с, зменшувати час, який витрачається на обробку сигналів радіоприймачем $t_{\text{обр}}$, налаштування смуги пропускання $t_{\text{перСП}}$, аналіз однієї смуги пропускання t_0 .

Для кожної окремо системи зв'язку часові характеристики радіосигналів визначаються стандартами та об'ємом інформації, яка буде передаватися. Тому для сигналів визначеної системи зв'язку можуть бути обчислені усереднені показники, наприклад середню тривалість сигналу $\bar{\tau}_{\text{сигн}}$.

Висновки дослідження

Ймовірність виявлення радіосигналів $P_{\text{вияв}}$ у залежності від технічних характеристик засобу радіомоніторингу доцільно обчислювати за формулою (7).

Основними характеристиками, які впливають на визначення ймовірності виявлення радіосигналів $P_{\text{вияв}}$ є час аналізу однієї смуги пропускання РПП $t_{\text{анСП}}$, час обробки сигналу РПП $t_{\text{обр}}$, час перестройки смуги пропускання РПП $t_{\text{перСП}}$, діапазон пошуку частот ΔF_p , які необхідно зменшувати, та час пошуку сигналу $t_{\text{П}}$ і смуга пропускання РПП $\Delta f_{\text{СП}}$, які доцільно збільшувати.

Перспективи подальшого розвитку.

Запропонований науково-методичний апарат доцільно використовувати під час планування виконання завдань пошуку нових джерел радіовипромінювань визначеним складом апаратури, яка має певні технічні характеристики.

Перелік посилань

1. Меньшаков Ю. К. Теоретические основы технических разведок: учеб. пособие / Ю. К. Меньшаков [под ред. Ю. Н. Лаврухина]. – М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 536 с.
2. Трифонов А. П. Эффективность обнаружения узкополосного радиосигнала в условиях параметрической

- априорной неопределенности / А. П. Трифонов, Е. В. Литвинов, Ю. Э. Корчагин; Воронежский государственный университет, Национальный исследовательский университет "МЭИ". – Вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика. – 2/2016. – С. 46–56.
3. Смирнов Ю. А. Радиотехническая разведка. – М.: Воениздат, 2001. – 456 с.
 4. Мельников Ю. П. Радиотехническая разведка. Методы оценки эффективности местоопределения источников излучения / Ю. П. Мельников, С. В. Попов. – М.: Радиотехника, 2008. – 432 с.
 5. Chernoyarov O. V., Dachian S., Korchagin Y. E., Trifonov M. V., Shepelev D. N. Detecting a radio signal with the unknown parameters and inexactly known envelope shape / *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – Volume 1679, 022022. doi:10.1088/1742-6596/1679/2/022022.
 6. Steer, Michael. Microwave and RF Design: Radio Systems. Volume 1. (Third Edition) / *NC State University*. – 2019. – 244 p. doi: 10.5149/9781469656915_Steer.
 7. Trifonov A. P., Korchagin Yu. E., Titov K. D. Efficiency of the Detection of a Specific Wideband Signal under a Priori Parametric Uncertainty / *Technical Physic*. – 2018. – Vol. 63, No. 8. – pp. 1199–1204. DOI: 10.1134/S1063784218080212.
 8. Guofeng Wei, Bangning Zhang, Guoru Ding, et al. On the Detection of a Non-Cooperative Beam Signal Based on Wireless Sensor Networks / *Security and Communication Networks*. – Volume 2020, Article ID 8830092. – <https://doi.org/10.1155/2020/8830092>
 9. Куприянов А. И. Теоретические основы радиозлектронной разведки : учеб. пособие / А. И. Куприянов, П. Б. Петренко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 388 с.
 10. Радзиевский В. Г. Теоретические основы радиозлектронной разведки; 2-е изд., испр. и доп. / В. Г. Радзиевский, А. А. Сирота. – М. : Радиотехника, 2004. – 432 с.
 11. Höring H. C. Probability of intercept for frequency hop signals using search receivers / *News from Rohde&Schwarz*. – № 160 1998, IV, pp. 26-29 and №161, 1999, I, pp. 29-31.
 12. Єрохін В. Ф. Математична модель перехоплення одиночного стрибка сигналу передавача з ППРЧ / В. Ф. Єрохін, О. М. Рома, С. В. Василенко, Д. Є. Бездрабко. – Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2016. – № 64. – С. 75–85. DOI: 10.20535/RADAP.2016.64.75-85.
 13. Erokhin V. F., Romanov O. M., Nikolaev S. N. Determining The Effectiveness of Signals Detection During Search / 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). – Kyiv, Ukraine. – 2020. – pp. 148-153. doi: 10.1109/ATIT50783.2020.9349311.
 14. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учеб. для вузов; 7-е изд. / Е. С. Вентцель. – М. : Высш. шк., 2001. – 575 с.
 15. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Задачи и упражнения по теории вероятностей / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – Учебное пособие для студентов вузов. — 5-е издание, исправленное. — М.: Академия, 2003. — 448 с.

References

- [1] Men'shakov Yu. K. (2008). *Teoreticheskie osnovy tekhnicheskikh razvedok: ucheb. posobie [Theoretical foundations of technical intelligence: textbook manual]*. M.: izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 536 p. [In Russian].
- [2] Trifonov A. P., Litvinov E. V., Korchagin Yu. E. (2016). The detection efficiency of narrowband radio-signal in conditions of parametric a priori indetermination. *Scientific journal of Voronezh State University. Series: Physics. Mathematics*, Vol. 2, pp. 46–56. [In Russian].
- [3] Smirnov Yu. A. (2001). *Radiotekhnicheskaya razvedka [Radiotechnical intelligence]*. M.: Voениzdat, 456 p. [In Russian].
- [4] Melnikov Yu. P., Popov S. V. (2008). *Radiotekhnicheskaya razvedka. Metody ocenki effektivnosti mestoopredeleniya istochnikov izlucheniya [Radio engineering intelligence. Methods for evaluating the effectiveness of the location of radiation sources]*. M.: Radiotekhnika, 432 p. [In Russian].
- [5] Chernoyarov O. V., Dachian S., Korchagin Y. E., Trifonov M. V., Shepelev D. N. (2020). Detecting a radio signal with the unknown parameters and inexactly known envelope shape. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1679, 022022. doi:10.1088/1742-6596/1679/2/022022.
- [6] Steer M. (2019). Microwave and RF Design: Radio Systems. Volume 1. (Third Edition). *NC State University*, 244 p. doi: 10.5149/9781469656915_Steer.
- [7] Trifonov A. P., Korchagin Yu. E., Titov K. D. (2018). Efficiency of the Detection of a Specific Wideband Signal under a Priori Parametric Uncertainty. *Technical Physic*, Vol. 63, No. 8, pp. 1199–1204. DOI: 10.1134/S1063784218080212.
- [8] Guofeng Wei, Bangning Zhang, Guoru Ding, et al. (2020). On the Detection of a Non-Cooperative Beam Signal Based on Wireless Sensor Networks. *Security and Communication Networks*, Vol. 2020, Article ID 8830092, 12 p. <https://doi.org/10.1155/2020/8830092>.
- [9] Kupriyanov A. I., Petrenko P. B. (2009). *Teoreticheskie osnovy radioelektronnoj razvedki: ucheb. posobie [Theoretical foundations of electronic reconnaissance: textbook manual]*. M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 388 p. [In Russian].
- [10] Radziewskij V. G., Sirota A. A. (2004). *Teoreticheskie osnovy radioelektronnoj razvedki 2-e izd., ispr. i dop. [Theoretical foundations of electronic reconnaissance]*. M.: Radiotekhnika, 432 p. [In Russian].
- [11] Höring H. C. (1998, 1999). *Probability of intercept for frequency hop signals using search receivers*. *News from Rohde & Schwarz*, № 160, IV, pp. 26-29 and №161, I, pp. 29-31.
- [12] Yerokhin V. F., Roma O. M., Vasylenko S. V., Bezdrabko D. E. (2016). Mathematical model of intercept single signal hop transmitter with frequency hopping spread spectrum (FHSS). *Visnyk NTUU KPI Seriya - Radiotekhnika Radioaparobuduwannia*, Vol. 64, pp. 75–85. DOI: 10.20535/RADAP.2016.64.75-85. [In Ukrainian].
- [13] Erokhin V. F., Romanov O. M., Nikolaev S. N. (2020). Determining The Effectiveness of Signals Detection During Search. *2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine, pp. 148-153, doi: 10.1109/ATIT50783.2020.9349311.
- [14] Ventcel' E. S. (2001). *Teoriya veroyatnostej: ucheb. dlya vuzov; 7-e izd. [Theory of probabilities: textbook for universities; 7th ed.]*. M.: Vyssh. shk., 575 p. [In Russian].

- [15] Ventcel' E. S., Ovcharov L. A. (2003). *Zadachi i uprazhneniya po teorii veroyatnostej. Uchebnoe posobie dlya studentov vtuzov; 5-e izdanie, ispravlennoe. [Problems and exercises in probability theory. A textbook for university students; 5th ed.]*. M.: Akademiya, 448 p. [In Russian].

Расчет вероятности обнаружения радиосигналов в зависимости от технических характеристик средств радиомониторинга

Слюсарчук А. А.

В современном мире распределение радиочастотного ресурса жестко контролируется государственными органами стран для качественной работы различных систем радиосвязи, радиолокации и радионавигации, работающих в интересах различных служб. Благодаря современным радиосредствам возможно обеспечить связь независимо от географического расположения корреспондентов.

При настройке новых систем радиосвязи, поиске новых источников радиоизлучений, осуществлении контроля за радиоизлучающими средствами достаточно часто возникает вопрос расчета вероятности обнаружения определенного радиосигнала существующим составом аппаратуры, которая имеет определенные технические характеристики.

Целью предлагаемой статьи является расчет вероятности обнаружения радиосигналов в зависимости от технических характеристик средства радиомониторинга при ведении поиска источников радиоизлучения, при условии, что частота работы радиосигнала находится в пределах диапазона поиска и энергетические параметры сигнала достаточны для его обнаружения.

В статье проанализированы существующие подходы к определению вероятности обнаружения радиосигналов в радиосетях (радионаправлениях) при определенных частотно-временных характеристиках радиоприемных устройств. Кроме того предложен научно-методический аппарат, который целесообразно использовать при планировании выполнения задач поиска новых источников радиоизлучений. В результате проведения исследований, была установлена зависимость вероятности обнаружения радиосигналов от частотно-временных характеристик радиоприемного устройства.

Кроме того, в статье приведены графики зависимости вероятности обнаружения радиосигналов от временных характеристик радиоприемного устройства, построенные в соответствии с предложенным научно-методическим аппаратом и с помощью программного обеспечения "Mathcad 14.0", а также определены пути повышения вероятности обнаружения радиосигнала. В частности, для повышения вероятности обнаружения радиосигналов необходимо уменьшать диапазон поиска частот и временные характеристики технических процессов радиоприемного устройства. Кроме того целесообразно рассматривать возможность увеличения времени поиска сигнала и полосы пропускания радиоприемного устройства.

Научно-методический аппарат, который описан в статье, может быть использован при исследовании априорных результатов поиска новых источников радиоизлучений определенным составом аппаратуры с известными техническими характеристиками.

Ключевые слова: поиск; источник радиоизлучения; вероятность обнаружения; полоса частот; продолжительность; время; средство радиомониторинга

Calculation of Probability of Radio Signals Detection Depending on the Technical Characteristics of Radio Monitoring Means

Sliusarchuk O. O.

In modern world the allocation of radio frequency resources is tightly controlled by government agencies for the high-quality performance of various radio communication, radar and radio navigation systems, which operate in the interests of various services. Thanks to modern radio means it is possible to provide communication, regardless of the geographical location of correspondents.

While setting up new radio communication systems, searching for new sources of radio emission and monitoring of existing radio emitting means, the question is often arisen while calculating the probability of detecting a certain radio signal by the existing equipment with some certain technical characteristics.

The purpose of the proposed article is to calculate the probability of radio signals detection depending on the technical characteristics of the radio monitoring means during the search, subject to the radio signal frequency is within the search range and the energy parameters of the signal are sufficient enough to detect it.

The existing approaches are analyzed while determining the probability of radio signals detection in radio networks (point-to-point radio nets) at a certain frequency and time characteristics of radio receiving devices. In addition, a scientific and methodological apparatus is proposed, which should be used when planning the search objectives for new sources of radio emission. As a result of research, probability dependence of radio signals detection based on the frequency-time characteristics of the radio receiving device was established.

In addition, the graphs of probability dependence of radio signals detection based on time characteristics of the radio receiving device were presented, which are created in accordance with the proposed scientific and methodological apparatus and using "Mathcad 14.0" software, as well as determined ways to increase the probability of radio signal detection. In particular, to increase the probability of radio signals detection it is necessary to reduce the frequency search range and time characteristics of the technical processes of the radio receiving device. In addition, it is advisable to consider the possibility of increasing the search time of a signal and the bandwidth of a radio receiving device.

The scientific and methodical apparatus described in the article can be used during research of priori results of the search for new sources of radio emission by a certain equipment composition with certain technical characteristics.

Key words: search; source of radio emission; probability of detection; frequency band; duration; time; means of radio monitoring